

eISSN 2709-4766
ISSN 2709-4758

№3 (143)

ҚазҰТЗУ
ХАБАРШЫСЫ

КазННТУ
ВЕСТНИК

KazNRTU
VESTNIK

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ
МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН



ҚазҰТЗУ ХАБАРШЫСЫ _____

_____ ВЕСТНИК КазННТУ

VESTNIK KazNRTU _____

№ 3 (143)

eISSN 2709-4766

ISSN 2709-4758

Главный научный редактор
А.К. Тулешов – и.о. Ректора

Заместитель Главного научного редактора
А.Х. Сыздыков – проректор по науке

Редакционная коллегия:

К.Б. Рысбеков (Казахстан), **З.К. Туйебахова** (Казахстан), **Б.Р. Ракишев** (Казахстан),
Т.А. Енсепбаев (Казахстан), **А.А. Бекботаева** (Казахстан), **А.Е. Абетов** (Казахстан),
Ж.Р. Уалиев (Казахстан), **И.Н. Столповских** (Казахстан), **С. Азат** (Казахстан),
Ш.Н. Кубекова (Казахстан), **Х.С. Рафикова** (Казахстан), **Б.С. Селенова** (Казахстан),
Р.И. Мухамедиев (Казахстан), **Д.Б. Нурсеитов** (Казахстан), **Н.А. Сейлова** (Казахстан),
А. Калтаев (Казахстан), **R. Seltnann** (Великобритания), **Л. Евгений** (США), **В.Г. Лозинский**
(Украина), **О.Н. Бодин** (Россия), **А.В. Сладковски** (Польша), **В.А. Зорин** (Россия),
А.Д. Кольга (Россия), **В.П. Селяев** (Россия), **О.В. Атаманова** (Россия), **С.А. Монтаев**
(Казахстан), **B.S. Rosa** (Великобритания), **F.V. Leticia** (Бельгия), **I. Vassilis**
(Великобритания), **K. Nicolas** (Греция), **I. Galaev** (Нидерланды), **B. Bagher** (Иран),
С.А. Гнатюк (Украина), **М.Н. Калимолдаев** (Казахстан), **О.Ж. Мамырбаев** (Казахстан).

Учредитель:

Казахский национальный исследовательский технический университет имени К.И. Сатпаева

Регистрация:

Министерство информации и общественного развития Республики Казахстан
№ KZ22VPY00030188 от 15.12.2020г.

Официальный сайт: <https://vestnik.satbayev.university/index.php/journal/>

Основан в августе 1994 г. Выходит 6 раз в год

Адрес редакции:

г. Алматы, ул. Сатпаева, 22
тел.: 292-63-46

¹Г.А. Джамалова, ²Б.Х. Тусупова, ²Л.С. Курбанова*, ²М.Г. Нақыпбек

¹Satbayev University, Алматы, Қазақстан

²әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан

*e-mail: k_lau@mail.ru

МҰНАЙМЕН ЛАСТАНҒАН ТОПЫРАҚТЫҢ МИКРОБИОЛОГИЯЛЫҚ ЖАҒДАЙЫН ЭКОЛОГИЯЛЫҚ БАҒАЛАУ

Андатпа. Мұнай-газ саласы дамыған өңірлердегі негізгі экологиялық проблема, қоршаған орта нысандарының мұнай және мұнай өнімдерімен ластануы болып табылады. Бұл мақалада, мұнай және мұнай өнімдерімен ластанған сұр-құба топыраққа микробиологиялық және химиялық талдау арқылы экологиялық бағалау жүргізілген.

Мақалада микроорганизмдердің әртүрлі экологиялық-трофикалық топтарының, атап айтқанда гетеротрофты микроорганизмдер мен зеңді саңырауқұлақтардың биоиндикациялық маңызы көрсетілген. Жер үсті экожүйелеріндегі техногендік әсердің әртүрлі түрлеріне зеңді саңырауқұлақтардың реакцияларын талдау, микробиотаның биоиндикациялық әлеуетін толық бағалауға мүмкіндік береді.

Алынған мәліметтерге сәйкес, зерттелген антропогендік экожүйеде әртүрлі микробтық қауымдастықтардың өмір сүру стратегиясын байқауға болады. Микроорганизмдер қоғамдастығы экологиясының негізгі ережелерінің қазіргі заманғы дамуы, сондай-ақ популяциялық биологияның жетістіктері және жекелеген түрлердің абиотикалық және биотикалық факторларға реакциясы туралы көптеген мәліметтер микробиотаның биоиндикациялық әлеуетін экотехникалық жүйені ұйымдастырудың әртүрлі деңгейлерінде талдауға мүмкіндік береді. Келтірілген деректерді пайдалану қоршаған ортаны санитарлық сауықтыруға бағытталған іс-шаралар жоспарын әзірлеуге негіз болады.

Негізгі сөздер: мұнай, мұнаймен ластану, сұр-құба топырақ, микробиологиялық талдау, микроорганизмдер, ауыр металдар.

Кіріспе. Қазақстан аумағында мұнай өндіру көлемінің ұлғаюы экожүйенің барлық компоненттеріне, оның ішінде топыраққа техногендік жүктеменің күшеюіне алып келеді. Көмірсутегі шикізатының ірі табиғи қорларының ашылуы және осы негізде мұнай - газ индустриясының дамуы, энергетикалық шикізат пен құрылыс материалдарының бай қорларын пайдалану қысқа уақыт ішінде, сусыз шөлдің келбетін өзгертіп және сонымен бірге аймақтағы биогеоценоз бен әлеуметтік-экономикалық шиеленістің тіршілік әрекеті үшін экологиялық дағдарыс ошақтарын қалыптастырады [1].

Мұнай және мұнай өнімдерінің қалдықтарынан табиғи экожүйелердің, әсіресе топырақтың ластануы күрделі қауіп қатерге алып келуде. Топырақтың жоғары адсорбциялау қабілетіне байланысты, мұнай ұзақ уақыт бойы топырақта сақталады. Мұнай өнімдерінің төгілуінен, әртүрлі апаттардың салдарынан топырақтың физика химиялық қасиеттері өзгеріп, су ауа режимі бұзылып нәтижесінде топырақтың микробиологиялық белсенділігі өзгереді.

Мұнай өндіру процесінде және апаттар нәтижесінде мұнай мен мұнай өнімдерінің төгілуі өсімдіктердің жойылуын және мұнай кен орындарының өте тұрақсыз топырақтарының тозуын, жер бетіндегі биосфералық процестердің жалпы ауысуын тудырады.

Қазіргі уақытта топырақтың тозуының белгілі түрлеріне (қарашіріктің жоғалуы, физикалық тозу, пестицидтер мен олардың метаболиттерінің қалдықтарының жиналуы) антропогендік әсердің ерекше қауіпті факторы – мұнай мен оны қайта өңдеу өнімдерінің ластануы жатады. Мұнай-газ саласы кәсіпорындарының әсері топырақ экожүйелеріне жергілікті және кейбір ластағыштарды едәуір қашықтыққа тасымалдау кезінде әсер етуі мүмкін шикізат пен қайта өңдеу өнімдерін өндіру, өңдеу, тасымалдау кезінде улы заттарды шығарумен байланысты. Сонымен қатар, ластаушы заттардың ұзақ уақытқа созылған антропогендік әсері топырақ биоценоздарының, оның ішінде микробтардың пайда болуына теріс әсер етеді [2].

Мұнай мен мұнай өнімдерімен ластануы топырақтың құнарлылығы мен экологиялық функцияларын анықтайтын морфологиялық, физикалық, физика-химиялық және биологиялық қасиеттерінің бүкіл кешеніне әсер етеді. Бұл өзгерістердің дәрежесі климатқа, ландшафтқа және рельефке, топырақтың түріне және бастапқы күйіне, сондай-ақ поллютант әсерінің құрамына, қасиеттеріне, саны мен ұзақтығына байланысты. Сонымен қатар, мұнай күрделі ластаушы болып табылады, оның әсері оның органикалық және бейорганикалық компоненттерінің мөлшерімен, құрамымен және қасиеттерімен анықталады.

Біз зерттеп отырған Өзен мұнай-газ аумағының топырақ жамылғысын негізі сұр-құба, сортаң топырақтар құрайды. Салыстырмалы түрде, кей аудандарды сұр-құба эрозияланған және дамымаған топырақ, сондай-ақ сортаң, тақыр және сортаң жерлер алып жатыр. Бұл топырақтардың генетикалық ерекшеліктері мен қасиеттері биоклиматтық жағдайлармен, біркелкі емес гидротермиялық режим мен топырақ түзудің биохимиялық процестерін тудыратын жер бедері мен топырақ түзуші жыныстардың гетерогенділігімен айқындалады. Мұнай өндірісінің алаңдарында топырақ жамылғысы барлық жерде қатты техногендік тұрғыдан жойылған, шикі мұнаймен, шламмен және өнеркәсіптік сарқынды сулармен ластанған [3].

Шөл топырақтары биосфераның ең қорғансыз және нәзік компоненті болып табылады. Қарашіріктің аз мөлшері, құрылымсыздық, сіңіру қабілетінің төмендігі, сондай-ақ карбонаттылықтың жоғары деңгейі және сульфаттың тұздануы оларды техногендік жүктемелерге тұрақсыз етеді. Сонымен қатар, кен орындарындағы топырақ жамылғысына техногендік жүктеме өте жоғары және жыл сайын артып келеді.

Топырақ экожүйелерінің химиялық заттармен ластануы тікелей ұңғымаларға жақын көмірсутегі шикізатын құю арқылы және оны тасымалдау кезінде, сондай-ақ ілеспе газдарды жағу кезінде атмосфера арқылы жүреді. Кен орнындағы химиялық ластанудың ең қауіпті көздері химиялық реагенттер, ұңғымаларды пайдалану кезінде қолданылатын ерітінділер, өнеркәсіптік және коммуналдық-тұрмыстық қалдықтар және т. б. болып табылады.

Топырақтағы барлық процестер, оның ішінде микробиологиялық процестер өзара байланысты, өзара тәуелді және тығыз үйлестірілген, экожүйелердің тепе-теңдігін қамтамасыз етеді.

Антропогендік әсерлер және топырақ жамылғысының бұзылуы олардың маңызды экологиялық функцияларды орындай алмауына, демек, тұтастай биосфера жұмысының бұзылуына әкелуі мүмкін. Сондықтан топырақ жамылғысының биологиялық және биохимиялық жағдайын және оның адам қызметінің әсерінен өзгеруін зерттеу өте маңызды [4].

Топырақтың микробиологиялық параметрлеріндегі өзгерістер алдымен маңызды экологиялық бұзылулар ретінде қарастырылады.

Зерттеу материалдары мен әдістері. Ластанған топырақтарда топырақ микроорганизмдерінің қолайсыз эдафиялық жағдайлары туындайды, олардың азот және фосформен қоректену режимі, тотығу және ферментативті процестердің қарқындылығы бұзылады. Мұнай мен газдың апаттық күйген жерлерінде топырақтың генетикалық горизонттары күйіп кетеді және биологиялық жансыз болады.

Топырақтағы мұнайдың жойылу жылдамдығы климатқа, механикалық құрамға, қарашірікпен және көміртегі тотықтыратын микроорганизмдердің тіршілік әрекетін ынталандыратын минералды қоректік элементтерімен қамтамасыз етуге байланысты. Сұр-күба шөлді топырақтың микрофлорасының құрамы негізінен пенициллиум, аспергиллус, сондай-ақ қою түсті саңырауқұлақтардан тұрады. Жазда қатты құрғаған топырақта ылғал қажет емес актиномицеттер, көктемде және күзде бактериялар басым болады. Шөлдің құрғақ жағдайларында мұнаймен ластанған топырақтың өзін-өзі тазартуы баяу жүреді, бұл олардың төмен табиғи өнімділігімен және тұздануымен байланысты.

Топырақтық микология дербес ғылым ретінде С.Ваксманның (1916-1917 жж.) жұмыс нәтижелері жарияланғаннан кейін қалыптасты. Қазірдің өзінде оларда әртүрлі топырақтардың микромицеттерінің құрамын зерттеу негізінде белгілі бір топырақ жағдайларына тән түрлердің белгілі бір және тұрақты жиынтығының болуы көрсетілді. Сонымен қатар, кейбір топырақ түрлерінің жиынтығы басқа топырақтардағы түрлер жиынтығынан және барлық топырақтарға ортақ түрлерден ерекшеленді [9,10].

Топырақ микромицеттері [11]:

- бұл өсімдіктер мен жануарлардың органикалық қалдықтарының ыдырауына және топырақ қарашірігінің пайда болуына қатысатын организмдердің көп түрлілік топтарының бірі;

- лигнинге дейін кез-келген органикалық субстратты ыдырататын әртүрлі гидролитикалық ферменттерді синтездейді және сыртқы ортаға шығарады;

- қолжетімсіз фосфаттардың еруіне ықпал ететін, өсімдіктердің фосформен және минералдардан алынатын басқа элементтермен байытылуына әсер ететін органикалық қышқылдар түзіліп, ортаға шығарылады;

- калий, күкірт фосфорының және т. б. жоғары концентрациясы бар биомассаның үлкен қорларын жасайды;

- жер үсті экожүйелерінің қорек тізбегінің маңызды компоненттері;

- топырақтың әртүрінде уақыт пен кеңістікте өзгеріп, тұрақты дамып келе жатқан микроскопиялық микромицеттердің тән қауымдастығы қалыптасады.

Мұнаймен ластанған сұр-қоңыр топырақтың химиялық және микробиологиялық жағдайын анықтау бойынша тәжірибелік зерттеу жүргізілді.

Зертханалық зерттеулерге химиялық [6,7] және микробиологиялық [8] әдістерді қолдануға бағытталған жұмыстар жүргізілді.

Топыраққа химиялық талдау "ҚР МШКҰЖ ҰО" РМК физика-химиялық зертханасында жүргізілді.

Микробиологиялық зерттеулер тиісті схема бойынша жасалды (1-сурет).



1-сурет. Микробиологиялық зерттеу схемасы

1-сурет схемасынан көрініп тұрғандай, микробиологиялық талдау кезінде олар шартты түрде жұмыстың бес міндетті кезеңін ұстанады.

Көптеген стандартты микробиологиялық қоректік орта бар. Микробиологиялық талдау үшін біздің экспериментте гетеротрофты микроорганизмдердің жалпы микробтық санын анықтауға арналған балық-пептонды агар және зеңді саңырауқұлақтардың көбеюін анықтау үшін глюкозопептонды агар сияқты орталар қолданылды.

Сынамаларды алу орнына және олардың ауыр металдармен ластану дәрежесіне байланысты мұнаймен ластанған сұр-кұба топырақтарда микроорганизмдердің, атап айтқанда гетеротрофты микроорганизмдердің және зең саңырауқұлақтарының таралуын зерттеу бұрын жүргізілген жоқ.

Зерттеу және талқылау нәтижелері. Әртүрлі экологиялық жағдайдағы топырақ микробиотасындағы тұрақты өзгерістерді зерттеу қоректік заттардың динамикасын болжау үшін де, тұтастай экожүйенің тұрақтылығы үшін де маңызды болып табылады.

Гетеротрофты микроорганизмдер қауымдастығын мұнаймен ластанған сұр-кұба топырақтардағы зең саңырауқұлақтармен бірге салыстырмалы зерттеу бұрын жүргізілмеген. Сонымен қатар, топырақ пен су экожүйелерінде зеңді саңырауқұлақтарды зерттеуде бірдей негізгі әдістемелік әдістер қолданылады, бұл зерттелген топырақтың суы мен топырағындағы микромицеттік қауымдастықтардың сандық және сапалық сипаттамаларын салыстыруға мүмкіндік береді.

1-кестеде және 2 және 3-суреттерде зерттелетін дақылдардың сандық өсу көрсеткіштерін зерттеу бойынша алынған нәтижелер көрсетілген.

1-кесте. Зерттелетін топырақтағы микроорганизмдерді сандық есепке алу, КОЕ / г

Ұңғымадан қашықтықта іріктелген топырақ сынамасы, м	Өсіру кезеңі		
	24 сағат		120 сағат
	Гетеротрофты микроағзалар	Зең саңырауқұлақтары	Зең саңырауқұлақтары
0	$2,0 \cdot 10^3$	Өсім анықталған жоқ	$1,2 \cdot 10^2$
5	$2,5 \cdot 10^4$	Өсім анықталған жоқ	$8,3 \cdot 10^2$
10	$0,7 \cdot 10^5$	Дара өсуі	$1,1 \cdot 10^3$
50	$1,5 \cdot 10^6$	10-нан кем	$3,2 \cdot 10^4$

2 және 3-суреттерден көріп отырғанымыздай, зерттелетін топырақтың қарастырылып отырған микроорганизмдермен жалпы ластануы техногендік жүктеме дәрежесіне, атап айтқанда сынама алу орнына байланысты. 1-кестеде гетеротрофты микроорганизмдерді өсіру уақыты 24 сағаттан аспағаны көрсетілген, ал зеңді саңырауқұлақтар үшін тұқымдануы 24 және 120 сағаттан кейін анықталды. Ұңғымаға неғұрлым жақын топырақ таңдалса, тұқым мөлшері соғұрлым төмен болады.

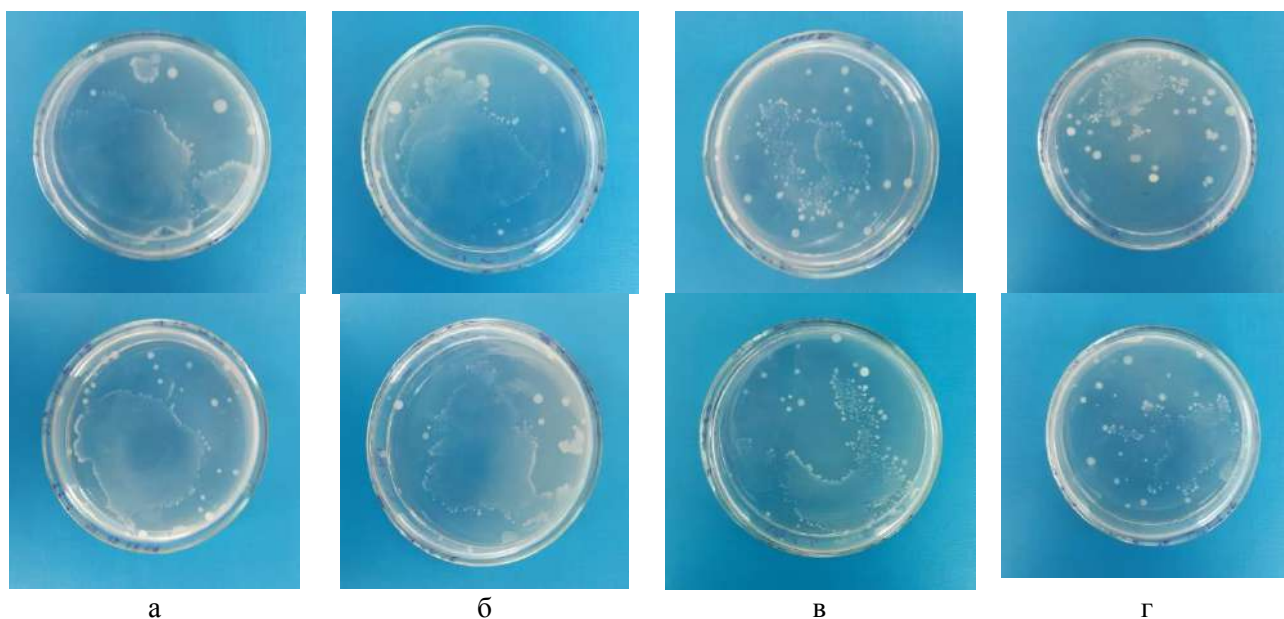
Осылайша, зерттелетін сынамалардың тұқымдануы зерттеу, іріктеу орнына байланысты:

1) гетеротрофты микроорганизмдердің жалпы санына сынамаларды іріктеу орны елеулі әсер етеді:

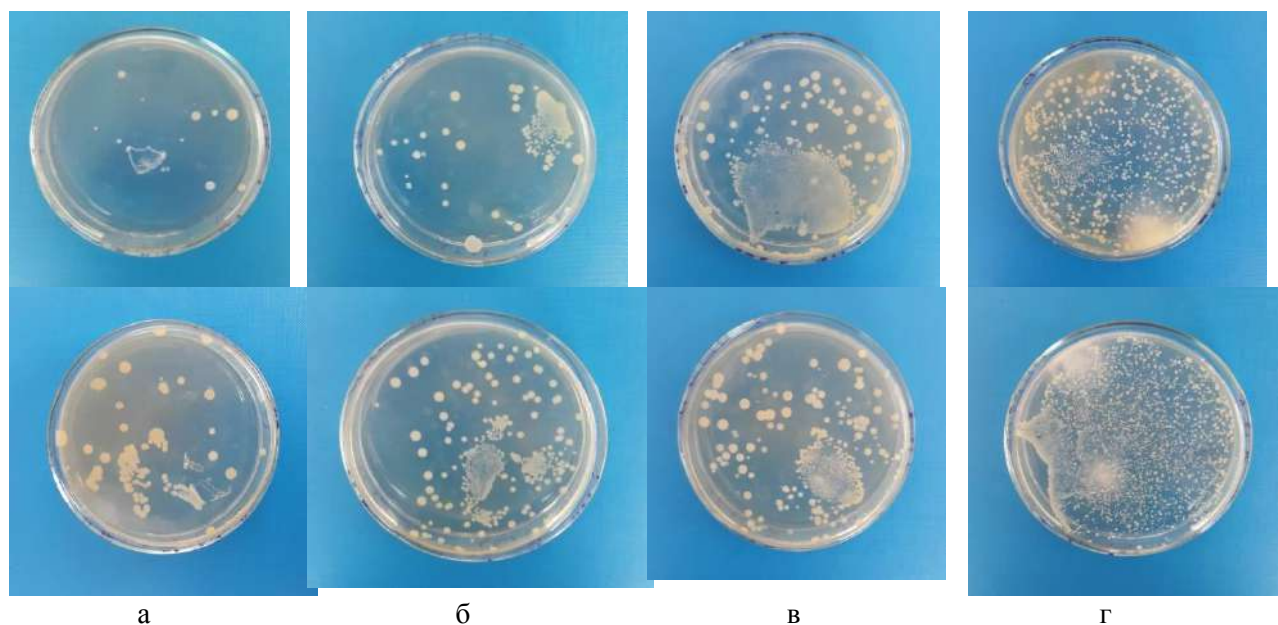
- ұңғымадан сынамалар неғұрлым алыс алынса, олардың белсенділігі соғұрлым жоғары болады,

- микроорганизмдер санының үштен бірінен (ұңғыманың жанында тікелей іріктелген топырақ сынамасы үшін) төртіншіге дейін (ұңғымадан 5 м қашықтықта іріктелген топырақ сынамасы үшін), бесінші (ұңғымадан 10 м қашықтықта іріктелген топырақ сынамасы үшін) одан әрі алтыншы деңгейге дейін (ұңғымадан 50 м қашықтықта іріктелген топырақ сынамасы үшін) біртіндеп ауысуы ұңғымаға неғұрлым жақын сынамалар алынса, топырақтың ластануы соғұрлым жоғары болатындығын көрсетеді.,

- гетеротрофты микроорганизмдермен техногендік бұзылған топырақтың жалпы ластануы, біз алған мәліметтерден көрініп тұрғандай, топырақтың ластану деңгейінің жанама көрсеткіші бола алады;



2-сурет. КҚБ/г ұңғымадан 5 м (б), 10 м (в) және 50 м қашықтықта 24 сағат культивациялау арқылы алынған топырақ сынамалары үшін БПА-да гетеротрофты микроорганизмдердің өсуі



3-сурет. КҚБ/г ұңғымадан 5 м (б), 10 м (в) және 50 м қашықтықта 120 сағат культивациялау арқылы алынған топырақ сынамалары үшін ГПА-ға микромицеттердің өсуі

2) зең саңырауқұлақтарының жалпы санына топырақ сынамаларын іріктеу орнымен және оларды өсіру уақытының көрсеткішімен тең әсер еткен:

а) егер ұңғымадан қашықтықты ескерсек, зеңді саңырауқұлақтармен тұқымдануы тікелей ұңғымадан және ұңғымадан 5 м қашықтықта алынған сынамалар үшін бірдей екенін

көреміз, ал ұңғымадан 10 және 50 м қашықтықта алынған топырақ сынамалары үшін өсу процесі белсенді екенін көреміз;

б) өсіру уақытын есепке алу кезінде:

- 24 сағаттық культивирлеу барысында ұңғымадан 10 және 50 м қашықтықта таңдалған сынамалар үшін тез өсетін зеңді саңырауқұлақтардың шамалы өсуі байқалады (өсірудің бірінші деңгейі), ал ұңғыманың жанында және ұңғымадан 5 м қашықтықта тікелей таңдалған топырақ сынамалары үшін зеңді саңырауқұлақтардың өсуі байқалмайды,

- 120 сағаттық культивирлеу барысында баяу өсетін зеңді саңырауқұлақтар белсенділігі байқалады және сынама алу орнына байланысты екінші (ұңғыманың жанында және ұңғымадан 5 м қашықтықта алынған топырақ сынамалары үшін), үшінші (ұңғымадан 10 м қашықтықта алынған топырақ сынамалары үшін) және төртінші (ұңғымадан 50 м қашықтықта алынған топырақ сынамалары үшін) өсіру деңгейін құрайды.

Зерттеу барысында алынған нәтижелер туралы мынадай қорытынды жасауға болады:

1. Техногенді-бұзылған топырақтың тұқымдануы топырақтың ластану дәрежесінің жанама көрсеткіші болып табылады (2-3 кесте). 2 және 3 кестелерден көріп отырғанымыздай, кестелерді ескере отырып, ұңғымаға неғұрлым жақын сынамалар алынса, тұқымдану соғұрлым төмен және анықталатын компоненттердің массалық үлесі жоғары болады.

2-кесте. Мұнаймен ластанған сұр-құба топырақты химиялық талдау

Мұнаймен ластанған сұр-құба топырақ		Анықталатын компоненттердің массалық үлесі, мг/л*		
		Cu	Zn	Pb
Ұңғымадан қашықтықта іріктелген топырақ сынамасы, м	0	4	8	30
	5	4	6	24
	10	3	6	20
	50	2	-	15
* санитариялық-тұрмыстық су айдындары үшін Cu, Zn және Pb бойынша ШРК (мг/дм ³) тиісінше 1,0; 1,0 және 0,03 құрайды.				

3-кесте. Мұнаймен ластанған сұр-құба топырақтардан алынған су сығындысын химиялық талдау

Мұнаймен ластанған сұр-құба топырақ су сығындысы		Тұз құрамы, мг / л	Анықталатын компоненттердің массалық үлесі, мг / л*		
			Cu	Zn	Pb
Ұңғымадан қашықтықта іріктелген сынама, м	0	162	0.013	<0.001	0.013
	5	850	0.009	<0.001	0.038
	10	559	0.009	<0.001	0.554
	50	634	0.004	<0.001	0.010
* топырақ үшін Cu, Zn және Pb бойынша ШРК (мг/дм ³) тиісінше 1,0; 1,0 және 0,03 құрайды.					

2. Зерттелетін техногендік бұзылған топырақтардағы табиғи экологиялық факторлардың өзгеруіне, атап айтқанда, сынама алу орнына және ауыр металдардың құрамына ерекше сезімталдықты зең саңырауқұлақтары көрсетті.

Қарастырылып отырған техногендік факторларға байланысты алынған деректердің нақтылануы зең құрамындағы елеулі айырмашылықтарды анықтады. Зеңдердің жалпы саны КҚБ / г көрсеткіштерінен мыңға дейінгі аралықта болды.

Жалпы алғанда, 120 сағат өсіруден кейін алынған мәліметтер зерттелетін топырақтың қалыңдығындағы микромицеттердің жоғары (1 г-да ондаған мың) санын көрсетеді, бұл топырақтың микроорганизмдермен байытылуының орташа деңгейіне сәйкес келеді [12].

Зерттелетін топырақ сынамаларындағы зең саңырауқұлақтарының тіршілік ету жағдайлары су сынамаларына қарағанда едәуір тұрақты. Бұл зерттелген қауымдастықтардың сандық бөлінуінде де, олардың сапалық жағдайында да, көптеген өмірлік маңызды параметрлердің таралуында да көрінеді. Алынған нәтижелер зерттелетін топырақтың химиялық (мысалы, рН) және физикалық (температура) көрсеткіштерінің белгілі бір стратификациясы, ондағы белгілі бір заттардың (табиғи және техногендік) құрамы және т. б.

Осылайша, зерттелетін антропогендік биотоптардағы микроорганизмдер қауымдастықтары арасындағы айырмашылықтар жақсы анықталған белгілерге, ең алдымен, олардың профильді таралу сипаты және колония құратын бірліктердің жалпы саны (зең топырақтарындағы популяция тығыздығы) жатады.

Техногендік әсер ету жағдайында зеңді саңырауқұлақтардың жекелеген түрлерінің дамуындағы мұндай мінез-құлық микробиологиялық прогресс деп аталатын жағдайды сипаттау үшін жеткілікті, ол белгілі бір кезеңде, мысалы, экологиялық регрессия сатысында (мұнай ұңғымалары) антропогендік бұзылған экожүйелердің дамуымен бірге жүреді. Техногендік нығыздалудың үлкеюі әдетте, экожүйе биотасының қайтымсыз жойылуына әкелуі мүмкін.

Ластанудың басқа түрлерінің, атап айтқанда, бейорганикалық табиғаттың токсиканттарының мөлшері өскен кезде (біздің жұмыстарымызда көрсетілгендей), олар толық болмағанға дейін колония түзуші бірліктердің төмендеуін байқауға болады.

Осыған байланысты техногендік бұзылған топырақтардағы кейбір зеңді саңырауқұлақтар санының мәні өте кең ауқымда өзгереді. Техногендік нығыздалу жағдайында микроорганизмдердің саны өзгеріссіз қалуы мүмкін екендігі белгілі, өйткені кейбір түрлердің жойылуы басқалардың мол дамуымен өтелуі мүмкін. Бұл көптеген қауымдастықтар үшін ортақ ереже саңырауқұлақ кешендеріне қатысты тәжірибелік растау алды [13]. Микромицеттер кешенін осындай қайта құру, белгілі бір шекке дейін ғана болуы мүмкін. Өте қатты ластанумен, әдетте, көптеген микромицеттердің дамуын тежеу және олардың санының азаюы байқалады.

Қорытындыда атап өту керек, бұл:

- түрлердің алуан түрлілігінің көрсеткішін көптеген авторлар экожүйелердің бұзылуын сипаттауда ақпараттық ретінде атап өтеді [14];

- топырақтың түрлік құрылымын жеңілдету ластанудың жоғары деңгейіне тән;

- техногендік бұзылған экожүйелерді микробиологиялық талдау зерттелетін экожүйенің сапасын микроорганизмдердің жекелеген түрлерінің көптігі мен пайда болу жиілігі бойынша анықтауға болатындығын көрсетеді (жалпы саны өте күшті техногендік әсер ету жағдайында күрт өзгереді).

Жұмыста микроорганизмдердің әртүрлі экологиялық-трофикалық топтарының, атап айтқанда гетеротрофты микроорганизмдер мен қалыптардың биоиндикациялық маңызы көрсетілген.

Жер үсті экожүйелеріндегі техногендік әсердің әртүрлі түрлеріне зең реакцияларын талдау микробиотаның биоиндикациялық әлеуетін толық бағалауға мүмкіндік береді. Алынған мәліметтерге сәйкес, зерттелген антропогендік экожүйеде әртүрлі микробтық қауымдастықтардың өмір сүру стратегиясын байқауға болады. Микроорганизмдер қоғамдастығы экологиясының негізгі ережелерінің қазіргі заманғы дамуы, сондай-ақ популяциялық биологияның жетістіктері және жекелеген түрлердің абиотикалық және биотикалық факторларға реакциясы туралы көптеген мәліметтер микробиотаның биоиндикациялық әлеуетін экотехникалық жүйені ұйымдастырудың әртүрлі деңгейлерінде талдауға мүмкіндік береді. Біздің деректерді пайдалану қоршаған ортаны санитарлық сауықтыруға бағытталған іс-шаралар жоспарын әзірлеуге негіз болады.

ӘДЕБИЕТТЕР

- [1] С.Н. Досбергенов Экологические проблемы нефтезагрязненных почв в районах добычи нефти Западного Казахстана и пути их решения. Гидрометеорология и экология. 2010г. №3.
- [2] Сабирова А.Р., Адильханова А.К. Экологическая оценка влияния нефтяных загрязнений на окружающую среду в Мангистауской области. ҚазККА Хабаршысы 5 (66), 2010. – С. 263-266.
- [3] Бобренко Е.Г. Особенности рекультивации нефтезагрязненных земель на нефтегазодобывающем месторождении/ Е.Г. Бобренко, Я.А. Югов// Электронный научно-методический журнал Омского ГАУ.-2018.№ 3(14) июль-сентябрь 2018г. –С4.
- [4] Абдусаламова Х.С., Дохтукаева А.М., Усаева Я.С. Влияние нефтезагрязнения на показатели биологической активности почв // Universum: химия и биология : электрон. научн. журн. 2017. № 12 (42).
- [5] С. А. Бузмаков, Д.О. Егорова. Оценка состояния микробоценоза на подфакельных территориях нефтяных месторождений. г.Пермь. Экология. Естественные науки. No 2(55). 2016г.
- [6] В.Г.Мамонтов. Химический анализ почв и использование аналитических данных. Лабораторный практикум:учебное пособие для вузов. Санкт-Петербург. Изд-во: Лань, 2021г.-328с.
- [7] Пиманова Н.А. Лабораторный практикум по химии окружающей среды (химические методы анализа природных объектов). Часть 2. Н. Новгород: Мининский университет, 2018. 50 с.
- [8] Сафонов М.А. Реакция грибов-макромицетов на антропогенные нарушения среды. Самарский научный вестник. 2018г. Т 7 № 2 (23).
- [9] Переведенцева Л. Г. Микология: грибы и грибоподобные организмы: учебник.— Электрон. дан. Санкт-Петербург: Лань, 2012. — 272 с
- [10] Pikovsky Yu. I. Natural and technogenic flows of hydrocarbons in the environment. Monograph Moscow. 2016. 206.
- [11] N.A. Kireeva, M.D.Bakaeva, G.F. Raphikova. Species variety of soil micromycetes of oil production and oil processing region; Problems of medical mycology. 2016.T8. №3
- [12] Xian, Y.; Wanga, M.; Chena, W. Quantitative assessment on soil enzyme activities of heavy metal contaminated soils with various soil properties. Chemosphere 2015, 139, 604–608.

REFERENCES

- [1] S.N. Dosbergenov Ekologicheskie problemy neftezagryaznennyh pochv v raionah dobychi nefiti Zapadnogo Kazahstana i puti ih resheniya. Gidrometeorologiya i ekologiya. 2010g. №3.
- [2] Sabirova A.R., Adilhanova A.K. Ekologicheskaya ocenka vliyaniya neftyanix zagryaznenii na okruzhayush'uyu sredu v Mangistauskoj oblasti. ҚазККА Хабаршысы 5 (66), 2010. – S. 263-266.
- [3] Bobrenko E.G. Osobennosti rekul'tivacii neftezagryaznenny`x zemel` na neftegazodoby`vayushhem mestorozhdenii/ E.G. Bobrenko, Ya.A. Yugov// E`lektronny`j nauchno-metodicheskij zhurnal Omskogo GAU.-2018.№ 3(14) iyul`-sentyabr` 2018g. –S4.
- [4] Abdusalamova X.S., Doxtukaeva A.M., Usaeva Ya.S. Vliyanie neftezagryazneniya na pokazateli biologicheskoy aktivnosti pochv // Universum: ximiya i biologiya : e`lektron. nauchn. zhurn. 2017. № 12 (42).
- [5] S. A. Buzmakov, D.O. Egorova. Ocenka sostoyaniya mikrobocenoza na podfakelnyx territoriyax neftyanyx mestorozhdenij. g.Perm`. Ekologiya. Estestvennye nauki. No 2(55). 2016g.
- [6] V.G.Mamontov. Himicheskii analiz pochv i ispolzovanie analiticheskix dannih. laboratornii praktikum. Izd-vo: Lan, 2019g.-328s.
- [7] Pimanova N.A. Laboratornyj praktikum po himii okruzhayushchej sredy (himicheskie metody analiza prirodnih ob"ektov). Chast' 2. N. Novgorod: Mininskij universitet, 2018. 50 s.
- [8] Safonov M.A. Reakciya gribov-makromicetov na antropogennye narusheniya sredy. Samarskii nauchnyi vestnik. 2018g. T 7 № 2 (23).
- [9] Perevedenceva L. G. Mikologiya: griby i gribopodobnye organizmy: uchebnik.— Elektron. dan. Sankt-Peterburg: Lan', 2012. — 272 s.
- [10] Pikovsky Yu. I. Natural and technogenic flows of hydrocarbons in the environment. Monograph Moscow. 2016. 206.
- [11] N.A. Kireeva, M.D.Bakaeva, G.F. Raphikova. Species variety of soil micromycetes of oil production and oil processing region; Problems of medical mycology. 2016.T8. №3
- [12] Xian, Y.; Wanga, M.; Chena, W. Quantitative assessment on soil enzyme activities of heavy metal contaminated soils with various soil properties. Chemosphere 2015, 139, 604–608.

¹Г.А.Джамалова, ²Б.Х. Тусупова, ²Л.С. Курбанова*, ²М. Накыпбек

¹Satbayev University, Алматы, Казахстан

²Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Алматы, Казахстан

*e-mail: k_lau@mail.ru

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННЫХ ПОЧВ

Аннотация. Основной экологической проблемой в регионах с развитой нефтегазовой отраслью является загрязнение объектов окружающей среды нефтью и нефтепродуктами. В данной статье проведена экологическая оценка микробиологического состояния и химического анализа серо-бурых почв, загрязненных нефтью и нефтепродуктами.

В работе отражено биоиндикационное значение разных эколого-трофических групп микроорганизмов, в частности, гетеротрофных микроорганизмов и плесневых грибов. Анализ реакций плесневых грибов на разные виды техногенного воздействия в наземных экосистемах дает возможность полнее оценить биоиндикационный потенциал микробиоты.

По полученным данным можно проследить стратегию выживания различных микробных сообществ по исследуемой антропогенной экосистеме. Современные развития основных положений экологии сообществ микроорганизмов, а также достижения популяционной биологии и многочисленные данные о реакции отдельных видов на абиотические и биотические факторы позволят проанализировать биоиндикационный потенциал микробиоты на разных уровнях организации экотехносистемы. Использование наших данных дает основания для разработки плана мероприятий, направленных на санитарное оздоровление окружающей среды.

Ключевые слова: нефть, нефтезагрязнение, серо-бурые почвы, микробиологический анализ, микроорганизмы, тяжелые металлы.

¹G.A. Dzhamalova, ²B.H. Tusupova, ²L.S. Kurbanova*, ²M. Nakypbek

¹Satbayev University, Almaty, Kazakhstan

²al-Farabi Kazakh national university, Almaty, Kazakhstan

*e-mail: k_lau@mail.ru

ECOLOGICAL ASSESSMENT OF THE MICROBIOLOGICAL STATE OF OIL- CONTAMINATED SOILS

Abstract. The main environmental problem in regions with a developed oil and gas industry is the pollution of environmental objects with oil and petroleum products. In this article, an environmental assessment is carried out by microbiological and chemical analysis of gray-brown soils contaminated with oil and petroleum products.

The paper reflects the bioindication value of various ecological and trophic groups of microorganisms, in particular, heterotrophic microorganisms and mold fungi. Analysis of the responses of mold fungi to various types of anthropogenic impact in terrestrial ecosystems makes it possible to better assess the bioindication potential of the microbiota.

Based on the data obtained, it is possible to trace the survival strategy of various microbial communities in the studied anthropogenic ecosystem. Modern developments in the basic principles of microbial community ecology, as well as advances in population biology and numerous data on the response of individual species to abiotic and biotic factors will allow us to analyze the bioindication potential of the microbiota at different levels of the ecotechnosystem organization. The use of our data provides a basis for developing a plan of measures aimed at improving the health of the environment.

Keywords: oil, oil pollution, gray-brown soils, microbiological analysis, microorganisms, heavy metals.

¹А.М. Байкадамова*, ²Jay Sagin

¹Satbayev University, Алматы, Казахстан

²Университет Саскачеван, Канада

*e-mail: ainurchuk90@mail.ru

ОБСЛЕДОВАНИЕ СКВАЖИНЫ ЖАРКЕНТСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ТЕРМАЛЬНЫХ ПОДЗЕМНЫХ ВОД (СКВАЖИНА 3-Т)

Аннотация. Геотермальные энергоресурсы, так же, как и остальные виды возобновляемых источников энергии, имеют возможность удовлетворить практически любого потребителя по потенциалу и качеству энергии.

Эксплуатация геотермальных источников всегда основывается на геологическом исследовании. Для того, чтобы определить, имеет ли определенная местность потенциал снабжения геотермальной теплотой для промышленных и бытовых потребностей, необходим предварительный поиск. Эта особенность - одно из главных отличий геотермальной энергии от других возобновляемых источников энергии.

На участке Жаркентского бассейна были проведены поисково-разведочные работы на геотермальные подземные воды с целью оценки эксплуатационных запасов термальных подземных вод. На территории Жаркентского геотермального месторождения расположены несколько скважин, представляющие интерес для использования в качестве источника энергии. Были определены две перспективных геотермальных скважины - №1РТ и 3Т, по которым проводились исследования.

Ключевые слова: термальная вода, скважина, Жаркент, артезианский бассейн, гидродинамические исследования, геохимические исследования.

Введение. В настоящей статье дается анализ гидрогеологических работ по разведке термоминеральных вод на Усекской площади, расположенной в центральной части Жаркентского артезианского бассейна. Участок разведки находится в 36 км юго-западнее г. Жаркента (Панфиловский район Алматинской области, номенклатура листа К-44-II), на правобережье р. Или, на озерной равнине [1].

В последнее время на территории Жаркентской впадины получен большой фактический материал по термальным водам меловых отложений. Жаркентская впадина обладает огромным запасом природных термоминеральных ресурсов не нашедших рационального хозяйственного применения. Освоение термальных вод является **актуальным** в условиях развития производства альтернативных видов энергии и при переходе республики на рельсы «зеленой экономики» [2].

Целью исследований является оценка эксплуатационных запасов термальных вод Жаркентской впадины для их промышленного освоения.

Объектом исследований является Жаркентский артезианский бассейн, который расположен в пределах листов К-44-II, К-44-III, северо-западной части листа К-44-VII, а по административному делению входит в состав Уйгурского и Панфиловского районов Алматинской области. Крупными населенными пунктами являются город Жаркент и поселок Чунджа [16].

Этапы исследования. На территории бассейна были проведены следующие основные виды работ:

- проведение маршрутов по обследованию скважин;
- оценка состояния устьевого оборудования скважин;
- лабораторные исследования;
- камеральные работы.

Результаты вышеперечисленных видов работ должны решить следующие основные задачи:

- определить техническое состояние скважин, вскрывших геотермальные воды;
- установить качественные и количественные характеристики геотермальных вод, их температуру с целью оценки возможности их использования для различных целей;
- выбрать наиболее перспективные участки распространения геотермальных вод в Жаркентском артезианском бассейне;
- обосновать технологические схемы добычи и использования геотермальных вод с учетом дебита и температуры скважин, химического состава геотермальных вод

В процессе выполнения маршрутного обследования по Жаркентскому артезианскому бассейну были выявлены 15 скважин (№№ 1т, 2т, 3т, 5т, 9т 1тп, 2тп, 11а, 1040, 1046, 1597, 1487, 1478, 963, 963а) специально пробуренных на геотермальные воды. Температура самоизливающихся подземных вод доходит до 92⁰С. Этот показатель для геотермальных вод являлся основополагающим, и все эти выявленные скважины подлежали маршрутному обследованию (рисунок 1). В процессе сбора фактических материалов по артезианскому бассейну были выявлены еще 2 скважины. Таким образом, по району было обследовано всего 17 скважин - №№ 11а, 9т, 5т, 3т, 1т, 2т, 1тп, 2тп, 1040, 1046, 1597, 1487, 1478, 963, 963а, 3г и 1г. Для нас интерес представляют две скважины 1РТ и 3Т. Скважины располагаются друг от друга на расстоянии 45 км и имеют одинаковый дебит: 40 кг/с. Температура воды в скважине №1РТ составляет 92⁰С, а в скважине №3Т -66⁰С [11].

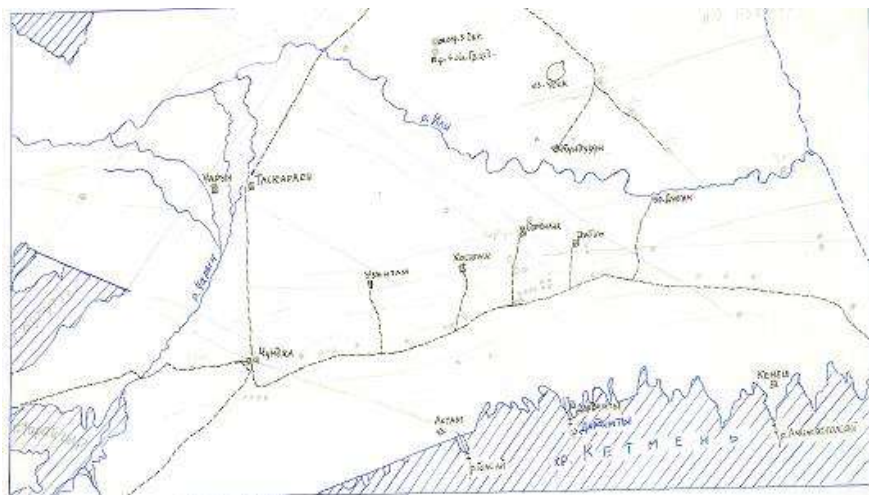


Рисунок 1. Карта маршрутного обследования геотермальных скважин Жаркентского артезианского бассейна

Скважина №3Т была пробурена в 1982 году до глубины 3281м. В интервале 2270-2350 м вскрыт меловой термоводоносный комплекс, представленный грубо- и среднезернистыми песчаниками [1]. Термальные воды с температурой 68-73⁰С самоизливаются с производительностью 33л/с при избыточном давлении на устье скважины - 22 атм. Минерализация термальной воды - 0,5г/л, состав воды гидрокарбонатно-сульфатный натриевый. Скважина долгие годы не эксплуатировалась, сброс термальных вод производился в открытый пруд [7].

Начиная с 2012 года на участке скважины №3Т ведут научно-прикладные исследования специалисты Института гидрогеологии и геоэкологии имени У.М. Ахмедсафина. Работы ведутся по научно-технической программе «Научно-технологическое обеспечение развития энергетического сектора экономики Республики Казахстан (возобновляемые источники энергии, энергосбережение) с целью обоснования и выбора технологий комплексного освоения теплоэнергетического потенциала скважины в качестве демонстрационного макета на ЭКСПО - 2017 "Энергия будущего" и по программе ПЦФ «Разработка чистых источников

энергии Республики Казахстан на 2013-2017 годы в рамках ЭКСПО-2017» по проекту «Создание комплекса производства тепловой и электроэнергии на основе геотермальной энергии Жаркентского месторождения геотермальных вод в Алматинской области» [1].

Опытно-эксплуатационный выпуск на участке скважины №3Т Усекской площади был проведен в период с 16 июня по 22 августа 2015 года, общая продолжительность его составила 64 суток. Первоначальный дебит скважины на самоизливе составил 20,0 л/с. Температура воды на устье скважины была равна 67°C, пьезометрический уровень установился на отметке +216 м выше поверхности земли.

Перед началом опытных работ было проведено обследование скважины. Давление на устье скважины, в момент обследования, составило +216 м, т.е. сработки уровня, начиная с 1985 года, не произошло.

После обследования, скважина была оборудована для проведения опытно-фильтрационных работ. На устье скважины был установлен второй образцовый манометр. В дополнение к имеющейся была установлена еще одна задвижка высокого давления и на выходе мерный сосуд объемом 1000л.

По окончании этих работ был начат опытно-эксплуатационный выпуск из скважины №3Т

1. Целью опытных работ являлось установление характера зависимости дебита скважины от понижения уровня воды, определение гидрогеологических параметров, выявление закономерности изменения уровня, дебита, температуры и качества воды во времени [2].

Предусматривалось проведение выпуска при двух ступенях понижения. Регулирование дебита при выпусках достигалось открытием одной или одновременно двух задвижек фонтанного оборудования.

1.1 Выпуск при одной открытой задвижке (1-ая ступень)

В первоначальный момент после начала выпуска динамический уровень понизился в течение пяти минут до отметки +106 м, при статическом уровне +216 м. Далее, на протяжении 10 минут, гидродинамический режим носил неустойчивый характер. Наблюдались колебания уровня в пределах +106,5 - +108,0 м. Дебит скважины в этот период так же колебался, в начальный период он составил 19,8 л/с и затем изменялся от 19,7 до 20,2 л/с.

Температура воды на устье скважины за этот период постепенно поднялась от 66 до 67°C.

На вторые сутки после начала выпуска колебания динамического уровня и дебита прекратились, при постепенном увеличении температуры. Установились следующие значения дебита – 20,1 л/с при понижении уровня на 75,5 м и динамическом уровне - +140,2м.

Как было установлено дальнейшими наблюдениями, в течение 5 суток, приведенные выше значения дебита и давления носили устойчивый характер.

В начале выпуска и в конце отбирались пробы воды на полный химический анализ. Результаты анализа говорят о том, что гидрохимический режим носил также устойчивый характер. Минерализация воды в начале составила 0,42 г/л и в конце выпуска 0,41 г/л.

В конце опытного выпуска скважина была закрыта, и проводились наблюдения за восстановлением уровня, которые продолжались в течение 8 часов до полного восстановления статического уровня (+216 м).

Анализируя процесс восстановления уровня можно отметить, что практически за первые 5 минут произошло резкое восстановление уровня до отметки +179,0 м. За последующие 11 минут шло постепенное повышение уровня до первоначального статического (+216 м) и далее в течении 7 суток его повышение не наблюдалось.

1.2 Выпуск при двух открытых задвижках (2-ая ступень)

После наблюдений за восстановлением уровня были открыты две задвижки фонтанной

арматуры и начался второй этап опытно-эксплуатационного выпуска при максимальном дебите, приближенном к эксплуатационному.

После открытия скважины пьезометрический уровень на устье, в течение первой минуты, резко снизился, до отметки +102,4 м, и затем, за 1,5 часа опустился до +80 м. При этом дебит скважины незначительно снизился с 36,75 до 37,67 л/с. Далее, в течение 33 суток, наблюдалось постепенное снижение уровня от +80 до +78 м. и дебита от 36,67 до 36,3 л/с. Температура воды на устье скважины при этом постепенно повышалась и достигла величины 67,5°C. В этот период была отобрана проба воды, анализ которой показал постоянство химического состава и минерализации (0,41 г/л) в процессе опытного выпуска. В дальнейшем, в течение 20 суток, изменений дебита и динамического уровня не наблюдалось. Температура воды к концу опыта повысилась достигла 67,5 °C за счет прогрева около скважинного пространства.

Таким образом, на момент окончания выпуска дебит скважины был равен 36,3 л/с при понижении 138 м и удельный дебит составил 0,263 л/с.

2. Режимные наблюдения по скважинам Усекской площади можно разделить на два этапа

Первый этап продолжался с 1985 по 1998 г. В это время скважина ежегодно обследовалась полевым отрядом Института гидрогеологии и гидрофизики и затем сотрудниками НПА «Ыстык-Су» [2]. Исследовался естественный режим термальных вод, так как в этот период водоотбор из скважины не осуществлялся. В процессе исследований отбирались пробы воды на полный химический анализ, спектральный анализ, определение микрокомпонентов и газового состава вод. Определялся дебит скважины, статический уровень и температура воды. Эти исследования показали, что каких-либо изменений во времени гидродинамического, гидрохимического и температурного режима термальных вод в ненарушенных условиях не происходит [1].

На втором этапе, после начала опытных гидрогеологических работ по скважине №3Т, исследовался режим в нарушенных откачкой условиях. При производстве режимных наблюдений замерялись ежемесячно дебит и температура воды. Один раз в месяц отбирались пробы воды на химический анализ. Химические анализы проводились по схеме минеральных вод, в том числе определялся газовый состав. Анализируя результаты этих наблюдений можно сделать вывод, что изменения химического, газового состава и дебита в процессе длительной откачки не происходит. Температура воды в начале опыта составляла 67,1 °C и в конце, через три месяца, повысилась до 67,8°C, что объясняется прогревом около скважинного пространства.

Таким образом, полученные материалы по режиму термальных вод, как в естественных, так и в нарушенных условиях позволяют говорить об устойчивом характере исследованных параметров термальных вод и, следовательно, они могут быть использованы для определения расчетных характеристик.

3. Лабораторные работы

Лабораторные работы при детальной разведке скважины №3Т Усекского месторождения термальных вод являлись одним из основных видов работ. Отбор проб на химические анализы и их сдача в хим. лабораторию Института гидрогеологии и геоэкологии производились в соответствии с ГОСТ 23268.0.78 "Воды минеральные питьевые, лечебные и природные столовые" (Правила приемки и методы анализа).

При проведении разведочных работ предусматриваются следующие виды опробования и лабораторных исследований воды и газа: отбор проб воды на устье скважины для проведения сокращенного, полного, бальнеологического и бактериологического анализов, определение микрокомпонентов в воде и сокращенный спектральный анализ сухого остатка, определение фенолов и нафтенных кислот, определение агрессивности воды.

В целом геотермальные воды Жаркентского артезианского бассейна характеризуются как мало- и слабоминерализованные, мягкие и умеренно мягкие по содержанию солей жесткости, не образующие осадков даже при длительном состоянии. Минерализация геотермальных вод Жаркентского артезианского бассейна в пределах 0,4 – 0,6 г/дм³ и по химическому составу являются: по анионам трехкомпонентными – сульфатно-хлоридно-гидрокарбонатные натриевые, сульфатно-гидрокарбонатно-хлоридные натриевые [5].

Выводы. Таким образом, за время проведения режимных наблюдений изменений минерализации и химического состава термоминеральных воды не отмечено. В Жаркентской впадине высоко перспективными для добычи геотермальных вод для различных целей является территория в 12 тыс. км², включающая в большей своей части площадь одноименного артезианского бассейна [11].

По результатам проведенных работ месторождение подземных вод можно считать подготовленным к промышленному освоению.

Дальнейшее освоение месторождения может состоять из создания мощного теплично-парникового комбината с использованием комбинированных солнечно-геотермальных установок, вырабатывающих электроэнергию для собственных нужд.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Плеханов П.А., Создание опытного производства и разработка принципиальной технологической схемы каскадного использования водно-энергетического потенциала Жаркентского месторождения геотермальных вод для нужд международного центра приграничного сотрудничества «Хоргос» и населенных пунктов Панфиловского района Алматинской области. (Алматы: ТОО «Институт гидрогеологии и геоэкологии им. У.М. Ахмедсафина», 2012), с. 88.

[2] Мухамеджанов С.М., Кан М.С., Вялов В.Д., Оценка подземных термальных вод Казахстана как нетрадиционного источника энергии. (Алматы: Ыстык Су, 1995), с. 132

[3] Мухамеджанов С.М., Кан М.С., Изучить возможность применения термальных вод Илийской впадины для народного хозяйства. (Алматы: Ыстык Су, 1992), с. 40

[4] Мухамеджанов С.М., Завалей В.А., Кан М.С., Бондаренко Н.М., “Гидротермальные ресурсы Восточно-Илийского артезианского бассейна и перспективы их использования.” В кн. Фундаментальная и прикладная гидротермия. Алма-Ата: Наука КазССР, (1990): с. 71-76

[5] Калугин О., Вялов В., Курмангалиева Ш., Сульдина О., “Мониторинг геотермальных скважин Жаркентского артезианского бассейна.” Материалы XI ежегодной международной научно-практической конференции на тему «Структурные изменения и развитие общества». Алматы: КНУ, (2014): с. 211-218

[6] Интернет-ресурс: Мировой рынок: развитие геотермальной энергетики: ukrenergy.dp.ua/2012/05/25/mirovoj

[7] Вялов В.Д., Сульдина О.В., Курмангалиева Ш.Г., “Палеогидрогеологические условия Восточно-Илийского артезианского бассейна.” Журнал Геология и охрана недр №3. Алматы (2014): с. 89-96

[8] Конеченков А., Остапенко С., “Энергия тепла Земли.” Электропанорама №7-8, (2003).

[9] Интернет-ресурс: Австралийская компания будет добывать тепло из-под Земли: www.nsu.ru/psj/topnews/content/archnews.htm;

[10] Вялов В.Д., Калугин О.А., Сульдина О.В., Курмангалиева Ш.Г., “Мониторинг геотермальных скважин Жаркентского артезианского бассейна.” Материалы XI ежегодной международной научно-практической конференции на тему «Структурные изменения и развитие общества». Алматы: КНУ, (2014): с. 211-218

[11] Муртазин Е.Ж., Кан С.М., Вялов В.Д., Сульдина О.В., Курмангалиева Ш.Г., Калугин О.А., “К вопросу использования геотермальных вод Жаркентского артезианского бассейна.” Известия НАН РК №6. Алматы, (2014)

[12] Калугин О.А., Кан С.М., Тлеуова Ж.Т., “Некоторые особенности современного состояния термоминеральных вод Южного Казахстана.” Известия НАН РК №5. Алматы, (2015)

[13] Миронов Т. Р., Бедерак Д. А., Уральский государственный экономический университет Материалы XV Всероссийского форума молодых ученых с международным участием в рамках III

Евразийского экономического форума молодежи «Диалог цивилизаций - ПУТЬ НАВСТРЕЧУ» Направление 4. Мировая и национальная экономика: особенности и тенденции развития. Екатеринбург: УГЭУ, (2012)

[14] Сатпаев А.Г., Плеханов П.А., Антипов С.М., Ускенбаева Ж.Б., Раюшкин Б.В., “Проблемы исследования и использования подземных вод Казахстана.” Журнал Экология и развитие общества. Санкт-Петербург, (2009): с. 91-96

[15] Отчет о научно-исследовательской работе, “Развитие возобновляемой энергетики в Республике Казахстан (I этап – разработка глобального прогноза «энергоэкологическое будущее цивилизаций»).” (Алматы - Москва, 2009), с. 623

[16] Alessandro Franco, Franco Donatini, “Methods for the estimation of the energy stored in geothermal reservoirs.” 34th UIT Heat Transfer Conference (2016)

REFERENCES

[1] Plekhanov P.A.. Sozdaniye opytnogo proizvodstva i razrabotka printsipialnoy tekhnologicheskoy skhemy kaskadnogo ispolzovaniya vodno-energeticheskogo potentsiala Zharkentskogo mestorozhdeniya geotermalnykh vod dlya nuzhd mezhdunarodnogo tsentra prigranichnogo sotrudnichestva «Khorgos» i naselennykh punktov Panfilovskogo rayona Almatinskoy oblasti. (Almaty: TOO «Institut gidrogeologii i geoekologii im. U.M. Akhmedsafina».2012). s. 88

[2] Mukhamedzhanov S.M.. Kan M.S.. Vyalov V.D.. Otsenka podzemnykh termalnykh vod Kazakhstana kak netraditsionnogo istochnika energii. (Almaty: Ystyk Su. 1995). s. 132

[3] Mukhamedzhanov S.M.. Kan M.S.. Izuchit vozmozhnost primeneniya termalnykh vod Iliyskoy vpadiny dlya narodnogo khozyaystva. (Almaty: Ystyk Su. 1992). s. 40

[4] Mukhamedzhanov S.M.. Zavaley V.A.. Kan M.S.. Bondarenko N.M.. “Gidrotermalnyye resursy Vostochno-Iliyskogo artezianskogo basseyna i perspektivy ikh ispolzovaniya.”. V kn.Fundamentalnaya i prikladnaya gidrotermiya. Alma-Ata: Nauka KazSSR. (1990): s.71-76

[5] Kalugin O.. Vyalov V.. Kurmangaliyeva Sh.. Suldina O.. “Monitoring geotermalnykh skvazhin Zharkentskogo artezianskogo basseyna.” Materialy XI ezhegodnoy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii na temu «Strukturnyye izmeneniya i razvitiye obshchestva». Almaty: KNU. (2014): s. 211-218

[6] Internet-resurs: Mirovoy rynek: razvitiye geotermalnoy energetiki: ukrenergy/dp/ua/2012/05/25/mirovoj

[7] Vyalov V.D.. Suldina O.V.. Kurmangaliyeva Sh.G.. “Paleogidrogeologicheskiye usloviya Vostochno-Iliyskogo artezianskogo basseyna.” Zhurnal Geologiya i okhrana neдр №3. Almaty (2014): s. 89-96

[8] Konechenkov A.. Ostapenko S.. “Energiya tepla Zemli.” Elektroporama №7-8. (2003).

[9] Internet-resurs: Avstraliyskaya kompaniya budet dobyvat teplo iz-pod Zemli: www.nsu.ru/psj/topnews/content/archnews.htm.;

[10] Vyalov V.D.. Kalugin O.A.. Suldina O.V.. Kurmangaliyeva Sh.G.. “Monitoring geotermalnykh skvazhin Zharkentskogo artezianskogo basseyna.” Materialy XI ezhegodnoy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii na temu «Strukturnyye izmeneniya i razvitiye obshchestva». Almaty: KNU.(2014): s.211-218

[11] Murtazin E.Zh..Kan S.M. Vyalov V.D.. Suldina O.V.. Kurmangaliyeva Sh.G. Kalugin O.A.. “K voprosu ispolzovaniya geotermalnykh vod Zharkentskogo artezianskogo basseyna.” Izvestiya NAN RK №6. Almaty. (2014)

[12] Kalugin O.A.. Kan S.M.. Tleuova Zh.T.. “Nekotoryye osobennosti sovremennogo sostoyaniya termomineralnykh vod Yuzhnogo Kazakhstana.” Izvestiya NAN RK №5. Almaty. (2015)

[13] Mironov T. R.. Bederak D. A.. Uralskiy gosudarstvennyy ekonomicheskii universitet Materialy XV Vserossiyskogo foruma molodykh uchenykh s mezhdunarodnym uchastiyem v ramkakh III Evraziyskogo ekonomicheskogo foruma molodezhi «Dialog tsivilizatsiy - PUT NAVSTREChU» Napravleniye 4. Mirovaya i natsionalnaya ekonomika: osobennosti i tendentsii razvitiya. Ekaterinburg: UGEU. (2012)

[14] Satpayev A.G.. Plekhanov P.A.. Antipov S.M.. Uskenbayeva Zh.B.. Rayushkin B.V.. “Problemy issledovaniya i ispolzovaniya podzemnykh vod Kazakhstana.” Zhurnal Ekologiya i razvitiye obshchestva. Sankt-Peterburg. (2009): s. 91-96

[15] Otchet o nauchno-issledovatel'skoy rabote. “Razvitiye vozobnovlyayemoy energetiki v Respublike Kazakhstan (I etap – razrabotka globalnogo prognoza «energoekologicheskoye budushcheye tsivilizatsiy»).” (Almaty - Moskva, 2009). s. 623

[16] Alessandro Franco. Franco Donatini. "Methods for the estimation of the energy stored in geothermal reservoirs." 34th UIT Heat Transfer Conference (2016)

¹**А.М. Байкадамова***, ²**Jay Sagin**

¹Satbayev University, Алматы, Қазақстан

²Саскачеван Университеті, Канада

*e-mail: ainurchuk90@mail.ru

ЖАРКЕНТ ТЕРМАЛДЫ ЖЕР АСТЫ СУЛАРЫНЫҢ КЕН ОРНЫНДА ҰҢҒЫМАЛАРДЫ ЗЕРТТЕУ (3-Т ҰҢҒЫМАСЫ)

Андатпа. Геотермалды энергоресурстар басқа жаңартылатын энергия көздері сияқты потенциалы және энергия сапасы бойынша кез келген тұтынушыны қанағаттандыра алады.

Геотермалды көздерді пайдалану әрдайым геологиялық зерттеуге сүйенеді. Нақты мекенжайдың өнеркәсіптік және тұрмыстық қажеттіліктер үшін геотермалды жылуының потенциалын анықтау үшін алдын ала іздеу-барлау рәсімін іске асыру керек. Бұл ерекшелік – басқа жаңартылатын энергия көздерінен геотермалды энергияның басты ерекшеліктерінің бірі.

Жаркент бассейнінің жерінде термалды жер асты сулардың эксплуатациялық қорларын бағалау үшін геотермалды жер асты суларына іздеу-барлау жұмыстары өткізілді. Жаркент геотермалды кен орнында энергия көзі ретінде пайдалану үшін бірнеше ұңғымалар анықталды. Зерттеу өткізілген екі келешегі бар перспективті геотермалды №1РТ және 3Т ұңғымалар анықталды.

Негізгі сөздер: термалды су, ұңғыма, Жаркент, артезиан бассейні, гидродинамикалық зерттеулер, геохимиялық зерттеулер.

¹**A.M. Baikadamova***, ²**Jay Sagin**

¹Satbayev University, Almaty, Kazakhstan

²University of Saskatchewan, Canada

*e-mail: ainurchuk90@mail.ru

SURVEY OF THE WELL OF THE ZHARKENT DEPOSIT TERMALNY UNDERGROUND WATER (WELL 3-T)

Abstract. Geothermal energy resources, as well as other types of renewable energy sources, are able to satisfy almost any consumer in terms of its potential and quality of its energy.

The application and the use of geothermal waters of any deposit depends on the energy potential, the chemical composition, the mineralisation and aggressiveness of the water, the general stock and flow rate of wells, the availability and distance of the potential consumer, the temperature and hydraulic modes of boreholes, the depth of occurrence of aquifers and their characteristics, and much more. This feature is one of the main differences of geothermal energy from other renewable energy sources.

The exploration of geothermal groundwater was carried out at the Zharkent basin site, in order to assess the operational reserves of thermal groundwaters. There are several wells on the territory of the Zharkent geothermal deposit that can be used as an energy source. Thus two promising geothermal wells, №1RT and №3T, were identified during the exploration, according to which the studies were carried out.

Keywords: thermal water, well, Zharkent, artesian basin, hydrodynamic research, geochemical research.

¹Д.Б. Бармакова, ²И.И. Шакибаев, ¹В.А. Завалей¹Satbayev University, Алматы, Казахстан²РГУ Зональный гидрогеолого-мелиоративный центр МСХ РК, Алматы, Казахстан

*e-mail: d.barmakova@stud.satbayev.university

ИЗУЧЕНИЕ ГИДРОГЕОЛОГО-МЕЛИОРАТИВНЫХ ПРОЦЕССОВ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ МЕЛИОРАТИВНОГО СОСТОЯНИЯ ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ КАРАТАЛЬСКОГО МАССИВА

Аннотация. В статье дано краткое описание хозяйственной деятельности на Каратальском массиве орошения. Рассмотрены факторы, влияющие на гидрогеолого-мелиоративные и почвенно-мелиоративные условия, формирование уровня и гидрохимического режимов под воздействием орошения с целью выявления основных закономерностей. Приведены результаты наблюдений, обобщены и проанализированы условия засоления земель. На основе анализа режима грунтовых вод, степени засоленности почв, приведена информация о площадном распределении подземных вод по глубине и минерализации, по которой дана оценка мелиоративного состояния орошаемых земель массива. На основе выполненной оценки приведены рекомендации по его улучшению, т.к. изучение, оценка и контроль гидрогеолого-мелиоративного состояния орошаемых земель необходимы для обоснования и проведения мероприятий, обеспечивающих благоприятный водный и солевой режимы, как следствие повышение урожайности сельскохозяйственных культур.

Ключевые слова: режим грунтовых вод, УГВ, мелиоративное состояние, водоподача, засоление.

Для разработки мероприятий по улучшению мелиоративного состояния орошаемых земель большое значение играет изучение гидрогеолого-мелиоративных условий, наблюдения за изменениями состояния почв и процессов, происходящих под влиянием орошения [1, 2]. Работы ученых [3, 4, 5] посвящены вопросам изучения режима грунтовых вод, классификации и выявлению основных закономерностей их формирования на орошаемых землях. На протяжении многих лет сотрудниками РГУ Зональный гидрогеолого-мелиоративный центр МСХ РК проводится мониторинг за мелиоративным состоянием земель Каратальского массива. Мониторинг включает наблюдения за уровнем и гидрохимическим режимом грунтовых вод, использованием и качеством оросительных вод, стоком и качеством коллекторно-дренажных вод. Также проводятся работы по изучению свойств почвенного покрова.

Каратальский массив орошения расположен в долине р.Каратал и вытянут вдоль реки на 20км, шириной до 12км. Площадь массива составляет 11845га, на котором возделываются в основном зерновые, многолетние травы, кормовые культуры, бахчевые, овощи, а в последние годы добавились посевы сои и сахарной свеклы. При этом площадь риса, основной севооборотной культуры этой оросительной системы, из-за нехватки поливной воды в последние годы сократилась с 4053га до 1746га. Урожайность культур на массиве, в последние 5-7 лет, имеет уверенный тренд к росту. Например, урожайность озимой пшеницы увеличилась с 11 до 23,5ц/га, подсолнечника с 4,2 до 17,5ц/га, а риса выросла с 31,6 до 39,7ц/га. Однако в периоды маловодья, при недостаточном поливе, отмечается снижение урожайности сельхозкультур, потери урожая при котором достигают 20 -30%, как это отмечалось в 2020 году [6].

Техническое оснащение и состояние оросительной и коллекторно-дренажной сети во многом определяет мелиоративное состояние земель [7]. В настоящее время техническое состояние оросительных каналов считается в основном как неудовлетворительное. В то же время на протяжении многих лет на оросительной системе не проводились капитальные

работы по восстановлению головных водозаборов, противофильтрационные мероприятия на магистральных и межхозяйственных каналах, не проводится планировка полей. Оросительные каналы и коллекторы заиливаются, зарастают сорной растительностью, разрушаются и тем самым снижается их пропускная и водоотводящая способность [8].

В гидрогеологическом отношении на территории выделяются безнапорные воды современных аллювиальных, средне- и нижнечетвертичных озерно-аллювиальных отложений. Подстилающими породами являются аллювиальные отложения четвертичного возраста, представленные чередованием слоев суглинков, песков и супесей. Мощность покровных отложений изменяется от 0,5 до 6 метров, коэффициенты фильтрации от 0,02 до 0,3м/сутки. К водовмещающим породам верхней водонасыщенной толщи относятся супеси, суглинки, пылеватые и глинистые тонкозернистые пески, а нижней – гравийно-галечник с песчаным или супесчаным заполнителем.

Изменения в водохозяйственной деятельности и ирригационно-хозяйственных условиях на оросительной системе отражаются на уровне и химическом режиме грунтовых вод, процессах в почвенном покрове и в целом на мелиоративном состоянии орошаемых земель.

Режим грунтовых вод в зависимости от ирригационно-хозяйственных или природно-климатических факторов подвержен сезонным и многолетним изменениям. Многолетняя динамика УГВ представлена на рисунке 1. С подачей воды на поля отмечается повсеместный подъем УГВ, с наибольшей скоростью в мае - первой декаде июня. Амплитуда подъема УГВ изменяется от 0,01 до 1,06м. Наивысшего положения зеркало грунтовых вод достигает в конце июля- начале августа и находится на глубинах 0,01-4,27м. Амплитуда подъема при этом за вегетацию варьирует в диапазоне от 0,23 до 3,06м. Наибольшая скорость подъема и амплитуда колебания грунтовых вод происходит на землях, находящихся под посевами риса, а наименьшая на полях с суходольными культурами. После прекращения поливов наблюдается его снижение за счет работы коллекторно-дренажной сети и естественной дренированности территории, который продолжается в течение всего межвегетационного периода.

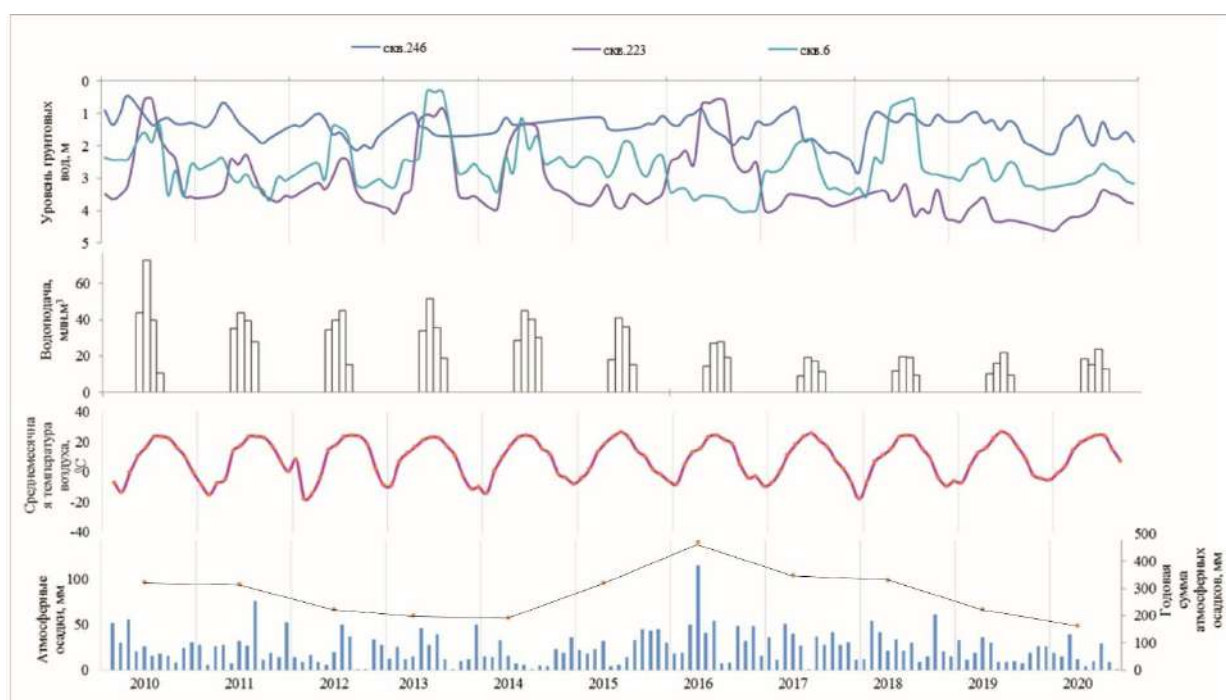


Рисунок 1. Графики режима грунтовых вод

На массиве орошения в последние годы наблюдается общее снижение уровней грунтовых вод (УГВ). Если в 1997 году кризис в водохозяйственной сфере способствовал подъему грунтовых вод, то в 2002-2005 годах, за счет выполнения большого объема очистных работ коллекторно-дренажной сети, наблюдалось заметное снижение УГВ. В период с 2006 до 2011 года отмечалось увеличение площадей с близким залеганием грунтовых вод. Этому способствовало интенсивное освоение земель под рис. С 2015 года наблюдается увеличение площадей орошаемых земель с глубиной залегания грунтовых вод от 3 до 5 м на 33%. На сегодняшний день эта площадь составляет 8487 га или 72% от орошаемого фонда массива. На 28% или 3358 га распространены грунтовые воды, залегающие в интервале от 1 до 3 м (Табл.1). В 2010 году площади с грунтовыми водами, залегающие в этом интервале составляли 8410 га. Такое перераспределение площадей по глубине связано с сокращением площадей риса и соответственно с уменьшением объемов поливной воды.

На формирование гидрохимического режима грунтовых вод на орошаемых землях оказывает влияние глубина залегания грунтовых вод, объем и качество оросительной воды, степень обеспеченности искусственным и естественным дренажем, на которые накладываются процессы испарения. На территории массива преобладают пресные грунтовые воды с минерализацией до 1,0 г/дм³. В 2020 году они занимали площадь 10412 га (или 88% от всех орошаемых земель). На площади 1433 га (12%) распространены слабосолоноватые грунтовые воды с минерализацией от 1 до 3 г/дм³. На фоне уменьшения вододачи и снижения УГВ происходит увеличение минерализации, которое связано с процессом выщелачивания водовмещающих пород, перераспределением растворенных веществ в пределах водоносного горизонта. Наибольший рост площадей с слабосолоноватыми грунтовыми водами отмечается в северо-восточной части массива. Здесь сосредоточены сильнозасоленные почвы, наблюдается неглубокое залегание грунтовых вод и происходит интенсивное испарение.

Основными региональными особенностями почвенного покрова орошаемых земель массива являются высокая комплексность и засоление почв. На формирование почвенного покрова большое влияние оказывают длительное использование земель под посевы риса. На большей части массива подстилающими породами являются аллювиальные отложения четвертичного возраста, представленные чередованием слоев суглинков, песков и супесей. Среди почв на этой территории наиболее распространены: сероземы, лугово-сероземные, луговые, пойменные луговые, болотно-луговые и лугово-болотные, солончаки. Формирование засоленных почв на массиве связано с близким залеганием грунтовых вод к дневной поверхности и высоким содержанием солей в подстилающих породах. Регулярное затопление почв при выращивании риса способствует удалению солей из верхних горизонтов почв. Рис выполняет функцию мелиорирующей культуры. По результатам наблюдений за период с 1997 по 2020 годы установлено, что общая площадь засоленных земель увеличилась почти на 30%. Наибольший прирост засоленных площадей наблюдается в северо-восточной части массива. В связи с дефицитом воды и сокращением посевов риса и другими организационными причинами на массиве наблюдалось увеличение засоленных земель по всем категориям (Рис.2).

По принятым гидрогеологическим и почвенно-мелиоративным показателям оценки мелиоративного состояния орошаемые земли Каратальского массива, в настоящее время, на площади 8311 га (70% от общей площади орошаемых земель) характеризуются хорошим мелиоративным состоянием. На этих землях распространены грунтовые воды с глубиной залегания более 3,0 м и минерализацией до 1,0 г/дм³.

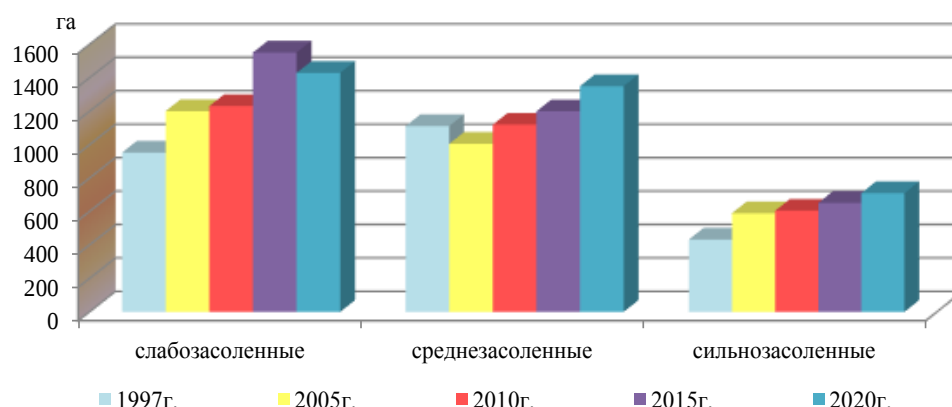


Рисунок 2. Динамика изменения площадей засоленных земель на Каратальском массиве за 1997-2020 годы

Орошаемые земли с такими показателями относятся к благополучным и наиболее продуктивным для возделывания сельскохозяйственных культур. Площади с хорошим мелиоративным состоянием с 2005 до 2020 года уменьшились на 11% (Табл.1). Земли на площади 2903 га характеризуются удовлетворительным мелиоративным состоянием. К категории с неудовлетворительным мелиоративным состоянием отнесены орошаемые земли на площади 631 га, на которых УГВ залегают свыше 1,5 м, и минерализация грунтовых вод составляет более 1,0 г/дм³. Последние встречаются небольшими участками на всей территории массива и связаны с проявлением сильно- и очень сильнозасоленных почв. На этих землях возможно проявление негативных процессов, таких как заболачивание, подтопление и вторичное засоление, поэтому нуждаются в проведении ряда мелиоративных мероприятий.

Таблица 1. Мелиоративное состояние орошаемых земель Каратальского массива орошения за 1997-2020 г.

Годы	Площадь орошаемых земель, га	Из них											
		по глубине залегания грунтовых вод, м			по минерализации грунтовых вод, г/дм³		по степени засоления почв слоя 0-100см				по категориям земель		
		<1,0	1,0-3,0	3,0-5,0	<1,0	1,0-3,0	незасоленные	слабозасоленные	среднезасоленные	сильнозасоленные	хорошее	удовлетворительное	неудовлетворительное
1997	13928	374	11351	2203	13212	716	11432	953	1111	432	9143	4444	341
2005	11845	-	6640	5205	9800	2045	9049	1201	1005	590	9634	2143	68
2010	11646	250	8410	2986	10944	702	8690	1231	1120	605	9620	1421	605
2015	11845	78	5399	6368	11050	795	8441	1552	1200	652	9378	1812	655
2020	11845	-	3358	8487	10412	1433	8355	1430	1350	710	8311	2903	631

Для улучшения мелиоративного состояния, предотвращения засоления почвенного покрова, повышения продуктивности орошаемых земель и эффективного использования поливных вод на Каратальском массиве рекомендуется проведение ряда мероприятий, которые включают:

- применение современных водосберегающих технологий орошения, позволяющие обеспечить более экономное и рациональное использование водных ресурсов с минимальными производственными потерями. К сожалению такие технологии на массиве не используются и, возможно, одной из сдерживающих причин является дороговизна этих систем поливов;

- использование коллекторно-дренажных вод как дополнительного источника полива. По нашим многолетним наблюдениям качество коллекторно-дренажных вод на массиве, по степени минерализации и химическому составу и другим ирригационным характеристикам вполне пригодны для этого, при смешивании в определенной пропорции с пресной оросительной водой;

-соблюдение структуры севооборотов и ротации сельскохозяйственных культур непереносимое и важное требование агротехнологии выращивания, так как разные культуры неравномерно выносят из почвы элементы питания. При этом ежегодная смена культур позволяет улучшить и поддержать физические и биологические свойства почв, предотвращая распространение сорняков, болезней и вредителей сельскохозяйственных культур;

- проведение агротехнических мероприятий по предупреждению засоления, таких как текущие промывки на средnezасоленных землях, а на сильнозасоленных, для устранения избытка солей, необходимо в осенне-весенний период выполнять капитальные промывки почв;

- очистка оросительных каналов и карттовых водосбросов, в первую очередь на рисовых чеках, позволит исключить подъем грунтовых вод и предотвратить подтопление и вторичное засоление земель.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Алиев С.А. Эколого-мелиоративные проблемы орошаемого земледелия // Ученые записки. – 2013. - №13. – С.105-110
- [2] Юсупов Г.У. , Кувватов Д.А. Верховодка и грунтовые воды как фактор определяющий мелиоративное состояние орошаемых земель // Орошение и мелиорация. ТИИИМСХ. – Ташкент. – 2016.
- [3] Кац Д.М., Пашковский И.С. «Мелиоративная гидрогеология», Москва, В.О.Агропромиздат, 1988.
- [4] Шестаков В.М., Пашковский И.С., Соيفер А.М. «Гидрогеологические исследования на орошаемых территориях» Л. Недра, 1982.
- [5] Ходжибаев Н.Н. Гидрогеолого-мелиоративное районирование. – Ташкент, 175. – 143с.
- [6] Отчеты РГУ Зональный гидрогеолого-мелиоративный центр МСХ РК 1997-2020гг.
- [7] Шакибаев И.И. Гидрогеолого-мелиоративные аспекты проблем орошаемых земель юга Казахстана. - А.: ТОО «Контур», 2014. – 304с.
- [8] Ali, M. & Talukder, M.S.U. Increasing Water Productivity in Crop Production – 2008. – A Synthesis. Agricultural Water Management. 95: 1201-1213. 10.1016/j.agwat.2008.06.008.

REFERENCES

- [1] Aliev S.A. Jekologo-meliorativnye problemy oroshaemogo zemledelija // Uchenye zapiski. – 2013. - №13. – S.105-110
- [2] Jusupov G.U. , Kuvvatov D.A. Verhovodka i gruntovye vody kak faktor opredelajushhij meliorativnoe sostojanie oroshaemyh zemel' // Oroshenie i melioracija. TIIMSH. – Tashkent. – 2016.
- [3] Kac D.M., Pashkovskij I.S. «Meliorativnaja gidrogeologija», Moskva, V.O.Agropromizdat, 1988.
- [4] Shestakov V.M., Pashkovskij I.S., Sojfer A.M. «Gidrogeologicheskie issledovanija na oroshaemyh territorijah» L. Nedra, 1982.
- [5] Hodzhibaev N.N. Gidrogeologo-meliorativnoe rajonirovanie. – Tashkent, 175. – 143s.
- [6] Otchety RGU Zonal'nyj gidrogeologo-meliorativnyj centr MSH RK 1997-2020gg.
- [7] Shakibaev I.I. Gidrogeologo-meliorativnye aspekty problem oroshaemyh zemel' juga Kazahstana. - A.: TOO «Kontur», 2014. – 304s.

[8] Ali, M. & Talukder, M.S.U. Increasing Water Productivity in Crop Production – 2008. – A Synthesis. - Agricultural Water Management. 95: 1201-1213. 10.1016/j.agwat.2008.06.008.

¹Д.Б. Бармакова*, ²И.И. Шакибаев, ¹В.А. Завалей

¹Satbayev University, Алматы, Қазақстан

² ҚР АШМ «Аймақтық гидрогеологиялық-мелиоративтік орталық» РММ, Алматы, Қазақстан

*e-mail: d.barmakova@stud.satbayev.university

ҚАРАТАЛ АЛҚАБЫНЫҢ СУАРМАЛЫ ЖЕРЛЕРІНІҢ МЕЛИОРАТИВТІК ЖАЙ-КҮЙІН ЖАҚСARTУ ҮШІН ГИДРОГЕОЛОГИЯЛЫҚ-МЕЛИОРАТИВТІК ПРОЦЕСТЕРДІ ЗЕРТТЕУ

Андатпа. Мақалада Қаратал суару алқабындағы шаруашылық қызметтің қысқаша сипаттамасы берілген. Негізгі заңдылықтарды анықтау мақсатында гидрогеологиялық-мелиорациялық және топырақ-мелиорациялық жағдайларға әсер ететін факторлар, суарудың әсерінен деңгейлік және гидрохимиялық режимдердің қалыптасуы қарастырылды. Бақылау нәтижелері келтірілген, жердің сорлану жағдайлары жинақталған және талданған. Жер асты суларының режимін, топырақтың сорлану дәрежесін талдау негізінде жер асты суларының тереңдігі мен минералдануы бойынша алаңдық бөлінуі туралы ақпарат келтірілген, ол бойынша алқаптың суармалы жерлерінің мелиорациялық жай-күйіне баға берілген. Жүргізілген бағалау негізінде оны жақсарту бойынша ұсынымдар келтірілген, өйткені суармалы жерлердің гидрогеологиялық-мелиорациялық жай-күйін зерттеу, бағалау және бақылау ауыл шаруашылығы дақылдарының шығымдылығын арттыру нәтижесінде қолайлы су және тұз режимдерін қамтамасыз ететін іс-шараларды негіздеу және жүргізу үшін қажет.

Негізгі сөздер: ыза суларының режимі, ЫСД, мелиоративтік жай-күйі, су беру, тұздану.

¹D. Barmakova*, ²I. Shakibayev, ¹V. Zavaley

¹Satbayev University, Almaty, Kazakhstan

²RSE Zonal Hydrogeological-reclamation center of the Ministry of Agriculture of the Republic of Kazakhstan, Almaty, Kazakhstan

*e-mail: d.barmakova@stud.satbayev.universit

STUDY OF HYDROGEOLOGICAL AND RECLAMATION PROCESSES FOR IMPROVING THE RECLAMATION CONDITION OF IRRIGATED LANDS OF THE KARATAL MASSIF

Abstract. The article gives a brief description of the economic activity on the Karatal irrigation massif. The factors influencing hydrogeological-meliorative and soil-meliorative conditions, the formation of level and hydrochemical regimes under the influence of irrigation are considered in order to identify the main patterns. Presented the results of observations, the conditions of land salinization are generalized and analyzed. Based on the analysis of the groundwater regime, the degree of soil salinity, information is provided on the areal distribution of groundwater by depth and mineralization, according to which the assessment of the reclamation state of the irrigated lands of the massif is given. On the basis of the performed assessment, recommendations for its improvement are given, since the study, assessment and control of the hydrogeological and meliorative condition of irrigated lands are necessary for the justification and implementation of measures that ensure favorable water and salt regimes, as a result of increasing the yield of agricultural crops.

Keywords: ground water regime, GWL, meliorative condition, water supply, salinization.

С.К. Курбаниязов*

Международный казахстанско-турецкий университет им. Х.А.Ясави,
Туркестан, Казахстан.

*e-mail: saken_geo@mail.ru

ИЗУЧЕНИЕ НЕФТЕГАЗОПЕРСПЕКТИВНЫХ СТРУКТУР ПРИАРАЛЬЯ С ПРОГНОЗИРОВАНИЕМ ИХ ЗАПАСОВ

Аннотация. В начале барремского времени море отступило и до начала позднего альба территория представляла собой низменную аккумулятивную равнину, в пределах которой происходило накопление аллювиальных и озерно-аллювиальных отложений: красно-коричневых глин, алевролитов с прослоями коричневых песчаников и песков и линзами темно-серого лигнита. В основании толщи отмечаются гравелиты и конгломераты. В раннемальбе произошла кратковременная трансгрессия моря, однако территория современного Восточного Приаралья не была затоплена и представляла собой прибрежно-морскую равнину, где накапливались глины, алевролиты и песчаники. К концу позднего альба море регрессировало и территория вновь стала представлять собой низменную аллювиально-озерную равнину. По всей территории происходило накопление пестроцветных глин, зеленовато-серых алевролитов, песков и песчаников, а также углей. При проведении исследовательских работ были обоснованы наиболее перспективные типы ловушек углеводородного сырья по стратиграфическим уровням и выявлена зональность их распространения. Дана оценка перспектив района на выявление залежей нефти и газа. Выделены информативные и качественные признаки (критерии) нефтегазоносности. Обоснованы площади и конкретные структуры для постановки детальных поисковых работ на выявление залежей нефти и газа. Рассчитана оценка потенциальных ресурсов углеводородного сырья.

Ключевые слова: нефть, газ, Приаралье, сырье, сейсмо-разведочные работы, геохимия, породы.

Введение. В последние годы, в связи с совершенствованием методов сейсморазведочных работ, появилась возможность выделять новые сейсмоотражающие горизонты. В частности это касается кровли фундамента, подошвы верхнедевонско – нижнекаменноугольной карбонатно-терригенной толщи, подошвы нижнего триаса.

По мере получения новых материалов модель будет уточняться и совершенствоваться, на нее будут вынесены пробуренные скважины и литолого-стратиграфические колонки со всей необходимой геолого-геофизической информацией, включая стратиграфию, палеонтологию и палинологию, литологию, данные ГИС, сведения о потенциальных коллекторах и покрышках, нефтегазоносности.

Все указанные сейсмофокальные поверхности отражающих горизонтов, за исключением V – отражающего горизонта, являются региональными и хорошо прослеживаются по всему Аральскому осадочному бассейну и являются региональными. V – отражающий горизонт на некоторых участках изучаемого бассейна не прослеживается, тогда как на других отбивается очень хорошо. Это связано со спецификой геологического строения отдельных структур, которые на указанном стратиграфическом отрезке своего развития, имели отличный тектонический режим, что естественно отразилось и на процессах осадконакопления.

По каждому указанному горизонты в программе ArcGis были построены карты изогипс поверхностей соответствующих стратиграфических уровней. Затем они были сгруппированы, что в позволило создать объемную 3D модель Аральского бассейна.

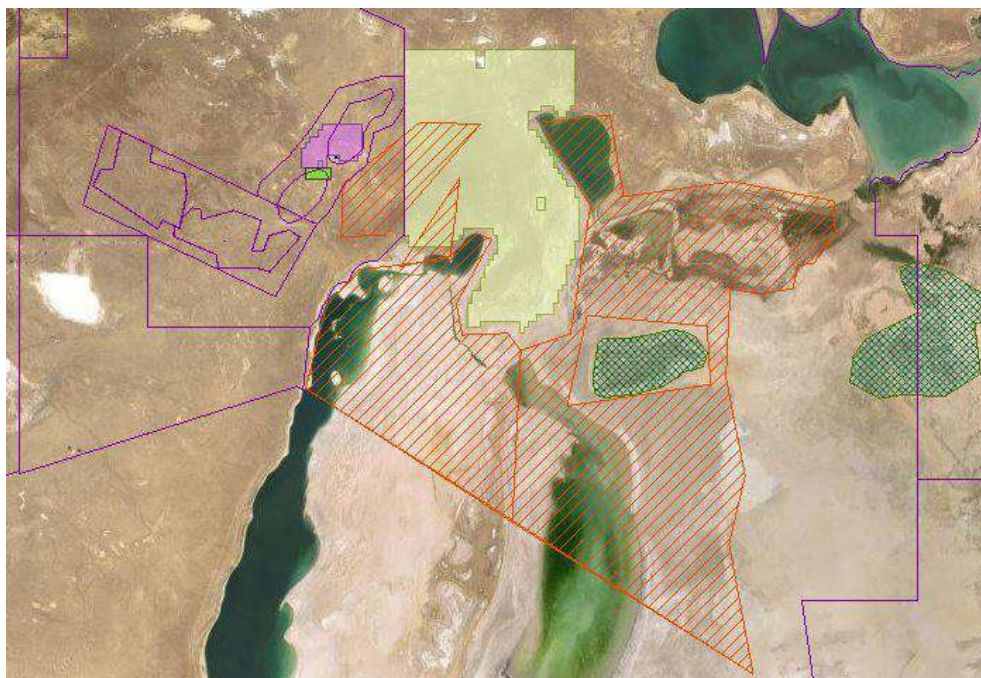


Рисунок 1. Нефтегазоносные территории Аральского осадочного бассейна

Материалы и методы. Отложения с хорошими коллекторскими свойствами установлены Куландинской опорной скважиной 1-Р в нижней юре и нижнем мелу. В них в своде Куландинской мегантиклинали возможны тектонически экранированные залежи нефти и газа (С.В. Алексеев, Е.А. Агранат, 1980). Состав альбских и сеноман-сантонских подземных вод (в частности, высокие концентрации В, Вг и I, а также большое содержание нефтяных кислот) в пределах мегантиклинали также свидетельствует о возможном наличии здесь нефтяных месторождений.

Кроме того, на п-ве Куланды наблюдалось выделение газа растворенного в водах альбского яруса родника Джуваныч. Состав газа (в%): CH_4 – 99,3; CO_2 – 0,6; O_2 – 0,1, расчетный удельный вес 0,561 г/см³.

Таким образом, в настоящее время в пределах южной части Куландинской мегантиклинали наблюдается одно газопроявление из палеогеновых и три – из меловых отложений.

Данные анализов напорных вод, сопутствующих газопроявлениям, а также напорных сантон-туронских вод по всей территории Куландинской мегантиклинали свидетельствуют об их связи с водами нефтяных месторождений. В пользу этого говорит наличие в водах В, Вг, J в высоких количествах для вод данной минерализации в условиях отсутствия галогенных осадков, а также сравнительно большого содержания нефтяных кислот.

Зонами питания вод, приуроченных к меловым отложениям, являются сводовая часть Шошкакоськой мегантиклинали и Алагузского поднятия Жаксыбутаешской антиклинали, а зоной разгрузки – южная часть Куландинской мегантиклинали. Таким образом, поток вод имеет направление с северо-запада и с севера. В этих направлениях, по-видимому, и следует искать локальные структуры, содержащие промышленные скопления нефти и газа.

На сопредельной территории плато Устюрт из палеозойских отложений получены притоки нефти и газа. На площадях Кокчалак, Карачалак, Кушкаир, Чибины из карбонатных отложений среднего карбона с глубин 3,5-3,7 км дебиты составили от 150 до 500 тыс. м³/сут, в двух скважинах при вскрытии известняков отмечались газовые фонтаны. Проявления нефти зафиксированы на пл. Каракудук. Генераторами УВ в палеозойских отложениях являются обогащенные органическим веществом (3,65 -7,98%) карбонатно - глинистые

породы верхний девон - нижнекаменноугольного возраста. Другим источником УВ в доюрском комплексе были породы терригенно-вулканогенной толщи верхнего карбона - нижней перми (ОВ до 1,57%). В разрезе юры выделяется несколько продуктивных горизонтов, приуроченных к отложениям всех трех отделов. Источником УВ являются глинистые породы нижней и средней юры с содержанием органического углерода от 1,8 до 6,65%. Региональной покрывкой для юрских коллекторов служат глинистые отложения келловей-оксфорда и карбонатная пачка титона. Основными очагами генерации УВ являются грабен-рифтовые структуры Судочьего прогиба, а также глубокопогруженные впадины северной части бассейна.

При бурении на Адаматинской брахиантиклинали (лист L-41-XXI), в самоизливающих скважинах отмечалось выделение водорастворенного газа. Основными составляющими газа были азот и редкие газы, а в одной пробе обнаружены горючие компоненты. Кроме того, в пределах Адаматинской структуры верхнемеловые воды имеют гидрокарбонатный состав и в них также обнаружены легкие углеводороды, что по мнению М.Е. Воскобойникова можно рассматривать как признаки возможной нефтегазоносности отложений верхнего мела.

Геохимические исследования пород осадочного чехла в пределах казахстанской части Аральского бассейна проводились в крайне ограниченных объемах и то лишь в дотриасовой (плитной) секции разреза. По данным Даукеева С.Ж., Воцалевского Э.С., Шлыгина Д.А. и др. (2002) содержание органических веществ в юрско-меловых отложениях колеблется от 0,4% в нижнем мелу до 1,7% в юре. Результаты люминесцентно-битуминологического анализа образцов пород меловых, палеогеновых, неогеновых и четвертичных отложений показали содержание в них легких битумов в количествах $1,25 \cdot 10^{-4} - 2,0 \cdot 10^{-3} \%$. По результатам исследований, выполненных Ципенюк Т.М. и Цирельсоном Б.С., сумма нефтяных битумов в юрских отложениях достигает 0,13-0,21%, а в алевроито-глинистом слое (байос-бат) – 1,52%, содержание органического углерода (Сорг) – 1-1,5% и более. Исследование ими условий накопления, особенностей литологического состава пород и органики юрских отложений

(включая их элементный анализ) позволили считать юрские отложения Восточного Приаралья перспективными на нефть и газ, выделить в них нефтегазопродуцирующие горизонты, а также пласты-коллекторы и покрывки.

Из-за крайней ограниченности геохимических данных практически все исследователи привлекают в качестве аналогий материалы по сопредельным территориям Туранской платформы, что с точки зрения вышеназванных авторов не всегда оправдано. При этом предполагается, что в качестве нефтегазоматеринских пород необходимо рассматривать нижне-среднеюрскую толщу, особенно в глубоких частях Кельмесского прогиба, который следует отнести к наиболее вероятной зоне генерации углеводородов. В этой связи Арало-Кызылкумская система поднятий (в соответствии с рисунками 15, 16) может быть отнесена к основной нефтегазосборной зоне.

Что касается гидрогеологических характеристик бассейна, то в целом они могут рассматриваться как благоприятные. Подземные воды юрских и нижнемеловых горизонтов имеют минерализацию до 15 г/л, относятся к хлоридно-натриевому типу и характеризуются затрудненным водообменном, способствующим сохранению залежей УВС от разрушения.

Перспективы нефтегазоносности отложений ПСЭ также оцениваются как положительные. Незначительная изученность площадей их развития делает необходимой проведение здесь комплекса региональных и детальных исследований геофизических методов.

По степени перспективности на обнаружение месторождений нефти и газа Аральский район большинством авторов делится на Западно-Аральский, Центрально-Аральский и Восточно-Аральский (потенциальный) нефтегазовые бассейны. Западно-Аральский район относится к Северному Устурту и, поэтому, здесь не приводится.

Центрально-Аральский НГБ почти целиком размещается в акватории Аральского моря. Структурными элементами, определяющими тектоническую структуру нефтегазоносного бассейна, являются Центрально-Аральский прогиб и ограничивающий его с запада одноименный разлом.

По подошве мезо-кайнозойских отложений указанный прогиб в приразломной части характеризуется глубиной свыше 5,5 км. Суммарная толщина его продуцирующих комплексов составляет 2-2,5 км. Таким образом, по структурно-тектоническим параметрам рассматриваемый прогиб может быть идентифицирован с главной зоной нефтегазообразования.

Результаты и обсуждение. В аспекте доступности освоения прогнозные ресурсы УВ Аральской НГО целесообразно разделить на акваториальные и наземные (Приаралье), определив тем самым на основе критерия геолого-экономической эффективности поисковые объекты первой (нефтегазоперспективные структуры Приаралья) и второй (структуры акватории) очереди. Выполненные оценки прогнозных ресурсов УВ и геолого-перспективное районирование Аральской НГО (1989 г.) показывают, что основная масса прогнозных запасов последней сосредоточена в юрско-неокомском комплексе Северо-Западного Приаралья. Только эта часть региона обладает прогнозными запасами УВ, адекватными ресурсам Южно-Торгайского НГБ.

На основе приведенных перспективных оценок конкретных поисковых объектов Аральского осадочного бассейна в качестве первоочередных объектов для постановки нефтегазопроисловых работ могут быть предложены Каратюпская и Куландинская структуры.

В последние годы на контрактных территориях нефтяных компаний Оралмунайгаз и НурсатБауыр по данным сейсморазведочных работ в выявлены крупные карбонатные органогенные постройки, датируемые верхним девоном – нижним карбоном. Это было подтверждено последующим бурением глубоких параметрических скажин. К примеру скважина Орал 1 на глубине около 4 км вскрыла карбонатные породы слагающие крупную структуру (в соответствии с рисунками 61-64). В ближайшее время компания планирует пробурить еще несколько скважин поискового назначения.

Аналогичные перспективные структуры в карбонатных породах верхнего палеозоя выявлены на контрактной территории нефтяной компании НурсатБауыр (в соответствии с рисунками 65-67). В настоящее время структуры изучаются, как геофизическими методами, так и разбуриваются.

Анализ полученных к настоящему времени геолого-геофизических данных по Центрально-Аральскому району показывает, что пермо-триасовые отложения здесь сильно уплотнены и практически не содержат поровых коллекторов, в связи с чем представляются малоперспективными. Верхнемеловые отложения промыты слабоминерализованными водами и также интереса для постановки нефтеразведочных работ не представляют. Неокомская же толща, имея преимущественно глинистый состав и большую толщину (до 450 м), служит региональным флюидоупором, надежно экранируя юрские песчаные горизонты. Вторым региональным флюидоупором в этом районе является глинистая толща оксфорд-киммериджа. Именно под ней залегают мощные песчаные пласты средней юры, представляющие собой прекрасные коллекторы. Толщины отдельных песчаных пластов достигают 20 м при открытой пористости песчаников 20 - 26%. Следует подчеркнуть, что к вышеуказанному

Таким образом, наиболее перспективными на нефть и газ в Центрально-Аральском районе представляются среднеюрские и, возможно, неокомские отложения Арало-Кызылкумского вала. Сопряженные с валом прогибы рассматриваются как вероятные зоны нефтегазообразования, а цепочки локальных брахиантклиналей, осложняющих сводовую часть вала, - как вероятные зоны нефтегазонакопления.

В Восточно-Аральской потенциальной НГБ пока пробурена одна скважина на площади Жылтырбас. Ею пройден мезозойский осадочный разрез и на глубине 1915 м под юрскими (предположительно среднеюрскими) отложениями вскрыты вулканогенные образования. Если принять во внимание мнение В.Е.Хаина, то под вулканогенной толщей должны залегать осадочные отложения миогеосинклинальной стадии развития прогиба. Мощность ПСЭ здесь равна 1,6-2,0 км. При оценке перспектив нефтегазоносности Восточно-Аральского потенциального НГБ в юрских и доюрских отложениях в качестве аналога принята территория Северо-Устьюртского нефтегазоносного бассейна.

Закключение. Заклучая наши практические работы приводим следующие данные. Были изучены петрофизические свойства пород. Проведена качественная оценка резервуаров домезозойских и мезозойских образований. Изучены все выявленные структурные, стратиграфические и др. ловушки, детализирована схема зональности пространственного размещения. Составлена объемная 3D модель Восточно-Аральского осадочного бассейна, которая послужила основой для определения перспектив нефтегазоносности района.

Рассчитаны прогнозные ресурсы углеводородного сырья, которые составили 792 млн т.

В отчете рассмотрены информативные и качественные признаки (критерии) нефтегазоносности.

В качестве информативных признаков нефтегазоносности Восточно-Аральского осадочного бассейна выступают следующие аспекты:

1. Положение осадочного бассейна в общем геодинамическом цикле эволюции литосферы;
2. Положение осадочного бассейна в полном эволюционном ряду рифтогенеза;
3. Положение рифтогенных структур и рифтовых зон, установленных в осадочных бассейнах, в генеральной схеме таксономической классификации рифтов;
4. Масштабность и полнота протекания циклов и отдельных стадий рифтогенеза;
5. Длительность проявления рифтогенных процессов.

Качественные признаки (критерии) нефтегазоносности как в целом всех рифтогенных структур, так и частности Восточно-Аральского осадочного бассейна определяются:

1. Литологическими особенностями и мощностью накопленных осадков;
2. Насыщенностью осадков органическим веществом;
3. Интенсивностью погружения (осадочных толщ);
4. Напряженностью термобарических процессов генерации УВ;
5. Интенсивностью процессов миграции УВ из нефтегазоматеринских толщ;
6. Наличием разнообразных ловушек для аккумуляции УВ и т. д.

Совместное рассмотрение и совокупное применение всех этих научных положений к территории мезозойско-кайнозойских рифтогенных бассейнов Казахстана является основой изучения их нефтегазо- и угленосности.

Определены перспективы района на выявления новых залежей углеводородов. Создана информационная база геолого-геофизических, минерагенических и геоэкологических данных.

В качестве первоочередных объектов для постановки детальных поисково-разведочных работ рекомендуются перспективные структуры: Кучокинская, Изенды, Каратерен, С-3 Конакбай, БатысАлтынбулак, Алтынбулак, Казшык, Косказах, Досан, Кызыктобе, Кындыбай, Озекбай, Байту, Торгай, а также на вновь выявленных участках на контрактных территориях нефтяных компаний Оралмунайгаз и НурсатБауыр.

Полученные результаты необходимо учитывать при определении направлений поисково-разведочных работ и прогнозировании запасов и состава УВ скоплений.

Результаты наших исследований убедительно свидетельствует о высоких перспективах нефтегазоносности как мезозойских, так и, в первую очередь, верхнепалеозойских образований Восточно-Торгайского осадочного бассейна.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Allen M.B., Alsop G.I., Zhemchuzhnikov V.G., Dome and basin refolding and transpressive inversion along Karatau Fault System, Southern Kazakhstan. // *Journal of the Geological Society - London*, 2001. Vol. 158, - P. 83-85.
- [2] Volozh Yu.A., Talbot C., Ismail-Zade A., Salt structure and oil in Pricaspian basin. // *Pricaspian manuscript*. - Moscow, 1999. - 31 p.
- [3] Rikhter Ya.A., The Peri-Caspian depression is it relict of Paleozoic ocean? A geodynamic model of formation of the Peri-Caspian depression. // *Nedra Povolzh'ya i Pricaspia*. -1997. -Vol. 12, - P. 3-9.
- [4] Sobornov K.O. Structural relationship of the Northern Urals and adjacent basins: in: *Pangea: Global environments and resources* // *Canadian Society Petroleum Geologists*.- 1995. Memoir 17. - P. 145-154.
- [5] Замаренов А.К. Стратиграфия и региональная корреляция подсолевых нефтегазоносных комплексов Прикаспийской впадины - М.: Недра, 1989. -168с.
- [6] Пучков В.Н., Перес-Эстуан А., Браун Д., Альварес-Морон Х. Краевой складчатонадвиговый пояс орогена: структура и происхождение. - М.: Наука, 2001.- 99 с.
- [7] Абдуллаев Р.Н. Условия формирования основания Южно-Тянь-шаньской герцинской геосинклинали. // *Узбекский геологический журнал*. -1978. № 6. -С. 8-12.
- [8] Cook H.E., Zhemchuzhnikov V.G., Buvtyshkin and others, Devonian and Carboniferous passive-margin carbonate platform of Southern Kazakhstan: summary of deposition and stratigraphic models to assist in the exploration and production of coeval giant carbonate platform oil and gas fields in the Northern Caspian Basin, Western Kazakhstan.// *Pangea: Global environments and resources*. Canadian Society Petroleum Geologists. 1995. Memoir 17. - P. 363-381.
- [9] Галицкий В.В. Тектоника хребта Каратау (Южный Казахстан) // *Труды ИГН АН КазССР*. - Алма-Ата: Наука, 1967. -Т. 19.- 47 с.
- [10] Буртман В.С. Таласо-Ферганский сдвиг (Тянь-Шань) // *Труды ГИН АН СССР*, - М.: Наука, 1964. -вып. 104.- 144 с.
- [11] Митчем Р.М., Вэйл П.Р., Сангри Дж. Б. Стратиграфическая интерпретация МОВ в осадочной толще // *Мемуары AAPG*, 1977. -26.-С. 117-134.
- [12] Рамсайер Г.Р. Сейсмостратиграфия – основной метод // *Сборник материалов ежегодной конференции по технологии морских работ*. Техас. № 11. -С. 1859-1862.
- [13] Пак Р.В. Южное Приаралье – перспективный нефтегазоносный район // *геология нефти и газа*. -1988. №2. -С.17-21.
- [14] Пилипенко А.И. Верхнепалеозойские отложения юго-запада Аральского моря по данным сейсморазведки // *Геология нефти и газа*. -1990. № 4. -С.23-25.
- [15] Пилипенко А.И., Панаев В.А., Глебов А.Ю. Лазоревское поднятие в Аральском море // *Нефтегазовая геология и геофизика*. -1978. №1. -С.15-17.
- [16] Попков В.И. Основные геологические события конца герцинского и раннекиммерийского циклов тектогенеза на территории Арало-Каспийского региона // *Циклы. Материалы второй Международной конференции*. -Ставрополь: СевКавГТУ, 2000.
- [17] Абдулин А.А., Цирельсон Б.С. Геология и перспективы нефтегазоносности Аральского региона // *Нефть и газ*. -1999. №3 (7). -С. 25-35.
- [18] Рабкин Ф.С., Альпаев А.А., Созинов В.А. Перспективы и эффективные направления геолого-разведочных работ на нефть и газ в Аральской нефтегазоносной области // *Изв. АН Каз.ССР. Сер.геол.* -1991. №2. -С. 39-48.
- [19] Гарецкий Р.Г., Шлезингер А.Е. Перспективы газонефтеносности Северо-Восточного Устьурта и Северо-Западного Приаралья.- М.: Наука, 1984. -С. 87-102.
- [20] Бабаджанов Т.Л., Ким Г.Б., Рубо В.В. Перспективы нефтегазоносности Аральского бассейна // *Геология регионов Каспийского и Аральского морей*. -Алматы, 2004. -С. 282-289.
- [21] Абидов А.А., и др. Нефтегазоносность Устьуртского региона в свете его геолого-геофизических особенностей // *Геология регионов Каспийского и Аральского морей*. -Алматы, 2004. - С. 289-296.
- [22] Акрамходжаев А.М., Юлдашев Ж.Ю., Валиев А.А., Авазходжаев Х.Х. О состоянии и задачах опорно-параметрического бурения на плато Устьурт // *Узб. геол. журнал*. -1975. №3. –С.15-24.
- [23] Авазходжаев Х.Х., Лабутина Л.И. О циклах формирования нефтегазоматеринских пород палеозойских отложений Устьурта // *Сб. тр. ИГИРНИГМ*. -Ташкент, 1978. Вып. 32. - С. 84-89.

- [24] Кишин А.В. Моделирование процессов преобразования органического вещества в литогенезе и генетические предпосылки нефтегазоносности недр. –Ташкент: ФАН, 1984. -194 с.
- [25] Ибрагимов А.Г., Сыдилов М.М., Юлдашев Ж.Ю. Бассейн Аральского моря – объект для поисков нефти и газа // Геология нефти и газа. -1986. №8. -С. 54-56.
- [26] Хаин В.Е. Региональная тектоника. Внеальпийская тектоника и Западная Азия. -М.: Недра, 1977. -359 с.
- [27] Давидович Г.Т., Кирюхин Л.Г., Милецкий Б.Е., Онищенко Л.М. Нефтеносность мезозойских и кайнозойских отложений южной части Куландинской мегантаклинали Северного Приаралья // Геология нефти и газа. -1969. -С. 29-31.
- [28] Глубинное строение и минеральные ресурсы Казахстана. Нефть и газ. –Алматы: 2002 г. -Т. III. -248 с.

REFERENCES

- [1] Allen M.B., Alsop G.I., Zhemchuzhnikov V.G., Dome and basin refolding and transpressive inversion along Karatau Fault System, Southern Kazaksta. //Lournal of the Geological Society - London, 2001. Vol. 158, - P. 83-85.
- [2] Volozh Yu.A., Talbot C., Ismail-Zade A., Salt structure and oil in Pricaspian basin. //Pricaspian manuscript. - Moscow, 1999. - 31 p.
- [3] Rikhter Ya.A., The Peri-Caspian depression is it relict of Paleozoic ocean? A geodynamic model of formation of the Peri-Caspian depression.// Nedra Povolzhia i Pricaspia. -1997. -Vol. 12, - P. 3-9.
- [4] Sobornov K.O. Structural relationship of the Northern Urals and adjacent basins: in: Pangea: Global environments and resources // Canadian Society Petroleum Geologists.- 1995. Memoir 17. - P. 145-154.
- [5] Zamarenov A.K. Stratigrafiya i regional'naya korrelyatsiya podsolevykh neftegazonosnykh kompleksov Prikaspiiskoi vpadiny - M.: Nedra, 1989. -168s.
- [6] Puchkov V.N., Peres-Estuan A., Braun D., Al'vares-Moron X. Kraevoi skladchato-nadvigovyi poyas orogena: struktura i proiskhozhdenie. - M.: Nauka, 2001.- 99 s.
- [7] Abdullaev R.N. Usloviya formirovaniya osnovaniya Yuzhno-Tyan'-shan'skoi gertsinskoi geosinklinali. // Uzbekskii geologicheskii zhurnal. -1978. № 6. -S. 8-12.
- [8] Cook H.E., Zhemchuzhnikov V.G., Buvtyshkin and others, Devonian and Carboniferous passive-margin carbonate platform of Southern Kazakhstan: summary of deposition and stratigraphic models to assist in the exploration and production of coeval giant carbonate platform oil and gas fields in the Northern Caspian Basin, Western Kazakhstan.// Pangea: Global environments and resources. Canadian Society Petroleum Geologists. 1995. Memoir 17. - P. 363-381.
- [9] Galitskii V.V. Tektonika khrebta Karatau (Yuzhnyi Kazakhstan) // Trudy IGN AN KazSSR. - Alma-Ata: Nauka, 1967. -T. 19.- 47 s.
- [10] Burtman V.S. Talaso-Ferganskii sdvig (Tyan'-Shan') // Trudy GIN AN SSSR, - M.: Nauka, 1964. -vyp. 104.- 144 s.
- [11] Mitchem R.M., Veil P.R., Sangri Dzh. B. Stratigraficheskaya interpretatsiya MOV v osadochnoi tolshche // Memuary AAPG, 1977. -26.-S. 117-134.
- [12] Ramsaier G.R. Seismostratigrafiya – osnovnoi metod // Sbornik materialov ezhegodnoi konferentsii po tekhnologii morskikh rabot. Tekhas. № 11. -S. 1859-1862.
- [13] Pak R.V. Yuzhnoe Priaral'e – perspektivnyi neftegazonosnyi raion // geologiya nefti i gaza. - 1988. №2. -S.17-21.
- [14] Pilipenko A.I. Verkhnepaleozoiskie otlozheniya yugo-zapada Aral'skogo morya po dannym seismorazvedki // Geologiya nefti i gaza. -1990. № 4. -S.23-25.
- [15] Pilipenko A.I., Panaev V.A., Glebov A.Yu. Lazorevskoe podnyatie v Aral'skom more // Neftegazovaya geologiya i geofizika. -1978. №1. -S.15-17.
- [16] Popkov V.I. Osnovnye geologicheskie sobytiya kontsa gertsinskogo i rannekimmeriiskogo tsiklov tektogeneza na territorii Aralo-Kaspiiskogo regiona // Tsikly. Materialy vtoroi Mezhdunarodnoi konferentsii. -Stavropol': SevKavGTU, 2000.
- [17] Abdulin A.A., Tsirel'son B.S. Geologiya i perspektivy neftegazonosnosti Aral'skogo regiona // Neft' i gaz. -1999. №3 (7). -S. 25-35.
- [18] Rabkin F.S., Al'paev A.A., Sozinov V.A. Perspektivy i effektivnye napravleniya geologo-razvedochnykh rabot na neft' i gaz v Aral'skoi neftegazonosnoi oblasti // Izv. AN Kaz.SSR. Ser.geol. -1991. №2. -S. 39-48.

- [19] Garetskii R.G., Shlezinger A.E. Perspektivy gazoneftenosnosti Severo-Vostochnogo Ustyurta i Severo-Zapadnogo Priaral'ya. - M.: Nauka, 1984. -S. 87-102.
- [20] Babadzhanyan T.L., Kim G.B., Rubo V.V. Perspektivy neftegazonosnosti Aral'skogo basseina // Geologiya regionov Kaspiiskogo i Aral'skogo morei. -Almaty, 2004. -S. 282-289.
- [21] Abidov A.A., i dr. Neftegazonosnost' Ustyurtskogo regiona v svete ego geologo-geofizicheskikh osobennostei // Geologiya regionov Kaspiiskogo i Aral'skogo morei. -Almaty, 2004. -S. 289-296.
- [22] Akramkhodzhaev A.M., Yuldashev Zh.Yu., Valiev A.A., Avazkhodzhaev Kh.Kh. O sostoyanii i zadachakh oporno-parametricheskogo bureniya na plato Ustyurt // Uzb. geol. zhurnal. -1975. №3. -S.15-24.
- [23] Avazkhodzhaev Kh.Kh., Labutina L.I. O tsiklakh formirovaniya neftegazomaterinskikh porod paleozoiskikh otlozhenii Ustyurta // Sb. tr. IGIRNIGM. -Tashkent, 1978. Vyp. 32. - S. 84-89.
- [24] Kirshin A.V. Modelirovanie protsessov preobrazovaniya organicheskogo veshchestva v litogeneze i geneticheskie predposylki neftegazonosnosti neдр. -Tashkent: FAN, 1984. -194 s.
- [25] Ibragimov A.G., Sydikov M.M., Yuldashev Zh.Yu. Bassein Aral'skogo morya – ob"ekt dlya poiskov nefti i gaza // Geologiya nefti i gaza. -1986. №8. -S. 54-56.
- [26] Khain V.E. Regional'naya tektonika. Vneal'piiskaya tektonika i Zapadnaya Aziya. -M.: Nedra, 1977. -359 s.
- [27] Davidovich G.T., Kiryukhin L.G., Miletskii B.E., Onishchenko L.M. Neftenosnost' mezozoiskikh i kainozoiskikh otlozhenii yuzhnoi chasti Kulandinskoi megantaklinali Severnogo Priaral'ya // Geologiya nefti i gaza. -1969. -S. 29-31.
- [28] Glubinnoe stroenie i mineral'nye resursy Kazakhstana. Neft' i gaz. -Almaty: 2002 g. -T. III. -248 s.

S.K. Kurbaniyazov*

Akhmet Yassawi International Kazakh-Turkish University, Turkestan, Kazakhstan

*e-mail: saken_geo@mail.ru

STUDY OF OIL AND GAS PROSPECTIVE STRUCTURES OF THE ARAL SEA REGION WITH THE FORECAST OF THEIR RESERVES

Abstract. At the beginning of the Barremian time, the sea receded and until the beginning of the late Alb, the territory was a low-lying accumulative plain, within which the accumulation of alluvial and lacustrine-alluvial deposits occurred: red-brown clays, siltstones with layers of brown sandstones and sands and lenses of dark gray lignite. Gravelites and conglomerates are noted at the base of the strata. In the Rannemalba, there was a short-term transgression of the sea, but the territory of the modern Eastern Aral Sea region was not flooded and was a coastal-sea plain, where clays, siltstones and sandstones accumulated. By the end of the Late Alb, the sea regressed and the area again became a low-lying alluvial-lacustrine plain. There was an accumulation of variegated clays, greenish-gray siltstones, sands and sandstones, as well as coals throughout the territory. During the research work, the most promising types of hydrocarbon traps were justified by stratigraphic levels and the zoning of their distribution was revealed. The assessment of the prospects of the area for the identification of oil and gas deposits is given. Informative and qualitative signs (criteria) of oil and gas potential are identified. The areas and specific structures for setting up detailed search operations to identify oil and gas deposits are justified. The estimation of potential resources of hydrocarbon raw materials is calculated.

Keywords: oil, gas, Priaralie, raw materials, seismic exploration, geochemistry, rocks.

С.К. Курбаниязов*

Қожа Ахмет Ясауи атындағы Халықаралық қазақ-түрік университеті, Түркістан, Қазақстан.

*e-mail: saken_geo@mail.ru

АРАЛ Өңірінің мұнай-газ перспективалық құрылымдарын олардың қорларын болжай отырып зерделеу

Аңдатпа. Баррем уақытының басында теңіз шегініп, кейін альб басталғанға дейін аумақ аллювиалды және көл-аллювиалды шөгінділердің жиналуы орын алған төменгі жинақталған жазық болды: қызыл-қоңыр саздар, қоңыр құмтастар мен құмдардың қабаттары мен кара сұр лигниттің линзалары бар алевролиттер. Негізінде қабатының қалыңдығы байқалады гравелиты және

конгломераты.Ертедегі Теміртауда теңіздің қысқа мерзімді трансгрессиясы болды, бірақ қазіргі Шығыс Арал аймағының аумағы су баспады және саз, алевролиттер мен құмтас жиналған жағалау-теңіз жазығы болды. Соңында кеш альба теңізде регрессия құблысы болды және аумағы жаңадан айналды білдіретін ойыста аллювиальды көл жазықтығы пайда болды. Бүкіл аумақта түрлі-түсті саздар, жасыл-сұр алевролиттер, құмдар мен құмтастар, сондай-ақ көмір жинақталған. Зерттеу жұмыстарын жүргізу кезінде стратиграфиялық деңгейлер бойынша көмірсутек шикізаты тұзактарының неғұрлым перспективалы түрлері негізделді және олардың таралу аймағы анықталды. Мұнай және газ шоғырларын анықтауға ауданның перспективаларына баға берілді. Мұнайгаздылықтың ақпараттық және сапалық белгілері (өлшемшарттары) айқындалды. Мұнай мен газ кен орындарын анықтау үшін егжей-тегжейлі іздестіру жұмыстарын жүргізу үшін аудандар мен нақты құрылымдар негізделген. Көмірсутек шикізатының мол ресурстарын бағалау есептелген.

Негізгі сөздер: мұнай, газ, Арал маңы, шикізат, сейсмикалық барлау жұмыстары, геохимия, жыныстар.

¹N.O. Sarybayev*, ²S.M. Chukharev, ¹K.B. Rysbekov, ¹Ye.I. Kuldeyev,

¹Khadija Tawakkuly, ¹Muzhgan Hossaini, ¹Asifa Afzali

¹Satbayev University, Almaty, Kazakhstan

²National university of Water and Environmental engineering, Ukraine

*email: n.sarybayev@satbayev.university

MODERN STATE OF IRON ORE MINING

Abstract. This article discusses the current state of iron and steel industry from the global perspective. The modern problems of iron ore mining are shown. The positive and negative impact of different factors on the iron ore and steel market is viewed. The tendencies in iron ore mining of the world's leading producer countries are shown. The current state of domestic iron ore mining is analyzed. The ecological concerns arising from the usage of large amount of fossil fuels resulting in significant emissions of carbon dioxide in the steel industry are discussed. The solutions some countries are using to handle ecological problems of iron ore mining and transition to greener technologies in steel industry are viewed.

Keywords: mining, iron ore, steel industry, green technologies, ecological problem

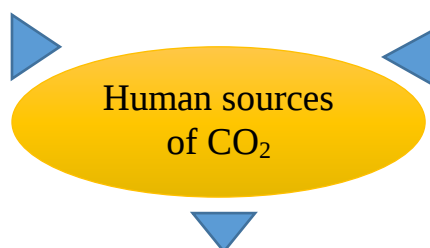
Introduction. The iron ore mining industry is a typical key resource industry providing basic raw materials for the steel industry. It has long suffered from the pressure of market fluctuations and high production and distribution costs, mainly due to the lack of coordination and flexibility in decision making. To face the challenge, it is essential to make economic coordinated production and distribution planning decisions in the environment of supply chain [1].



Industrial processes 10-12%



Land use change 9-11%



Fossil fuels 76-80%

Figure 1. Human sources of carbon dioxide

There is also a concern about the negative environmental impact of the steel industry. It remains one of the main carbon dioxide sources and accounts for approximately 7% of global emissions of CO₂ [2], because the whole industry highly relies on fossil fuels [3]. Thus, the development and transition to green technologies is a crucial task for the whole iron and steel industry. Human sources of global carbon dioxide emissions are shown in Figure 1.

China remains the number one steel producer in the world. The country produced approximately 1050 million tons of steel in 2020. India and Japan are the next leaders with approximately 100 and 80 million tons production each in 2020 [4]. Other steel producing leader countries are shown in Table 1.

Table 1. **World leaders in steel production in 2020**

Country	Production (million tons)
China	1050
India	100
Japan	83
Russia	73
United states	72
South Korea	67
Turkey	36

Methods. Steel production can occur at integrated facilities from iron ore, or at secondary facilities, which produce steel mainly from recycled steel scrap. Integrated facilities typically include blast furnaces, and basic oxygen steel making furnaces (BOFs), or in some cases open hearth furnaces (OHFs). Raw steel is produced using a basic oxygen furnace from pig iron produced by the blast furnace and then processed into finished steel products. Pig iron may also be processed directly into iron products. Secondary steel making most often occurs in electric arc furnaces (EAFs). In 2003, BOFs accounted for approximately 63 % of world steel production and EAFs approximately accounted for 33 %; OHF production accounted for the remaining 4 % but is today declining [5].

Iron production can occur onsite at integrated facilities or at separate offsite facilities as discussed above under ‘Primary and secondary steel making’. In addition to iron production using a blast furnace, iron can be produced through a direct reduction process. Direct reduction involves the reduction of iron ore to metallic iron in the solid state at process temperatures less than 1000 °C [5].

The iron and steel industry broadly consists of:

- primary facilities that produce both iron and steel;
- secondary steel making facilities;
- iron production facilities;
- offsite production of metallurgical coke [5].

Results. Kazakhstan produced 15,1 million tons of iron ore in a period of January to April of 2020, in 2019 the production rate was 12,8 million tons for the same period of time. It accounts for 18% increase. Steel production in the same period of 2019 was 1515,2 thousand tons, and in 2020 it was 1206,6 thousand tons; thus, the production rate suffered decrease of 20% [6].

The continuous increase in steel production and consumption will bring about an increase in the industry’s energy use [7]. In 2017, the total energy demand of iron and steel sector grew to 33.44 EJ, which accounted for 21.4% of final energy consumption of the world industry [8]. The proportions by using fuels in world iron and steel sectors are presented in Fig. 4. It is indicated that coal serves as the primary fuel to generate coke and power, which accounts for the largest part (around 75%) [8,9], 9% of the final energy is consumed by natural gas which can effectively power

the process especially in the direct reduced iron (DRI) production, the rest of energy consumption comes from secondary energy i.e. electricity (12%), heat (3%), and other fuel gas and oil products.

In 2007, UK industry produced 15 Mt of steel and UK consumers purchased 20 Mt of steel goods, 13 Mt of which were imported. These intense trade flows reflect business options across different stages of the supply chain. In the UK, the automotive industry exemplifies the discrepancy between trade and domestic end-use consumption: around 80% of the vehicles assembled in the UK are exported, most of them manufactured with imported steel [10]. Such trade flows justify the need to look at both UK and the rest of the world steel activity, since the performance of both influences the overall impact of demand for steel goods [11].

The Swedish steel industry has long been among the most carbon emission efficient in the world [12] and thus the higher than average share of national CO₂ emissions represents a comparatively large industry. CO₂ emissions per ton of steel have dropped by approximately 10% in Sweden and globally since 2000 [13], but there is a fundamental limitation to further reductions from the blast furnace process arising from the fact that coke (made from imported fossil coal) does not only fuel the process but also acts as the reduction agent for reducing iron ore to iron and hereby causes so called “process emissions” [14]. Studies on the steel sector in Sweden have identified and highlighted direct reduction with hydrogen as one possible promising transition pathway to reduce the carbon intensity of the industry [15,16].

In its energy concept 2010/2011, German government set out the goal of reducing greenhouse gas emissions in Germany by 80–95% by 2050 against 1990 levels, with a simultaneous reduction of electrical power demand by 25% and primary energy demand by 50% by 2050 against 2008 levels [17]. The primary means foreseen for achieving this is the expansion of renewable energies, which are intended to provide 60% of final energy consumption and 80% of power production by 2050 [18]. Therefore, the German landscape has seen a continuous expansion of wind turbines during 2003 to 2015 from 14 to 45 GW and photovoltaic installations in the same time from 0.5 to 39 GW for power production [19].

China produced 49.2% of the world's total steel production in 2017. From 1990 to 2017, the world's total steel production increased by 850 Mt, of which 87% came from China. After 30 years of rapid expansion, China's steel industry is not expected to increase its production in the medium and long term. In fact, the industry is currently in the stage of industrial restructuring, and great changes will arise in production structure and technical level to solve pressing issues, such as overcapacity, high energy intensity (EI), and carbon emission. These changes will directly affect the global energy consumption and carbon emissions [20].

Hydrogen direct reduction of iron ore (HDRI) coupled with electric arc furnace (EAF) could reduce specific emissions from steel production in the EU by more than 35%, at present grid emission levels (295 kg CO₂/MWh). The energy consumption for 1 ton of liquid steel (tls) production through the HDRI-EAF route was found to be 3.72 MWh, which is slightly more than the 3.48 MWh required for steel production through the blast furnace (BF) basic oxygen furnace route (BOF) [21].

Discussion and conclusion. Modern humanity heavily relies on the iron and steel industry. However, the technological processes associated with them create challenges. The biggest one is the environmental impact. The energy consumption and the emissions of greenhouse gases of the steel industry are very high. The leading steel producing countries are still using coal as a primary source of energy. Also, the pandemic could reduce the demand for steel and iron. The transition to a cleaner technologies, like direct reduction with hydrogen could be an environmentally friendly option of steel production. The well-coordinated solutions of the main players in the global steel market could improve the situation with the demand.

REFERENCES

- [1] Liu W., Sun D., Xu T. Integrated Production and Distribution Planning for the Iron Ore Concentrate. *Mathematical Problems in Engineering*, vol. 2019, Article ID 7948349, 10 pages, 2019. <https://doi.org/10.1155/2019/7948349>
- [2] Philibert C. 2017. *Renewable Energy for Industry. From Green Energy to Green Materials and Fuels*. International Energy Agency, p. 72.
- [3] Wang H., Wang G., Qi J., Schandl H., Li Y., Feng C., et al. Scarcity-weighted fossil fuel footprint of China at the provincial level. *Appl Energy* 2020; 258:114081.
- [4] Global crude steel output decreases by 0.9% in 2020. worldsteel. (n.d.). <https://www.worldsteel.org/media-centre/press-releases/2021/Global-crude-steel-output-decreases-by-0.9--in-2020.html>.
- [5] European Environment Agency. EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2019. Technical guidance to prepare national emission inventories. Iron and steel production 2019, p. 3. ISBN 978-92-9480-098-5. ISSN 1977-8449. doi:10.2800/293657
- [6] Digest on the mining and metallurgical complex for January-April 2020. JSC “Kazakhstani center of industry and export “QAZINDUSTRY””, 2020.
- [7] Hasanbeigi, A., 2013. *Emerging Energy-Efficiency and Carbon Dioxide Emissions-Reduction Technologies for the Iron and Steel Industry*.
- [8] IEA, 2017. *Energy Technology Perspectives 2017*. IEA, Paris. <https://www.iea.org/reports/energy-technology-perspectives-2017>.
- [9] He, K., Wang, L., 2017. A review of energy use and energy-efficient technologies for the iron and steel industry. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 70, 1022e1039.
- [10] SMMT, 2014. *Motor Industry Facts, 2014*. The Society of Motor Manufacturers and Traders, London, UK.
- [11] André C. S., Zenaida S.M., Jonathan N., Jonathan M. Cullen, Julian M. Allwood. The influence of UK emissions reduction targets on the emissions of the global steel industry. *Resources, Conservation and Recycling*, Volume 107, 2016, pp. 174-184, ISSN 0921-3449, <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2016.01.001>.
- [12] Sandberg, H., et al., 2001. CO2 emissions of the Swedish steel industry. *Scand. J. Metall.* 30 (6), 420e425. <https://doi.org/10.1034/j.1600-0692.2001.300611.x>.
- [13] IEA, 2015. *Energy Technology Perspectives*. IEA, p. 412. https://doi.org/10.1787/energy_tech-2015-en.
- [14] Duncan K., Teis H., Valentin V., Max Å.. Adopting hydrogen direct reduction for the Swedish steel industry: A technological innovation system (TIS) study, *Journal of Cleaner Production*, Volume 242, 2020, 118185, ISSN 0959-6526, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118185>.
- [15] Åhman, M., Nikoleris, A., Nilsson, L.J., 2012. *Decarbonising Industry in Sweden - an Assessment of Possibilities and Policy Needs*.
- [16] Karakaya, E., Nuur, C., Assbring, L., 2018. ‘Potential transitions in the iron and steel industry in Sweden: towards a hydrogen-based future?’. *J. Clean. Prod.* 195, 651e663. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.05.142>. Elsevier Ltd.
- [17] Otto A., Robinius, M., Grube T., Schiebahn, S., Praktiknjo, A., Stolten D. Power-to-Steel: Reducing CO₂ through the Integration of Renewable Energy and Hydrogen into the German Steel Industry. *Energies* 2017, 10, 451. <https://doi.org/10.3390/en10040451>
- [18] Das Energiekonzept der Bundesregierung 2010 und die Energiewende 2011; Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit: Berlin, Germany, 2011. (In German).
- [19] BMWi. Fünfter Monitoring-Bericht zur Energiewende—Die Energie der Zukunft—Berichtsjahr 2015.
- [20] He K., Wang L., Li X. Review of the Energy Consumption and Production Structure of China’s Steel Industry: Current Situation and Future Development. *Metals* 2020, 10, 302. <https://doi.org/10.3390/met10030302>
- [21] Bhaskar A., Assadi M., Nikpey Somehsaraei H. Decarbonization of the Iron and Steel Industry with Direct Reduction of Iron Ore with Green Hydrogen. *Energies* 2020, 13, 758. <https://doi.org/10.3390/en13030758>

¹Н.О. Сарыбаев*, ²С.М. Чухарев, ¹Қ.Б. Рысбеков, ¹Е.И. Кульдеев,

¹Хадижа Таваккулу, ¹Мужган Хоссаини, ¹Асифа Афзали

¹Satbayev University, Алматы, Қазақстан

²Национальный университет водного и экологического строительства, Украина

*e-mail: n.sarybayev@satbayev.university

ТЕМІР ӨНДІРУДІҢ ҚАЗІРГІ КҮЙІ

Андатпа. Бұл мақалада темір және болат өнеркәсібінің қазіргі жағдайы ғаламдық тұрғыдан қарастырылады. Темір кенін өндірудің заманауи мәселелері көрсетілген. Темір кені мен болат нарығына әртүрлі факторлардың оң және теріс әсері қарастырылады. Әлемнің жетекші өндіруші елдерінде темір кенін өндіру үрдістері көрсетілген. Отандық темір кенін өндірудің қазіргі жағдайы талданды. Қазба отынның көп мөлшерін пайдалану нәтижесінде пайда болатын экологиялық проблемалар талқыланады, бұл болат өнеркәсібінде көмірқышқыл газының айтарлықтай шығарылуына әкеледі. Кейбір елдерде темір кенін өндірудің экологиялық мәселелерін шешу және болат өнеркәсібінде жасыл технологияларға көшу үшін қолданатын шешімдер қарастырылуда.

Негізгі сөздер: тау-кен ісі, темір кені, болат өндірісі, жасыл технологиялар, экологиялық проблема

¹Н.О. Сарыбаев*, ²С.М. Чухарев, ¹Қ.Б. Рысбеков, ¹Е.И. Кульдеев,

¹Хадижа Таваккулу, ¹Мужган Хоссаини, ¹Асифа Афзали

¹Satbayev University, Алматы, Қазақстан

²Ұлттық Су және экологиялық құрылыс университеті, Украина

*e-mail: n.sarybayev@satbayev.university

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ДОБЫЧИ ЖЕЛЕЗА

Аннотация. В данной статье рассматривается современное состояние железной и сталелитейной промышленности с глобальной точки зрения. Показаны современные проблемы добычи железной руды. Рассмотрено положительное и отрицательное влияние различных факторов на рынок железной руды и стали. Показаны тенденции в добыче железной руды в ведущих странах-производителях мира. Проанализировано современное состояние отечественной добычи железной руды. Обсуждаются экологические проблемы, возникающие в результате использования большого количества ископаемого топлива, что приводит к значительным выбросам углекислого газа в сталелитейной промышленности. Рассматриваются решения, которые некоторые страны используют для решения экологических проблем добычи железной руды и перехода к зеленым технологиям в сталелитейной промышленности.

Ключевые слова: горное дело, железная руда, сталелитейная промышленность, зеленые технологии, экологическая проблема

M. Meraliyev, K. Orynbekova, A. Talasbek*, D. Kariboz, A. Issabek

Suleyman Demirel University, Kazakhstan

*e-mail: assem.talasbek@sdu.edu.kz

OPTIMIZATION OF DATA SEGMENTS AND NUMBER OF CORES FOR DEFINING POPULARITY OF KAZAKH WORDS USING APACHE SPARK

Abstract. Kazakh is an agglutinative language which has complex structure. In this work Apache Spark was used to specify the popularity of Kazakh words in 3 popular kazakh compositions. The main goal was to find the optimal number of data segments for a specific number of cores in order to find the best computational speed. To do so, the data was divided into several segments and ran on a cluster with a different number of cores each time. Results show that the amount of data segments directly affects the computing speed.

Keywords: Apache Spark, RDD, data partitions, NLP, MapReduce paradigm.

Introduction. Kazakh literature, tightly interwoven with traditions, goes back to centuries. Today, our literature preserves national identity and opens up the philosopher Al-Farabi, the thinker Abay, the classic Mukhtar Auezov to the world. Through the work of writers, the world community learns the spiritual world of the nation.

In this project we determined popular words used in the outstanding pieces of art in Kazakh language such as the multivolume novel of M.Auezov “The path of Abay” (“Abay Zholy”), the trilogy of I. Esenberlin “The nomads” (“Koshpediler”) and roman about T. Ryskulov of Sh. Murtaza “ The Red Arrow” (“Kyzyl Zhebe”) translated into many languages of the world.

Kazakh is an agglutinative language that joins morphemes to form long words and belongs to the Ural-Altaic language family. The way of generation of lexical forms in Kazakh language is different from other languages and its structure is complex because of derivational morphology [1, 2]. Also Kazakh language has a vowel harmony rule called synharmonism, which means each syllable should match according to the front or back vowel [3]. All these specifics of agglutinative language complicate the problem of processing it.

Kazakhstan is going to move from Cyrillic to Latin in several years, according to strategic programm “Рухани жаңғыру”[4]. But there are about 20 variants of the new Latin alphabet at the design stage. To choose the most optimal variants of all letters, especially critical letters, authors are going to collect “The path of Abay”, intuitively rewritten Latin text by citizens. To get more exact results authors are planning to interrogate more people. To analyze collected data, they chose the Hadoop Distributed System framework, which’s processing part working on MapReduce paradigm which is used for large-scale data [5].

According to a huge amount of data, scientists have to use appropriate frameworks and tools. One team from Suleyman Demirel University did sentiment analysis of a Kazakh language via Spark [6]. Apache Spark is easy to use and more flexible for complex problem processing [7]. Therefore, in this project Spark is used.

In one of our previous work, we have shown that using Spark makes it almost three times faster for computing face embeddings even with small amounts of cores [8]. Using a similar approach, in this paper our goal is to compare by how much scale Spark affects computing speed.

Implementation. The process of project development can be splitted into 3 parts. Data Collection, Data Processing and Analysis of ready data. Let us describe each step in more details.

To gather the data for the project we have downloaded books of three grandiose authors: Mukhtar Auezov, Ilyas Esenberlin, Sherkhan Murtaza. As a text we took grandiose books Abay Zholy, Koshpendiler and Kyzyl Zhebe. The goal was to collect more information to get a more exact result. All data will be stored in collections data structures, which will then be used to perform analysis.

The second and most important step of this work is to preprocess the data. In this step we took text from books and started from converting all texts to lowercase in order to overcome duplications. After that we have to remove all punctuation signs and to do so, we have used nltk library. Our next step was to extract separate words using `word_tokenizer` function form nltk. The last step in preprocessing step was to remove stop words. Since there are no stop words for Kazakh language built in the nltk library, we used to work with the philology department of our faculty to create a collection of stop words for Kazakh language [9, 10].

As a third step in an experiment we used python built-in functions to calculate how many times each word was repeated in text in order to extract the most popular words from these books.

Another experiment was implemented using Pandas, which is an open source powerful tool for data analysis. So we have created a dataframe which consists of words, after that work on calculation of most popular words were done by data aggregation. We have grouped data according to the same words and calculated number of repetitions of each word [11].

In order to increase computation speed Apache Spark was used. Spark is an open source distributed cluster computing system. It works with Resilient Distributed Dataset (RDD) which makes it fault tolerant. It uses a lazy approach, it starts computing only when there is a request to get some data. Spark, like Hadoop, is based on the MapReduce paradigm, but unlike Hadoop, Spark does all the computations in memory and store results there too, which makes it much faster than storing in hard disk [12, 13].

Spark allows not only to engage all the cores in different Namenodes, but also it is possible to specify how many cores per node you want to engage. By selecting a different number of cores in experiments, there is an opportunity to test by how much every single core affects the computational time.

Also in Spark, the amount of segmentations can be given manually, i.e. it is possible to choose how many segments the data must be divided into. Basically, if there are 3 cores and 12 data segments, each core will work with 4 segments on average, and if there are the same 3 cores but only 2 data segments, 2 cores will receive one data segment each, and one core will do nothing. So, to get the best results, it is better to have n cores and m amount of segments, so that n is divisible by m [14, 15].

In our experiment we divided our data into 12, 36 and 54 segments and ran them in 6, 12 and 18 cores. Table 1 shows increase of speed with different number of data segments and cores relative to the speed run on 6 cores with data divided into 12 segments in percentage.

As shown in Table 1, the change in speed is significant between 6 and 12 cores, but not so high between 12 and 18 cores. Also, the best results were acquired when the number of segments was divisible by the amount of cores, and the more segments we have, the better results we get.

Table 1. Computation speed comparison with different amounts of cores and segments.

Number of cores	Number of data partitions	Increase in speed (in percentage)
6	12	100%
12	12	224%
18	12	255%
6	36	108%
12	36	233%
18	36	262%
6	54	118%
12	54	215%
18	54	289%

Conclusion. A massive increase in information on a daily basis can possibly be seen which means that algorithms that can be performed on a single computer are not a reasonable norm and clustered ones are required. In this research, we're proposing an algorithm to calculate most popular words in a fusional language that operates in a distributed mode using Spark. This work shows that this technology can optimize the process of words calculation, and increase efficiency by decreasing the time. It can be achieved not only by adding more cores, but also by dividing the data into a reasonable number of segments which is directly related to the number of cores. In the future we plan to make an analysis of each word to make this algorithm more accurate to follow the rules of Kazakh grammar using natural language processing techniques.

REFERENCES

- [1] "Modeling characteristics of agglutinative languages with multi-class language model for asr system" I. Dawa, Y.Sagisaka, and S.Nakamura, 2009.
- [2] "Phonological foundations of the transition Kazakh alphabet to Latin graphics" Zeynep Muslimovna Bazarbayeva, Alimkhan Zhunisbek, Myrzabergen Malbakov, A.Baitursynov Institute of Linguistics, Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan, 2014.
- [3] "Stem-based pos tagging for agglutinative languages" N. B'ol'uc'u and B. Can, 2017.
- [4] "Болашаққа бағдар: рухани жаңғыру." N. Nazarbayev. Kazakhstan Institute of Strategic Studies under the President of the Republic of Kazakhstan, Astana, 2017.
- [5] "Modelling of critical letter transmissions in Kazakh alphabet according to big data analysis" A. Issabek, R. Suliyev, G. Kessikbayeva, N. Sultanova, A. Bogdanchikov, K. Orynbekova, VESTNIK KazNRTU, ISSN 1680-9211, Almaty, 2019.
- [6] "Distributed sentiment analysis of an agglutinative language via Spark by applying machine learning methods" Azamat Serek, Ainur Issabek, Andrey Bogdanchikov, ICECCO 2019, Nigeria.
- [7] <https://spark.apache.org/>
- [8] "Computing feature vectors of students for face recognition using Apache Spark", Darmen Kariboz, Andrey Bogdanchikov, Kamila Orynbekova, ICECCO 2019, Nigeria.
- [9] "Open Information Extraction as Additional Source for Kazakh Ontology Generation", N Khairova, S Petrasova, O Mamyrbayev, 12th Asian Conference, ACIIDS 2020 Phuket, Thailand.

[10] “KazNLP: A Pipeline for Automated Processing of Texts Written in Kazakh”, Zhandos Yessenbayev, Zhanibek Kozhimbayev, Aibek Makazhanov, Language22nd International Conference, SPECOM 2020 St. Petersburg, Russia.

[11] “A Parallel Implementation of the Pandas Framework”, Saba Hafeez Khan, University of Houston 2020.

[12] “Performance evaluation of cloud-based log file analysis with Apache Hadoop and Apache Spark”, Ilias Mavridis, Helen Karatza, Journal of Systems and Software 2017.

[13] “Memory or Time: Performance Evaluation for Iterative Operation on Hadoop and Spark”, Lei Gu, Huan Li, 2013 IEEE 10th International Conference on High Performance Computing and Communications & 2013 IEEE International Conference on Embedded and Ubiquitous Computing.

[14] “Large Scale Distributed Data Science using Apache Spark”, James G. Shanahan, Laing Dai, Proceedings of the 21th ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining, 2015.

[15] “Educational data mining with Python and Apache spark: a hands-on tutorial”, Lalitha Agnihotri, Shirin Mojarad, Nicholas Lewkow, Alfred Essa, Proceedings of the Sixth International Conference on Learning Analytics and Knowledge, 2016.

М. Мералиев, К. Орынбекова, А. Таласбек*, Д. Карибоз, А. Исабек

Университет Сулеймана Демиреля, Казахстан

*e-mail: assem.talasbek@sdu.edu.kz

ОПТИМИЗАЦИЯ СЕГМЕНТОВ ДАННЫХ И КОЛИЧЕСТВА ЯДЕР ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОПУЛЯРНОСТИ КАЗАХСКИХ СЛОВ С ПОМОЩЬЮ АРАСНЕ SPARK

Аннотация. Казахский язык является сложным агглютинативным языком. В данной работе мы использовали Apache Spark для оптимизации алгоритма выявления самых часто используемых слов в трех популярных казахских произведений. Основная цель заключалась в том, чтобы найти лучшую скорость вычислений, оптимизируя количество сегментов данных для определенного количества ядер. Данные были поделены на несколько сегментов и вычисления были выполнены на кластере с разным количеством ядер. Результаты показали, что скорость вычисления прямо зависит от количества сегментов данных.

Ключевые слова: Apache Spark, RDD, расчленение данных, NLP, MapReduce парадигма.

М. Мералиев, К. Орынбекова, А. Таласбек*, Д. Карибоз, А. Исабек

Сулейман Демирель Университеті, Қазақстан

*e-mail: assem.talasbek@sdu.edu.kz

ҚАЗАҚ СӨЗДЕРІНІҢ ТАНЫМАЛДЫҒЫН АНЫҚТАУ ҮШІН АРАСНЕ SPARK ПАЙДАЛАНУ АРҚЫЛЫ МӘЛІМЕТ СЕГМЕНТТЕРІН ЖӘНЕ ЯДРОЛАРДЫҢ САНЫН ОПТИМИЗАЦИЯЛАУ

Андатпа. Қазақ тілі құрылымы күрделі агглютинативті тіл. Берілген жұмыста біз Apache Spark-ті қолданыстағы үш танымал әдеби шығармаларында сөздердің жиілігін анықтау үшін қолдандық. Басты мақсат есептеудің ең жақсы жылдамдығын табу үшін берілген ядролардың саны бойынша мәліметтер сегменттерінің оңтайлы санын табу болды. Ол үшін мәліметтер бірнеше сегменттерге бөлінді және әр уақытта ядролардың саны әртүрлі кластерде өңделді. Нәтиже мәліметтер сегменттерінің саны есептеу жылдамдығына тікелей әсер ететіндігін көрсетті.

Негізгі сөздер: Apache Spark, RDD, Деректер бөлшектері, NLP, MapReduce парадигмасы.

^{1,3}Т.С. Картбаев, ²В.А. Лахно, ^{3,4}А.А. Тургынбаева *,
^{3,4}Ж.Т. Айтуганова, ³Б.А. Талпакова

¹Алматинская Академия Министерства Внутренних Дел РК, Казахстан

²Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины, Киев, Украина

³Алматинский технологический университет, Алматы, Казахстан

⁴Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан

*e-mail: aliza1979@mail.ru

ВЫБОР И СРЕД ПРОЕКТИРОВАНИЯ ДЛЯ СППР С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПАРАДИГМЫ СБОРОЧНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ

Аннотация. В статье рассмотрены основные инструментальные среды проектирования представленных на рынке ЭС и СППР (СППР Project Expert) и (СППР «Выбор»), а также учитывая типовые спецификации современных компьютерных систем, в качестве среды разработки для СППР были выбраны среда программирования RAD Studio 10 и Microsoft (Visual Studio), язык программирования С# для организации работы и модуля, который реализует методы и модели.

В статье анализируются основные подходы выбора стратегий инвесторов в СППР в ходе процедуры оценивания инвестиционных проектов в сфере цифровизации предприятий с учетом многофакторности, проект реализован на языке С#. При выборе языка программирования С# для данного модуля были поставлены две основные задачи - скорость разработки и возможность узнавать об ошибках еще на этапе компиляции программы.

Ключевые слова: система поддержки принятия решений, инвестиционный проект, программный продукт, экспертная система, объекты.

Введение. В настоящее время, в условиях жесткой конкуренции на рынке инвестиций, стремительно растет "цена" ошибки при принятии решений. Для обеспечения высокого профессионального уровня решений используют СППР или экспертные системы, результатом работы которых являются рекомендации для ЛПР. Качество таких решений и соответствующих рекомендаций непосредственно влияет на эффективность выбранной инвесторами стратегии финансирования. Это особенно важно для проектов, связанных с риском потери капитала. Постоянное повышение сложности моделей для СППР в слабо структурированных предметных областях, к которым можно отнести и оценку стратегий инвестора, требует адекватного и детального отображения совокупности факторов и их взаимосвязей, в частности, в БЗ СППР.

Стремительное развитие в последние десятилетия различных видов компьютерной техники поставило перед пользователями различных программных продуктов (ПП), в том числе СППР, а также перед специалистами разработчиками вопросы и проблемы, связанные с применением новых парадигм программирования, и прежде всего сборочного и объектно-ориентированного (ООП). Такие подходы позволяют обеспечить высокоэффективную разработку больших проектов, когда над них воплощением в жизнь работает сразу несколько программистов или даже целых команд. И как показал опыт создания многих коммерческих ПП, одним из путей решения подобной задачи становятся решения, основанные на совершенствовании технологий модульного программирования. Когда во главу угла ставится переход на промышленные методики разработки ПП.

Это позволит, в случае необходимости, используя промышленный подход, перейти к изготовлению сложных программных систем (ПС), которые состоят из более простых ПП, написанных в разных средах программирования и на разных языках.

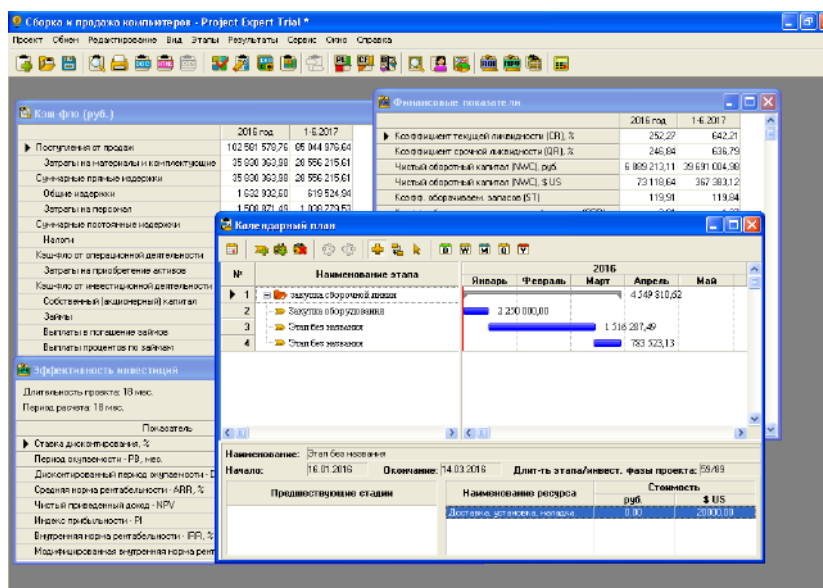
Основная часть. На основании анализа опыта проектирования представленных на рынке ЭС и СППР, см. рис. 1.1 (СППР Project Expert) 1.2 (СППР «Выбор»), а также учитывая типовые спецификации современных компьютерных систем, в качестве среды разработки для СППР были выбраны:

● Физико-математические науки

1) среда программирования RAD Studio 10 [1–5]. В данной среде программирования использовался продукт Delphi 10. Такой выбор, прежде всего продиктован, теми широкими возможностями, которые данная среда программирования предоставляет разработчикам для реализации сложных проектов под операционную систему Windows. Программный код, также достаточно легко может быть адаптирован для ОС Linux, поскольку код можно трансформировать, используя возможности среды разработки Lazarus.

2) Microsoft (Visual Studio) язык программирования C# для организации работы, модуля, который реализует методы и модели.

а)



б)

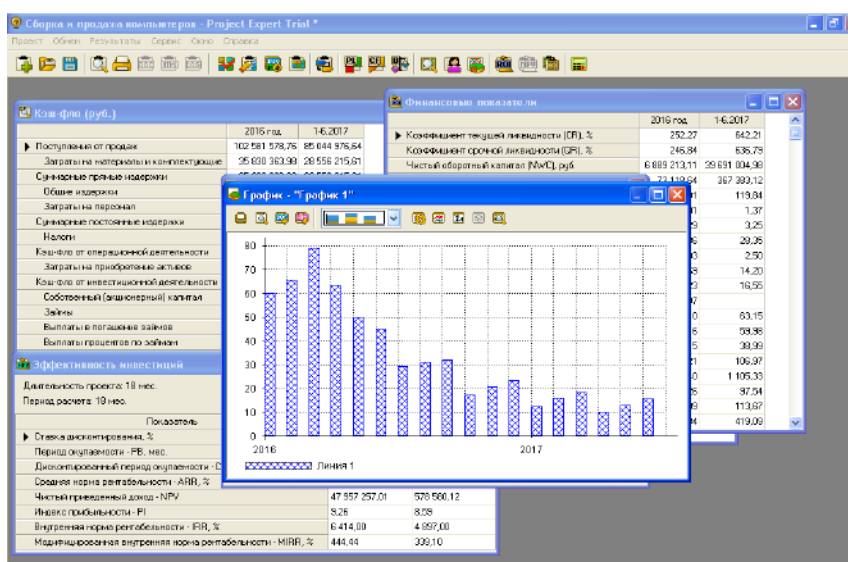
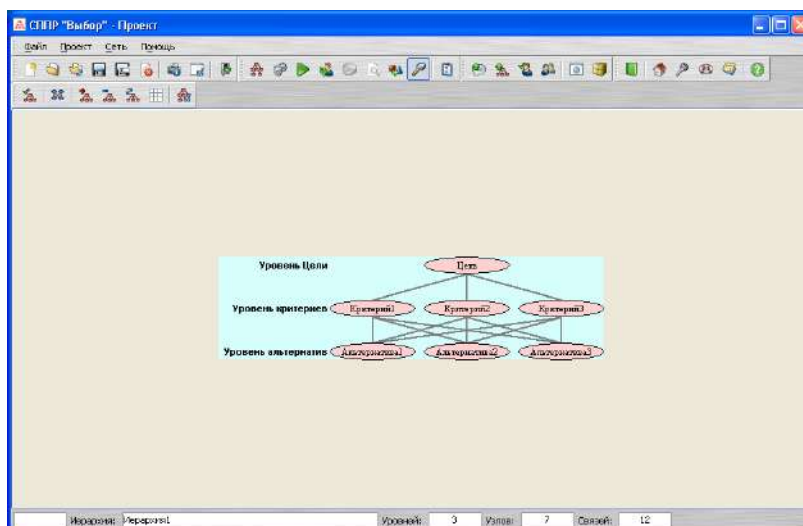


Рисунок 1.1. Пример оконного интерфейса СППР Project Expert

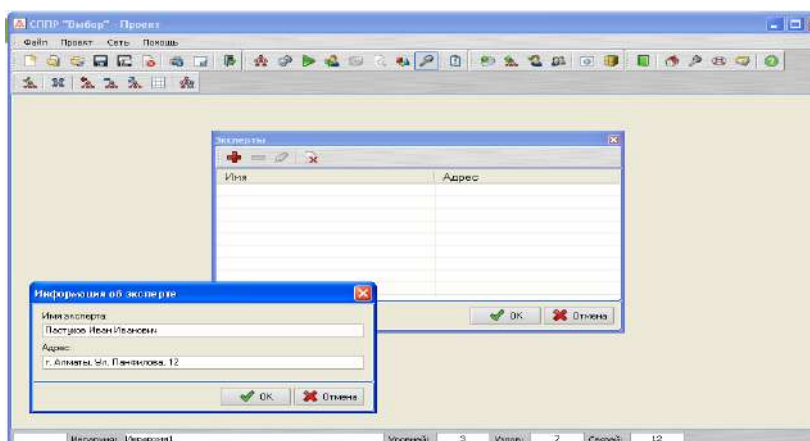
Delphi 10 – это продукт, предназначенный для быстрого создания приложений, и поддерживающий концепцию RAD (Rapid Application Development – быстрая разработка приложений). Обращает на себя внимание, что процессы, связанные с созданием интерфейсов будущей СППР, являются интуитивно понятными и достаточно простыми даже для рядового программиста, который способен поддерживать процесс разработки на

протяжении всего жизненного цикла ПП [2–6]. Именно поэтому Delphi 10, относящийся к RAD-средам проектирования, можно считать наиболее подходящей платформой для визуальной среды разработки. Это позволяет уже на стадии проектирования непосредственно видеть рабочие и диалоговые окна будущего ПП. То есть проектировщик видит уже фактический готовый интерфейс СППР, а процедуры и функции, отвечающие за вывод решений, синтезируемых СППР.

а)



б)



в)

	1	2	3
1	1	0	0
2	0	1	0
3	0	0	1

Рисунок 1.2. Пример оконного интерфейса СППР «Выбор»

Delphi 10 является достаточно высокопроизводительным инструментом, который включает в себя компилятор кода и средства визуального проектирования. Аналогичный способ используется в Microsoft Visual Studio.

В основе Delphi 10 лежит язык Object Pascal. Заметим, что Object Pascal стал расширением распространенного в 80-90-е годы XX-го века объектно-ориентированного языка Pascal.

В Delphi 10 также вошли:

улучшенные библиотеки с десятками визуальных компонентов;

новые встроенные генераторы отчетов;

разнообразный инструментарий для профессиональной разработки информационных систем, экспертных систем и СППР или же традиционных ПП для операционных систем семейства Windows.

Таким образом, прежде всего Delphi 10 предназначен для разработчиков, занимающихся написанием ПП для компаний любого размера от небольших предприятий до трансконтинентальных корпораций. Одним из главных преимуществ данной среды проектирования стала возможность оперативно разрабатывать ПП, рассчитанные под архитектуру клиент-сервер, во взаимодействии с такими СУБД как MySQL и Interbase.

Среда проектирования Delphi позволяет компилировать достаточно компактные и высокоэффективные выполняемые модули (.exe), а также динамически присоединяемые библиотеки (.dll), что особенно актуально при разработке модульных систем, к которым можно отнести и разрабатываемую нами СППР. В свою очередь компактные и быстро работающие модули сложных ПП, существенно снижают нагрузку на клиентские рабочие места (или клиентские рабочие станции), что в конечном счете также имеет важное значение для пользователей.

Преимущества Delphi 10 в сравнении с сопоставимыми ПП, например, таких компаний как: Microsoft (Visual Studio); Eclipse CDT, можно сформулировать так:

быстрая разработка приложения (RAD);

хорошая производительность разработанных ПП;

невысокие требования разработанных ПП к ресурсам компьютеров или клиентских рабочих станций;

возможность масштабировать приложение за счет добавления или имплементации новых компонент;

возможность разрабатывать собственные новые компоненты или инструменты, например, когда потенциального заказчика не устраивает классический компонент, установленный по умолчанию. Заметим, что доступ к существующим компонентам и инструментам Delphi 10 можно просмотреть и организовать в исходных кодах;

хорошая читабельность иерархии объектов в проекте.

Для того чтобы окончательно обосновать, почему наш выбор остановился на RAD Studio 10, кратко перечислим некоторые недостатки языка C++ в сравнении с Object Pascal:

1. Надо делать много инициализаций (например, выполнять регистрацию классов окон, организацию циклов обработки сообщений, выполнять процедуры, связанные с созданием оконных функций, выбором пиктограмм для окон и прочие задачи, возникающие в ходе реализации проекта). В крупных проектах таких как СППР и ЭС необходимы навыки системного программиста, а также, знание в совершенстве функций WinApi. Заметим, что в Delphi 10 процессы, связанные с системным программированием уже имплементированы и непосредственно встроены в среду разработки RAD Studio 10. При этом инициализация по умолчанию уже работает. Таким образом у программиста имеется возможность непосредственно сосредоточиться на алгоритмах или сделать акцент в проекте на организации взаимодействия главного файла (.exe) с динамически подсоединяемыми библиотеками или другими *.exe модулями.

2. По признанию многих практикующих разработчиков [2, 4, 6, 7], имеющих опыт проектирования программных продуктов как в Delphi 10, так и в C++ (Visual Studio), синтаксис последнего сложнее, а также необходимо постоянно учитывать нюансы меняющихся стандартов языка C++. Хотя код C++ и выглядит более компактно и для опытного программиста более понятен при восприятии.

3. Существенной сложностью написания кода на C++ остается необходимость постоянно отслеживать регистр символов. Так как C++ чувствителен к регистрам, в которых набраны символы.

4. В Delphi 10 классы (объекты) можно располагать только в динамической памяти. Тогда как в C++ это можно делать как в статической или динамической памяти, так и в стеке. Это делает приложения на Delphi более безопасным с точки зрения кибербезопасности и защиты от взлома.

5. Как уже указывалось выше, достаточно просто приложения, разработанные в среде Delphi под ОС Windows, можно трансформировать под среду программирования Lazarus. Данная среда программирования внешне похожа на Delphi, а основой Lazarus стал FreePascal.

Однако пока размеры разрабатываемых на Lazarus приложений, все еще велики, хотя среда стремительно совершенствуется и по мере развития, этот недостаток, очевидно будет устранен.

Также пока Lazarus не поддерживает работу динамических библиотек. Потому программные продукты Lazarus должны включать в себя все используемые пакеты.

6. Для запуска Delphi 10 не требуется мощная аппаратная платформа. Достаточно будет 4 Гб ОЗУ и процессор с одним, двумя ядрами.

7. Небольшие программные продукты, разработанные с помощью в Delphi 10, смогут работать на любых даже маломощных ПК, а для их повседневной эксплуатации не требуется ни большой объем оперативной памяти, ни производительный процессор.

Еще одним преимуществом данной среды разработки именно для информационных систем или систем поддержки принятия решений, стала возможность использования представления ПП как MDI (Multiple Document Interface). То есть приложение можно представить, как несколько дочерних окон, располагающихся внутри главного окна программы.

Модуль выбора стратегий инвесторов в СППР в ходе процедуры оценивания инвестиционных проектов в сфере цифровизации предприятий с учетом многофакторности проект реализован на языке C #.

При выборе языка программирования C # для данного модуля были поставлены две основные задачи - скорость разработки и возможность узнавать об ошибках еще на этапе компиляции программы. Язык C # поддерживает одновременно функциональный и объектно-ориентированный подходы, что и предопределило выбор этого языка в качестве базового для разработки финансового модуля СППР. В качестве среды разработки была выбрана среда Visual Studio 2019.

Выводы. Сделан анализ проектирования представленных на рынке ЭС и СППР (СППР Project Expert) и (СППР «Выбор»).

Были выбраны в качестве среды разработки для СППР:

1) среда программирования RAD Studio 10. В данной среде программирования использовался продукт Delphi 10. Такой выбор, прежде всего продиктован, теми широкими возможностями, которые данная среда программирования предоставляет разработчикам для реализации сложных проектов под операционную систему Windows. Программный код, также достаточно легко может быть адаптирован для ОС Linux, поскольку код можно трансформировать, используя возможности среды разработки Lazarus.

2) Microsoft (Visual Studio) язык программирования C# для организации работы, модуля, который реализует методы и модели.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Дарахвелидзе, П., & Марков, Е. (2003). Программирование в Delphi 7. БХВ-петербург., 1003 с.
- [2] Осипов, Д. (2006). Delphi. Профессиональное программирование. СПб.: Символ-Плюс, 856 с.
- [3] Фленов, М. Е. (2012). Библия Delphi (3-е издание). БХВ-Петербург, 946 с.
- [4] Осипов, Д. Л. (2011). Базы данных и Delphi. Теория и практика. БХВ-Петербург, 840 с.
- [5] Корняков, В. Н. (2005). Программирование документов и приложений MS Office в Delphi. БХВ-Петербург, 826 с.
- [6] Novák, I. (2011). Beginning Microsoft Visual Studio LightSwitch Development. John Wiley & Sons.
- [7] Karaci, A. (2011). Performance Comparison of Managed C# and Delphi Prism in Visual Studio and Unmanaged Delphi 2009 and C++ Builder 2009 Languages. International Journal of Computer Applications, 26(1), 9-15.

REFERENCES

- [1] Darakhvelidze, P., & Markov, E. (2003). Programmirovaniye v Delphi 7. BKhV-peterburg., 1003 с.
- [2] Osipov, D. (2006). Delphi. Professional'noe programmirovaniye. SPb.: Simvol-Plyus, 856 с.
- [3] Flenov, M. E. (2012). Bibliya Delphi (3-e izdanie). BKhV-Peterburg, 946 с.
- [4] Osipov, D. L. (2011). Bazy dannykh i Delphi. Teoriya i praktika. BKhV-Peterburg, 840 с.
- [5] Korniyakov, V. N. (2005). Programmirovaniye dokumentov i prilozhenii MS Office v Delphi. BKhV-Peterburg, 826 с.
- [6] Novák, I. (2011). Beginning Microsoft Visual Studio LightSwitch Development. John Wiley & Sons.
- [7] Karaci, A. (2011). Performance Comparison of Managed C# and Delphi Prism in Visual Studio and Unmanaged Delphi 2009 and C++ Builder 2009 Languages. International Journal of Computer Applications, 26(1), 9-15.

^{1,3}**Т.С. Қартбаев**, ²**В.А. Лахно**, ^{3,4}**А.А. Тұрғынбаева***, ^{3,4}**Ж.Т. Айтуғанова**, ³**Б.Ә. Талпақова**

¹Қазақстан Республикасы ішкі істер министрлігінің Алматы академиясы, Қазақстан

⁴әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан

³Алматы технологиялық университеті, Алматы, Қазақстан

²Украинаның биоресурстар және табиғатты пайдалану ұлттық университеті, Киев, Украина

*e-mail: aliza1979@mail.ru

ҚҰРАСТЫРУ БАҒДАРЛАМАЛАУ ПАРАДИГМАСЫН ҚОЛДАНА ОТЫРЫП, ШҚҚЖ ҮШІН ТАҢДАУ ЖӘНЕ ЖОБАЛАУ ОРТАСЫ

Андатпа. Мақалада СЖ және ШҚҚЖ (ШҚҚЖ Project Expert) және (ШҚҚЖ «Выбор») нарығында ұсынылған негізгі аспаптық жобалау орталары қарастырылған, сондай-ақ, заманауи компьютерлік жүйелердің типтік сипаттамаларын ескере отырып, RAD Studio 10 бағдарламалау ортасы және Microsoft (Visual Studio), C# бағдарламалау тілі әдістер мен модельдерді жүзеге асыратын жұмыс пен модульді ұйымдастыруға арналған ШҚҚЖ үшін даму ортасы ретінде таңдалды.

Мақалада көпфакторлықты ескере отырып, кәсіпорындарды цифрландыру саласындағы инвестициялық жобаларды бағалау рәсімі барысында ШҚҚЖ-де инвесторлардың стратегияларын таңдаудың негізгі тәсілдері талданады, жоба C # тілінде іске асырылған. Осы модуль үшін C # бағдарламалау тілін таңдағанда екі негізгі міндет қойылды - даму жылдамдығы және бағдарламаны құрастыру сатысында қателер туралы білу мүмкіндігі.

Түйінді сөздер: шешімдерді қабылдауды қолдау жүйесі, инвестициялық жоба, бағдарламалық өнім, эксперттік жүйе, объектілер.

^{1,3}T.S. Kartbayev, ²V.A. Lakhno, ^{3,4}A.A. Turgynbayeva*, ^{3,4}Zh.T. Aytuganova, ³B.A. Talpakova

¹Almaty academy of the Ministry of internal affairs of the Republic of Kazakhstan, Kazakhstan

²National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kiev, Ukraine

³Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan

⁴al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

*e-mail: aliza1979@mail.ru

SELECTION AND DESIGN ENVIRONMENTS FOR DSS USING THE ASSEMBLY PROGRAMMING PARADIGM

Abstract. The paper considers the main tool design environments of the ES and DSS (DSS Project Expert) and (DSS «Выбор») presented on the market and taking into account the typical specifications of modern computer systems, the RAD Studio 10 programming environment was chosen as the development environment for the DSS and Microsoft (Visual Studio), C# programming language for organizing work and modules that implement methods and models.

The article analyzes the main approaches to choosing strategies for investors in the DSS during the procedure for evaluating investment projects in the field of digitalization of enterprises, taking into account multi-factorism, the project is implemented in C#. When choosing the C# programming language for this module, two main tasks were set - the speed of development and the ability to learn about errors even at the program compilation stage.

Keywords: decision support system, knowledge base, model base, expert system, keywords, objects.

П.А. Нестеренков*

Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан

*e-mail: stolknier@gmail.com

АВТОНОМНЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС С Λ - ФОТОМОДУЛЯМИ

Аннотация. Рассматривается технология преобразования солнечного излучения с помощью инновационных Λ -фотомодулей и коллектора с оптическим концентратором. Кремниевые фотоэлементы генерируют фототок и нагревают промежуточный теплоноситель до $\approx 65^{\circ}\text{C}$, который сбрасывает тепловую энергию в линейном теплообменнике расходуемой воде внешнего циркуляционного контура. С использованием экспериментальных данных по характеристикам фотоэлементов и двусторонних коллекторов разработан метод инженерного расчета удельной мощности инновационных Λ - фотомодулей и проведено компьютерное моделирование производительности когенерационных установок.

Ключевые слова: оптический концентратор, фотоэлементы, коллектор, Λ - фотомодуль, теплообменник, теплоноситель.

Введение. Теплофотоэлектрические установки с кремниевыми фотоэлементами содержат технологическое противоречие - необходимость поддержания одновременно низкой температуры фотоэлементов и получения высокой температуры теплоносителей. Противоречие устраняется с применением трехпереходных фотоэлементов с концентрацией солнца до 400-крат [1]. Прототип установки Dsolar Sunflower с высокой концентрацией излучения и трехпереходными фотоэлементами имеет удельную электрическую мощность $\approx 167 \text{ Вт/м}^2$ и тепловую $\approx 410 \text{ Вт/м}^2$ [2]. Установки с 200 кратной концентрацией солнца и трехпереходными фотоэлементами, тестируемые в институте Фраугофера (Германия), показали электрическую и тепловую эффективность $\approx 0,26$ и $\approx 0,53$ [3].

Технологии с высокой концентрацией излучения являются слишком сложными для практической реализации, а трехпереходные фотоэлементы требуют особых условий охлаждения с фильтрами тонкой очистки теплоносителей. Более бесперспективны установки с кремниевыми фотоэлементами и малой концентрацией излучения, например, фирмы Cogenra Solar (США), имеющие удельную мощность по электричеству $\approx 100 \text{ Вт/м}^2$, теплу $\approx 490 \text{ Вт/м}^2$ и стоимость удельных капитальных затрат $\approx 860 \text{ \$/м}^2$ [4]. Coventry показал возможность получения электрической и тепловой эффективности $\approx 0,11$ и $\approx 0,57$ с температурой теплоносителя на выходе $\approx 65^{\circ}\text{C}$ для фотомодуля (ФМ) при 30-и кратной оптической концентрации [5].

В данной работе рассматриваются вопросы повышения эффективности оптических концентраторов, снижения тепловых потерь излучением, транспортировки тепла к системе горячего водоснабжения и инженерных методов расчета удельной производительности.

Линейные коллекторы и ФМ с оптическими концентраторами.

Концепция технологии интенсивной когенерации заключается в концентрации солнечного излучения на фотоэлементах и генерации фототока и тепла при повышенной температуре с передачей соответственно химическим аккумуляторам и промежуточному теплоносителю с последующим сбросом в противоточном линейном теплообменнике

технической воде, транспортирующей тепловую энергию за счет естественной циркуляции к тепловому аккумулятору.

Во всех типоразмерах КУ содержит следящую за солнцем несущую конструкцию, зеркала оптического концентратора, ФМ и двусторонний коллектор, как показано на рисунке 1. По горизонтальной оси на экспериментальных графиках тепловой эффективности коллекторов нанесена разность между температурой коллектора t_f и окружающей среды t_{amb} , деленная на интенсивность излучения 1000 Вт/м^2 . Тепловая эффективность двустороннего коллектора (квадратные точки) составляет $\eta_T \approx 0,71$ и $\approx 0,68$ для температуры $t_f \approx 40^\circ\text{C}$ и 60°C . Пунктирными линиями изображены кривые тепловой эффективности ФМ, работающего в режиме линейного коллектора [5], и стандартного плоского коллектора Vitosol 100 [6].

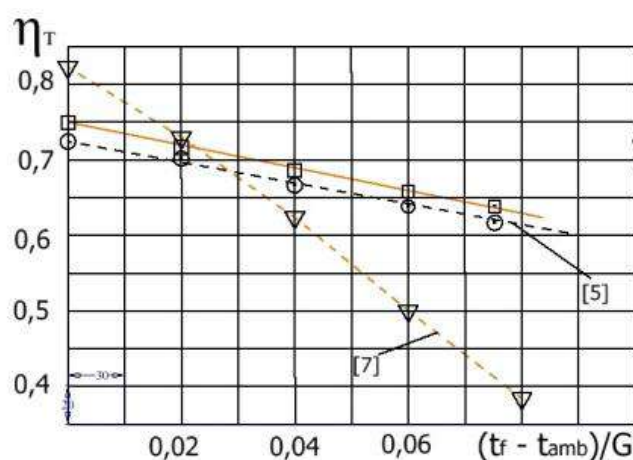


Рисунок 1. Дизайн КУ и кривая тепловой эффективности коллектора

С ростом температуры растут электрические потери и тепловые потери излучением со стенок. Проблема частично решается при использовании Λ -ФМ и фотоэлементов Махеоп с малым внутренним сопротивлением. Эффективность фотоэлементов при нагреве снижается: $\eta_e \approx \eta_{e0} (1 - \frac{k_p \cdot \Delta t_j}{P_0})$, где Δt_j – разность между температурой фотоэлементов и температурой 25°C ; k_p – температурный коэффициент мощности $\approx -0,011 \text{ Вт/}^\circ\text{C}$ [7].

Для определения характеристик фотоэлементов Махеоп в условиях концентрации излучения были поставлены эксперименты, где в качестве имитатора солнца применялись галогеновые лампы КГ-1000 с фильтром в виде толстой пластины из оргстекла, а фотоэлемент Махеоп крепился на медной пластине при температуре 25°C . Концентрация излучения варьировалась путем изменения расстояния от ламп до фотоэлемента. Вольт-амперная характеристика снималась в течение нескольких секунд, пока температура фотоэлемента не успевала измениться, что позволяло оценивать влияние только оптической концентрации на характеристики.

Во второй методике проводилась предварительная калибровка оптического тракта и измерительной системы с помощью фотоэлемента с известными характеристиками [8]. Оптическая концентрация варьировалась путем изменения количества галогеновых ламп КГ-1000, а процесс измерений не превышал 2,5 минуты. Температура воды на входе и выходе измерялась с помощью платиновых сопротивлений Pt-100, а температура фотоэлементов с помощью оптического пирометра. Электрические и теплофизические данные снимались при

стабилизации разности температуры теплоносителя между входом и выходом канала. Инструментальная погрешность измерений не превышала $\approx 3\%$.

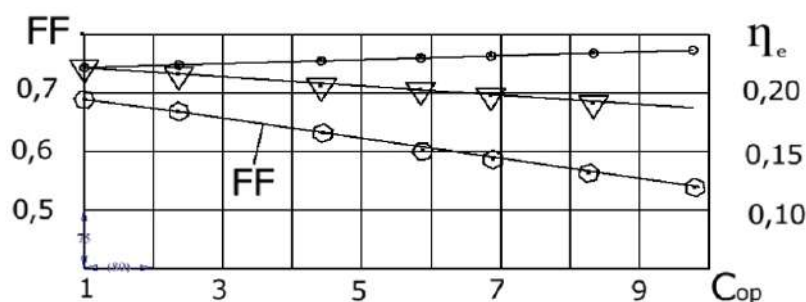


Рисунок 2. Эффективность и фил-фактор фотоэлементов Махеоп

На рисунке 2 представлены результаты измерений электрической эффективности и фил-фактора в виде кривых. Верхняя кривая получена при постоянной температуре фотоэлементов. Видно, что с ростом концентрации излучения эффективность фотоэлементов Махеоп увеличивается на единицы процентов. Это согласуется с выводами работы [9], в которой на основе теории Шокли получены выражения для определения пиковой мощности и эффективности фотоэлементов, работающих с концентрацией:

$$P^* = P_0 \cdot C_{op} \cdot \left(1 + \frac{kT}{q} \cdot \frac{\ln C_{op}}{V_{oc}}\right) \quad (1)$$

$$\eta_e^* = \eta_e \cdot \left(1 + \frac{kT}{q} \cdot \frac{\ln C_{op}}{V_{oc}}\right) \cdot \frac{FF^*}{FF}, \quad (2)$$

где P^* и P_0 - мощность с концентрацией и без, Вт; C_{op} - оптическая концентрация; η_e^* и η_e

- электрическая эффективность с концентрацией и без; T - температура, К; k – постоянная Больцмана, $1,38 \cdot 10^{-23}$ Дж/К ; q – заряд электрона, $1,6 \cdot 10^{-19}$ К ; и FF^* и FF - фил-фактор с

концентрацией и без; V_{oc} -напряжение холостого хода , В;

С ростом температуры и концентрации кривая эффективности (треугольные точки) падает, а величина фил-фактора линейно снижается, причем отношение $\frac{FF^*}{FF}$ падает до $\approx 0,78$ при $C_{op} \approx 9,3$.

Оптимизация линейных фотомодулей. В инновационных Λ - ФМ фотоэлементы всегда закрыты от попадания града, поэтому исчезла необходимость в толстом защитном стекле и уменьшились оптические потери [10]. Теплообменник является источником тепла, а емкость с водой - потребителем, благодаря чему возникает градиент температуры в замкнутом циркуляционном контуре и естественная циркуляция воды. Плоские зеркала на пленках Alanod Silver с коэффициентом отражения $\approx 0,93$ [11] создают ≈ 9 -ти кратную концентрацию излучения, а фотоэлементы генерируют фототок $I \approx 40$ А. Падение напряжения в проводниках составляет: $I \cdot \rho \cdot l / S$, где ρ , S и l – удельное сопротивление, сечение и длина проводников. На клеммах блока аккумуляторов напряжение ≥ 29 В, откуда получаем базовое количество фотоэлементов на стенке $n \approx (29 + I \cdot \rho \cdot l / S) / 0,57$ и их длину $L \approx n \cdot (b_f + \delta_1)$, где b_f и δ_1 – ширина фотоэлементов и расстояние между ними. Для компенсации суммарных температурных потерь напряжения в первый канал добавляются два фотоэлемента, во второй

шесть, в результате получаем основной габаритный размер - длину каналов: $L_1 \approx (n + 2) \cdot 0,042$ и $L_2 \approx (n + 6) \cdot 0,042$. Вдоль поверхности с периодическим смещением отраженного излучения размещается селективная пленка $TiNO_x$ с коэффициентом поглощения излучения $\beta \approx 0,94$.

Обозначая проекцию зеркал на горизонтальную ось b_k , и определяя из результатов компьютерного проектирования средний косинус угла наклона зеркал, получаем площадь апертуры КУ: $S = 2 \cdot (L_1 + L_2) \cdot b_k \cdot \cos \varphi_z$.

Метод инженерного расчета производительности КУ.

Преобразовывая (1) и (2), получаем аналитическое выражение для расчета пиковой электрической мощности:

$$P_j = 2 \cdot S_{fj} \cdot E_d \cdot \eta_{e0} \cdot \left[1 - \frac{k_F \Delta t_j}{P_0} \right] \cdot \left[\left(1 + \frac{k \cdot \Delta T_j}{q} \cdot \frac{\ln C_{op}}{V_{oc}} \right) \cdot \frac{FF^*}{FF} \cdot C_{op} + \left(1 + \frac{E_f}{E_d} \right) \right], \quad (3)$$

где P_j – пиковая мощность j – го канала; η_{e0} – паспортная эффективность фотоэлементов; Δt_j – разность между температурой фотоэлементов и температурой $25^\circ C$; $\Delta T_j = 273 + t_j$; E_d – интенсивность прямого солнечного излучения; S_{fj} – площадь массива фотоэлементов.

Баланс суммарной мощности, выделяемой на стенках инновационных Λ -ФМ при преобразовании солнечного излучения, имеет вид:

$$2 \cdot S_{Qj} \cdot E_d \cdot \left\{ \left[C_{op} + \left(1 + \frac{E_f}{E_d} \right) \right] + \frac{S_{pj}}{S_{fj}} \cdot \beta \cdot \left[C_{op} + \left(1 + \frac{E_f}{E_d} \right) \right] \right\} = \frac{Q_j}{\eta_{Tj}} + P_j, \quad (4)$$

где Q_j – полезная тепловая мощность; S_{Qj} – площадь фронтальных стенок; $\frac{S_{pj}}{S_{fj}} \approx 0,12$ – отношение площадей селективной пленки и массива фотоэлементов; η_{Tj} – тепловая эффективность.

Тепловое излучение Λ -ФМ с размещаемыми под углом друг к другу фронтальными стенками определяется из полученного в [12] выражения:

$$Q_\Lambda = \sum_1^n \Delta Q_i = 2 \cdot \varepsilon \cdot C_0 \cdot \left(\frac{T_j}{100} \right)^4 \cdot S_{fj} \cdot \left(1 - \sum_1^{10} \frac{\psi_i}{\pi \cdot n} \cdot \cos^2 \vartheta_i \right), \quad (5)$$

где $C_0 \approx 5,67 \frac{Вт}{м^2 \cdot K^4}$; T_j , S_{fj} и ε – соответственно температура, площадь и коэффициент черноты излучения фронтальной поверхности; ψ_i и ϑ_i – углы, учитывающие распределение теплового излучения вдоль стенок.

Произведение перед скобкой в (5) представляет собой поток теплового излучения тела площадью S_{fj} . Величина в скобках характеризует снижение тепловых потерь за счет взаимного экранирования стенок на $\approx 27\%$.

Восходящий воздушный поток вдоль горячих фронтальных стенок создает термическое сопротивление, дополнительно снижающее тепловые потери на $\approx 5\%$. В сумме снижение тепловых потерь достигает $\approx (27 + 5)\%$, а тепловая эффективность коллектора составляет: $\approx \eta_T + 0,32 \cdot (1 - \eta_{T0})$, где η_T – берем из верхней кривой на рисунке 1.

В последовательных каналах расход теплоносителя одинаков, поэтому решаем уравнения теплопередачи только для первого канала:

$$t_f - t = \eta_T \cdot C_{op} \cdot E_d \cdot [1 - \eta_e \cdot (1 + \frac{kT}{q} \cdot \frac{\ln C_{op}}{V_{oc}}) \cdot \frac{FF^*}{FF}] \cdot (\frac{1}{\alpha_1} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i}) \quad (6)$$

$$S_Q \cdot \eta_T \cdot E_d \cdot \left\{ C_{op} \cdot [1 - \eta_e \cdot (1 + \frac{kT}{q} \cdot \frac{\ln C_{op}}{V_{oc}}) \cdot \frac{FF^*}{FF}] + (1 + \frac{E_f}{E_d}) \cdot (1 - \eta_e) \right\} = C_p \cdot G \cdot \Delta t_K, \quad (7)$$

где t_f - средне интегральная температура фотоэлементов; t_{in} , t - входная и средняя температура теплоносителя; Δt_K , C_p , G - перепад температуры вдоль канала, удельная теплоемкость и расход теплоносителя; S_Q - площадь фронтальных стенок; α_1 - коэффициент теплоотдачи; δ_i и λ_i - толщина и теплопроводность герметика, оксидированного слоя и металлической стенки.

Используя равенство $\Delta t_K = 2 \cdot (t - t_{in})$, и преобразовывая (6) и (7) получаем аналитическое выражение для определения расхода, в кг/ч:

$$G = \frac{S_{Q1} \cdot \eta_{T1} \cdot E_d \cdot \left\{ C_{op} \cdot [1 - \eta_{e1} \cdot (1 + \frac{kT}{q} \cdot \frac{\ln C_{op}}{V_{oc}}) \cdot \frac{FF^*}{FF}] + (1 + \frac{E_f}{E_d}) \cdot (1 - \eta_{e1}) \right\}}{C_p \cdot \left\{ (t_{f1} - t_{in1}) - \left(\frac{1}{\alpha_1} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} \right) \cdot \eta_{T1} \cdot C_{op} \cdot E_d \cdot [1 - \eta_{e1} \cdot (1 + \frac{kT}{q} \cdot \frac{\ln C_{op}}{V_{oc}}) \cdot \frac{FF^*}{FF}] \right\}} \quad (8)$$

Зная средне интегральную температуру фотоэлементов первого канала и расход теплоносителей, определяем температуру фотоэлементов второго канала из условия равенства расходов. После чего определяем пиковую электрическую и тепловую мощность второго ФМ из выражений (3) и (4). Таким образом, мы получили замкнутую систему уравнений для определения удельной пиковой мощности инновационных Л-ФМ.

Продemonстрируем разработанный метод инженерного расчета на примере определения удельной пиковой мощности прототипа КУ с оптическим концентратором из двенадцати зеркал и длиной каналов $L_1 \approx 2,40$ м и $L_2 \approx 2,57$ м. При площади фронтальных стенок $S_{Q1} \approx 0,720$ м² и $S_{Q2} \approx 0,771$ м² и площади апертуры концентраторов $S \approx 15,63$ м² геометрическая концентрация составляет: $K_g = \frac{S}{S_{Q1} + S_{Q2}} \approx 10,4$. Для коэффициента отражения зеркал $K_R \approx 0,93$ и коэффициента прохождения света через защитные стекла $K_D \approx 0,97$ величина оптической концентрации равна $C_{op} \approx K_g \cdot K_R \cdot K_D \approx 9,3$.

Для $\eta_{e0} \approx 0,21$ и температуре фотоэлементов $\approx 40^\circ\text{C}$ из (3) получаем: $P_1 = 0,97 \cdot E_d$. Подставляя в (8) $C_p \approx 1,161$ Вт·ч/кг·К, термическое сопротивление $(\frac{1}{\alpha_1} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i}) \approx 0,0024 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$, величину $\frac{FF^*}{FF} \approx 0,78$ и тепловую эффективность $\eta_{T1} \approx (\eta_{TK} - \eta_{TK} \cdot 0,11) \approx 0,71$, находим расход теплоносителя:

$$G \approx \frac{1,81 \cdot E_d}{(t_{f1} - 15) - 0,014 \cdot E_d} \quad (9)$$

В таблице 1 представлены климатические данные для Алматинской области [13]: среднемесячное количество солнечной энергии, поступающее на нормальную площадку $\sum E_d \cdot \tau$, кВт·ч/м²; количество солнечных дней в месяце m ; интенсивность прямого излучения солнца E_d на нормальную площадку, кВт/м².

Таблица 1. Данные метеостанции, $\phi_{IN} \approx 43^\circ$ северной широты.

месяц	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$\sum E_d \cdot \tau$	201	213	284	303	335	344	341	315	278	250	207	185
m	24	21	24	26	29	30	31	30	26	22	21	22
E_d	0.87	0.91	0.93	0.93	0.93	0.94	0.93	0.92	0.92	0.9	0.89	0.8

Табличное значение E_d следует умножать на величину среднего косинуса для двенадцати зеркал $\cos \varphi_z \approx 0,92$.

Из условия равенства расходов теплоносителя в последовательных каналах получаем трансцендентное уравнение с одним неизвестным, решая которое методом итераций, находим детерминированную температуру фотоэлементов второго канала $t_{f2} \approx 63^\circ\text{C}$. После чего, с применением (3) находим $P_2 \approx 0,82 \cdot E_d$ и далее - суммарную пиковую электрическую мощность: $(P_1 + P_2) \approx (0,97 + 0,82) \cdot E_d$. В итоге, получаем выражение для инженерного расчета пиковой удельной мощности прототипа: $\Pi_p = \frac{P_1 + P_2}{S} \approx 0,119 \cdot E_d \cdot \cos \varphi_z$. Электрическая эффективность прототипа достигает $\frac{0,119 \cdot E_d}{E_d + E_f} \approx 0,10$, что согласуется с результатом исследований Coventry [5].

На рисунке 4 для сравнения представлены графики удельной мощности для летнего и зимнего дня. Результаты математического моделирования показывают, что прототип с 12-ю зеркалами в летние месяцы выдает пиковую мощность $P_{\max} \approx 0,119 \cdot 0,86 \cdot 15,63 \approx 1,59$ кВт. Для более совершенных рыночных фотоэлементов с $\eta_{e0} \approx 0,25$ пиковая удельная мощность составит $\approx 0,133 \cdot E_d \cdot \cos \varphi_z$, а эффективность $\approx 0,11$.

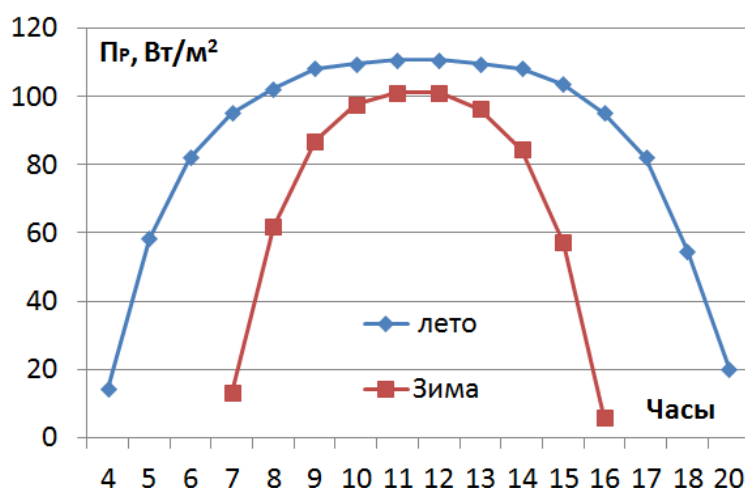


Рисунок 4. Удельная пиковая мощность прототипа КУ.

Подставляя в уравнения (4) площадь стенок каналов, электрическую мощность и тепловую эффективность находим: $(Q_1 + Q_2) \approx (5,34 \cdot E_d + 5,62 \cdot E_d) = 10,96 \cdot E_d$. В итоге, на широте инсталляции $\varphi_{IN} \approx 43^\circ$ для прототипа в летне-осенний период получаем удельную тепловую мощность $\Pi_Q = \frac{Q_1 + Q_2}{S_{A(1+2)}} \cdot E_d \approx 0,70 \cdot E_d$, кВт/м² и тепловую эффективность $\frac{0,70 \cdot E_d}{E_d + E_f} \approx 0,58$.

Ближайший зарубежный аналог КУ фирмы Cogenra Solar при десятикратной концентрации излучения на северной широте 35° имеет пиковую удельную мощность по электроэнергии и тепловой энергии $\approx 0,100$ кВт/м² и $\approx 0,490$ кВт/м².

На рисунке 5 представлены графики расчета среднемесячной пиковой удельной производительности по электроэнергии и тепловой энергии на широте инсталляции $\varphi_{IN} \approx 43^\circ$: $W_p \approx 0,119 \cdot \sum E_d \cdot \tau \cdot 0,77 \cdot \cos \varphi_z$ и $W_Q \approx 0,70 \cdot \sum E_d \cdot \tau \cdot 0,77 \cdot \cos \varphi_z$.

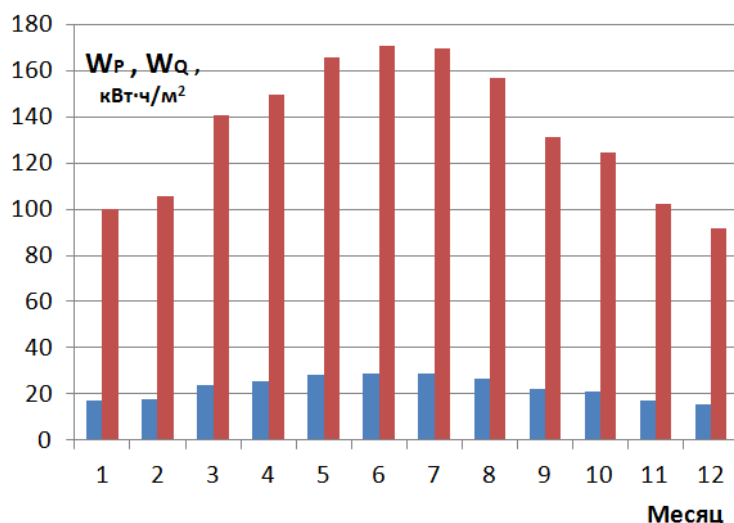


Рисунок 5. Среднемесячная удельная пиковая производительность КУ.

В линейном теплообменнике реализуется эффективный теплообмен жидкостей в режиме противотока и уровнем тепловых потерь $\leq 20\%$. Подпитка холодной воды из источника обеспечивает охлаждающую способность теплоносителей, т.е. стабилизацию входной температуры в каналах Л-ФМ. Из уравнения теплового баланса находим пиковый расход технической воды при нагреве на 45 и 50 $^{\circ}\text{C}$, представленный на рисунке 6.

$$G_2 \approx \frac{0,8 \cdot (Q_1 + Q_2)}{C_{p1} \cdot (t_2 - t_1)}, \quad (12)$$

где G_2 , t_1 и t_2 – расход, входная и выходная температура воды в теплообменнике; C_{p1} – удельная теплоемкость воды, $\approx 1,159$ Вт·ч/кг·К.

Система управления поддерживает расход воды в интервале 100 - 140 кг/ч в зависимости от времени года с помощью насосов подпитки холодной воды.

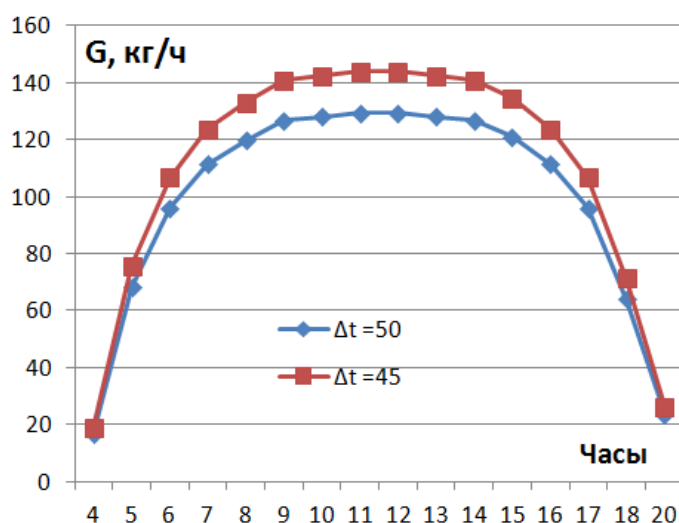


Рисунок 6. Пиковый расход технической воды.

С учетом количества суточной солнечной энергии, поступающей на апертуру, получаем дневное количество воды: $\frac{0,56 \cdot \sum_t (E_d \cdot 0,77 \cdot \cos \varphi_z \cdot \tau_1) \cdot S_A}{C_{P1} \cdot (t_2 - t_1)} \approx 1260$ кг летом и 819 кг зимой с температурой $\approx 60^\circ\text{C}$.

В соответствии с требованиями стандарта горячего водоснабжения на одного человека приходится ≈ 100 литров/сутки воды при температуре $\approx 55^\circ\text{C}$ [14]. Для фермерской семьи с учетом хозяйственной деятельности требуется в день ≈ 950 литров воды. Расчеты показывают, что выделяемая фотоэлементами тепловая энергия полностью обеспечивает горячее водоснабжение летом, а в зимний период необходим дополнительный источник теплоснабжения – котел на твердом топливе.

Годовое количество энергии солнца, поступающее на 1 м^2 апертуры оптического концентратора, равно $\sum_t (E_d \cdot 0,77 \cdot \cos \varphi_z \cdot \tau_1) \approx 2306$ кВт·ч/м², откуда удельная производительность КУ по электроэнергии составляет: $0,119 \cdot \sum_t (E_d \cdot 0,77 \cdot \cos \varphi_z \cdot \tau_1) \approx 274$ кВт·ч/м² и по тепловой энергии ≈ 1600 кВт·ч/м².

Выводы. 1. Оптимальное сочетание концентрации излучения и интенсивности охлаждения фотоэлементов в инновационных Λ -ФМ позволяет получать максимальную удельную мощность на единицу площади апертуры.

2. Увеличение площади отражаемого солнечного пятна при пошаговом слежении оптического концентратора за солнцем удачно компенсируется повышением тепловой эффективности и коэффициента использования материалов за счет размещения по периметру массива фотоэлементов селективной пленки.

3. Режим интенсивной когенерации дает возможность поднять уровень температуры, ускорить теплопередачу, повысить динамический напор и реализовать естественную циркуляцию воды в циркуляционном контуре теплообменника.

4. Метод инженерного расчета Λ -ФМ позволяет определять удельную мощность, оптимальный состав оборудования и производительность КУ, обеспечивающих полное энергообеспечение удаленных потребителей.

Автор выражает благодарность Антощенко В.М. и Францеву Ю.В. за предоставленные материалы по измерениям эффективности фотоэлементов Махеоп с малой концентрацией излучения при температуре 25°C .

ЛИТЕРАТУРА

- [1] A. Kribus, D. Raftori, G. Mittelman, A. Hirshfeld, Y. Flisanov, A. Dayan. A miniature concentrating photovoltaic end thermal system// Energy Conversion and Management 47 (2006), Pp. 3582-3590.
- [2] Источник: <https://newatlas.com/ibm-sunflower-hcpvt-pv-thermal-solar-concentrator/> /33989/ (Дата обращения: 25.02.2019)
- [3] *Recent Advances in the Development and Testing of Hybrid PV-Thermal Collectors*. January 2011. DOI: 10.18086/swc.2011.28.06. (Дата обращения 25.11.2020)
- [4] Источник: <http://www.cogenra.com> (Дата обращения: 25.02.2019)
- [5] Coventry J.S. Performance of a Concentrating photovoltaic/thermal Solar Collector// Solar Energy, Vol. 78, Issue 2, 2005, Pp. 211–222.
- [6] Источник: <http://www.ohmega.net/images/Vitosol-TechnicalGuide.pdf> (Дата обращения 04.09.2019)
- [7] Источник: <https://global.sunpower.com/products> (Дата обращения 04.09.2019)
- [8] P.A. Nesterenkov, L.A. Nesterenkova, A.G. Nesterenkov "Cogeneration Solar Systems with concentrators of solar radiation" // accepted for publication in *Handbook of Research on Renewable Energy and Electric Resources for Sustainable Rural Development* // IGI-Global// 2018, ISBN13, Pp. 230-254.
- [9] Light concentration effect on PV performance and efficiency/ EME 812: Utility Solar Power and Concentration. Источник: <https://www.e-education.psu.edu/eme812/node/538> (Дата обращения: 11.02.2020)

[10] P. Nesterenkov, V. Kharchenko. "Thermo Physical Principles of Cogeneration Technology with Concentration of Solar Radiation". Proceedings of ICO: International Conference on Intelligent Computing & Optimization. Pattaya, Thailand. 10, 4–5, 2018. Springer Nature Switzerland AG 2019, Print ISBN 978-3-030-00978-6, Series Print ISSN 2194-5357. Vol. №1, Pp. 117-128.

[11] Источник: www.alanod.com (Дата обращения 25.02.2019)

[12] P. A. Nesterenkova, A. G. Nesterenkov, A. N. Temirbekov. Cogeneration Plants with Solar Radiation Concentrators. ISSN 0040-6015, Thermal Engineering, 2020, Vol. 67, No. 10, Pp. 706–714. © Pleiades Publishing, Inc., 2020. Russian Text © The Author(s), 2020, published in Teploenergetika.

[13] Справочник по климату СССР. Серия 3. Многолетние данные части 1-6, выпуск 18, Казахская ССР. Книга 1, Гидрометеиздат, 1989, стр. 75-78.

[14] Источник: <https://hitropop.com/voda/normy/norma-potrebleniya.html> (Дата обращения 04.09.2019)

REFERENCES

[1] A. Kribus, D. Raftori, G. Mittelman, A. Hirshfeld, Y. Flisanov, A. Dayan. A miniature concentrating photovoltaic end thermal system// Energy Conversion and Management 47 (2006), Pp. 3582-3590.

[2] Istochnik: <https://newatlas.com/ibm-sunflower-hcpvt-pv-thermal-solar-concentrator/> /33989/ (Data obrashcheniya: 25.02.2019)

[3] *Recent Advances in the Development and Testing of Hybrid PV-Thermal Collectors*. January 2011. DOI: 10.18086/swc.2011.28.06. (Data obrashcheniya 25.11.2020)

[4] Istochnik: <http://www.cogenra.com> (Data obrashcheniya: 25.02.2019)

[5] Coventry J.S. Performance of a Concentrating photovoltaic/thermal Solar Collector// Solar Energy, Vol. 78, Issue 2, 2005, Pp. 211–222.

[6] Istochnik: <http://www.ohmega.net/images/Vitosol-TechnicalGuide.pdf> (Data obrashcheniya: 04.09.2019)

[7] Istochnik: <https://global.sunpower.com/products> (Data obrashcheniya 04.09.2019)

[8] P.A. Nesterenkov, L.A. Nesterenkova, A.G. Nesterenkov "Cogeneration Solar Systems with concentrators of solar radiation" // accepted for publication in *Handbook of Research on Renewable Energy and Electric Resources for Sustainable Rural Development* // IGI-Global// 2018, ISBN13, Pp. 230-254.

[9] Light concentration effect on PV performance and efficiency/ EME 812: Utility Solar Power and Concentration. Istochnik: <https://www.e-education.psu.edu/eme812/node/538> (Data obrashcheniya 11.02.2020)

[10] P. Nesterenkov, V. Kharchenko. "Thermo Physical Principles of Cogeneration Technology with Concentration of Solar Radiation". Proceedings of ICO: International Conference on Intelligent Computing & Optimization. Pattaya, Thailand. 10, 4–5, 2018. Springer Nature Switzerland AG 2019, Print ISBN 978-3-030-00978-6, Series Print ISSN 2194-5357. Vol. №1, Pp. 117-128.

[11] Istochnik: www.alanod.com (Data obrashcheniya 25.02.2019)

[12] P. A. Nesterenkova, A. G. Nesterenkov, A. N. Temirbekov. Cogeneration Plants with Solar Radiation Concentrators. ISSN 0040-6015, Thermal Engineering, 2020, Vol. 67, No. 10, Pp. 706–714. © Pleiades Publishing, Inc., 2020. Russian Text © The Author(s), 2020, published in Teploenergetika.

[13] Spravochnik po klimatu SSSR. Seriya 3. Mnogoletnie dannye chasti 1-6, vypusk 18, Kazakhskaya SSR. Kniga 1, Gidrometeoizdat, 1989, str. 75-78.

[14] Istochnik: <https://hitropop.com/voda/normy/norma-potrebleniya.html> (Data obrashcheniya 04.09.2019)

П.А. Нестеренков*

эл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан

*e-mail: stolkner@gmail.com

АВТОНОМДЫҚ ЭНЕРГЕТИКАЛЫҚ КЕШЕН А - ФОТО МОДУЛЬДЕРІМЕН

Аңдатпа. Инновациялық А-фотомодульдер мен оптикалық концентраторы бар коллекторды пайдаланып, күн радиациясын түрлендіру технологиясы қарастырылған. Кремнийлі фотоэлементтер фототок тудырады және аралық жылу тасымалдағышты $\approx 65^{\circ}\text{C}$ дейін қыздырады, бұл сыртқы

айналым контурының тұтынылған суының жылу энергиясын жылу энергиясын шығарады. Күн батареялары мен екі жақты коллекторлардың сипаттамалары туралы эксперименттік мәліметтерді пайдалана отырып, инновациялық Λ - фото модульдердің меншікті қуатын инженерлік есептеу әдісі жасалды және когенерациялық қондырғылардың өнімділігін компьютерлік модельдеу жүргізілді.

Негізгі сөздер: оптикалық концентратор, фотоэлементтер, коллектор, Λ - фотомодуль, жылуалмастырғыш, салқындатқыш.

P.A. Nesterenkov*

al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

*e-mail: stolknerv@gmail.com

AUTONOMOUS ENERGY COMPLEX WITH Λ - PHOTO MODULES

Abstract. The technology of converting solar radiation using innovative Λ -photomodels and a collector with an optical concentrator is considered. Silicon photocells generate a photocurrent and heat the intermediate heat carrier up to $\approx 65^{\circ}\text{C}$, which releases thermal energy in the linear heat exchanger of the consumed water of the external circulation loop. Using experimental data on the characteristics of photovoltaic cells and double-sided collectors, a method for engineering calculation of the specific power of innovative Λ - photo modules was developed and computer modeling of the performance of cogeneration units was carried out.

Keywords: optical concentrator, photocells, collector, Λ - photo module, heat exchanger, coolant.

Д.К. Болатбекова*, Е.А. Тулешев
Satbayev University, Алматы, Қазақстан
*e-mail: bolatbekd97@mail.ru

МЕДИЦИНАЛЫҚ МАҚСАТТАРҒА АРНАЛҒАН ЖЫЛЖЫМАЛЫ ҚҰРЫЛҒЫНЫҢ МАТЕМАТИКАЛЫҚ МОДЕЛІН ЗЕРТТЕУ ЖӘНЕ ҚҰРУ

Андатпа. Бұл мақалада жедел жәрдемге қарағанда ауруханадан тыс жерде жүрек ұстамасы бар науқастарға дефибрилляторларды жеткізу үшін ұшқышсыз ұшақтарды пайдалану мүмкіндігі қарастырылған. Ол төтенше жағдайларға жауап беру қажеттіліктерін ұшқышсыз ұшу аппараттарын қауіпсіз пайдалану үшін қажетті ережелер мен ережелермен біріктіруге бағытталған. Нәтижелер көрсеткендей, ұшқышсыз жедел жәрдем аппараттарын мақсатты пайдалану да, оларды заңды пайдалану әдісі де бар. Ұсынылған тәсіл спорттық іс-шараларда жедел жәрдемнің ұшқышсыз ұшу аппараттарын пайдалануды көздейді. Жүрек ырғағының бұзылуы кезінде білікті медициналық көмек көрсету өте маңызды. Американдық статистикаға сәйкес, медициналық мекемеден тыс жерде жүрек ұстамасы болған жағдайда, орташа есеппен оннан бір ғана пацент өмір сүреді. Білікті алғашқы көмек көрсетусіз әр минут өмір сүру мүмкіндігін 10 пайызға төмендетеді, сондықтан алғашқы көмек көрсету және дефибрилляторды тез жеткізу өмірді сақтап қалудың маңызды параметрлері болып табылады. Зерттеушілер қоңырауға жауап беру уақытын қысқарту «жылына жүздеген адамның өмірін» құтқарады деп санайды. Сонымен қатар, кейбір сарапшылар дефибрилляторды жеткізудің жоғары жылдамдығына қарамастан дәстүрлі жүрек-өкпе реанимациясы жүректің тоқтап қалуында да тиімді екенін атап көрсетеді. Сонымен қатар, CPR кез-келген техникалық құрылғыларды қажет етпейді және оны кездейсоқ өтіп бара жатқан адамдар дереу орындай алады.

Негізгі сөздер: төтенше жағдай, жүрек соғысы, алғашқы көмек жинағы, дрон, дефибриллятор.

Кіріспе. Қазіргі әлемде жолдарда қозғалыс көп, бұл бүкіл қалада кептелістерге әкеледі. Осылайша, төтенше дағдарыс кезінде жолда келе жатқан жедел жәрдем тағайындалған жерге уақытында жете алмауы мүмкін және науқас өмірін жоғалтуы мүмкін. Осылайша, "адам өмірін құтқару" мақсатын бір қадамға жақындататын жеке құрал енгізу қажет. Дрон немесе квадрокоптер әуе бағыты бойынша өтеді және адам басқармайды [1].

Қозғалтқыштар мен қозғағыштар үлкен тартқышты шығарады. Төрт BLDC қозғалтқышынан және оған бекітілген бұрандалардан тұратын Квадрокоптер оны оңтайлы дизайнға айналдырады және қажетті тартуды қамтамасыз етеді. 2200 мАч төрт батарея ұшқышқа қуат береді. Дрон жедел жәрдемге қарағанда төтенше жағдайларға тезірек жетуге қабілетті және нақты уақыт режимінде науқастың денсаулық параметрлерін өлшей алатын медициналық қораптан тұрады [2]. Бұл прототиптегі әртүрлі сенсорларға жүрек соғу сенсоры, температура сенсоры және ЭКГ сенсоры кіреді. Бір реттік электродтары бар ЭКГ сенсоры әр жүрек соғу жиілігін анықтау үшін кеудеге тікелей бекітіледі.

Электродтар жүрек соғысын электр сигналына айналдырады, сондықтан ЭКГ сенсорлары үздіксіз жүрек соғысын өлшеп, жүрек соғу жиілігі туралы мәліметтер бере алады. Науқастың дене температурасы температура сенсорымен анықталады. Науқастың минутына жүрек соғу жиілігін анықтау үшін жүрек соғысы немесе жүрек соғу жиілігі сенсоры қолданылады [3]. ZIGBEE технологиясы нақты уақыт режимінде деректерді төтенше жағдайдан жедел жәрдемге жіберу үшін қолданылады, ол тағайындалған жерге жіберіледі. Zigbee механизмі Wi-Fi жүйесіне қарағанда қарапайым және арзан.

Миокард дағдарысы жағдайында дефибрилляторды беру үшін ауруханалық дронды қолдануға болады. Шалғай жерлерде жедел жәрдем төтенше жағдайларда дәрі-дәрмектерді жеткізу жүйесі бола алады. Тыныс алу синдромымен ауыратын адамдарға оттегі беретін дрон берілуі мүмкін. Қолданыстағы жүйелер тек бір параметрді ескереді.

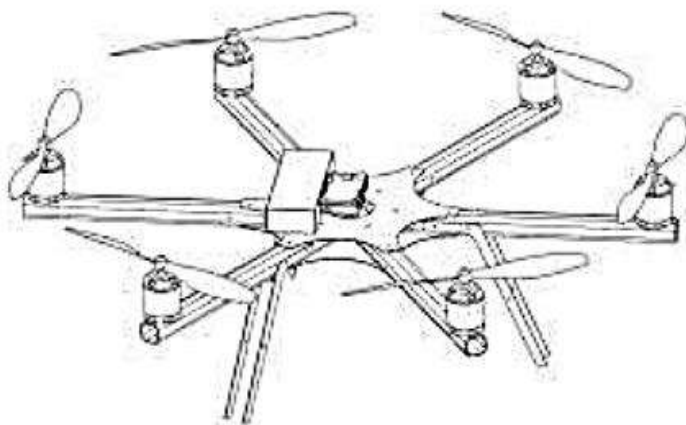
Осы мақалада ұсынылған прототип-бұл жедел жәрдем, ол температура сенсоры, ЭКГ сенсоры және жедел жәрдемнен бұрын төтенше жағдайға жететін және денсаулық параметрлерін нақты уақытта өлшеп қана қоймай, оларды жедел жәрдемге жіберетін Сенсорлардан тұратын медициналық қораппен жабдықталған. Жедел жәрдемдегі дәрігер ЭКГ сенсорының деректері арқылы берілген жүрек жағдайы сияқты нақты уақыттағы Денсаулық параметрлерін талдай алады [4].

Қазіргі әлемде жолдарда көптеген машиналар бар, бұл бүкіл қалада кептелістерге әкеледі. Сондықтан төтенше жағдай кезінде жолда келе жатқан жедел жәрдем тағайындалған жерге уақытында жете алмауы мүмкін және науқас өмірін жоғалтуы мүмкін. Осылайша, адам өмірін құтқарудың мақсатын бір қадамға жақындататын жеке құрал енгізу қажет. Дрон немесе алтыбұрышты тікұшақ әуе бағыты бойынша ұшады және оны адам басқарады. Қосымша Қозғалтқыштар мен қозғағыштарды пайдалану тартылуды тудырады. Алты BLDC қозғалтқыштарынан және оған бекітілген пропеллерлерден тұратын алтыбұрышты тікұшақ оны оңтайлы дизайнға айналдырады және қажетті тартуды қамтамасыз етеді. Дронның қуаты 5200 мАч батареядан келеді. Дрон төтенше жағдайға көмектесу үшін жедел жәрдемге қарағанда төтенше жағдайларға тезірек жетуге қабілетті алғашқы медициналық көмек жиынтығынан тұрады. Дрондарды Денсаулық сақтау саласында қолдану ұсынылған прототиптің мақсаты болып табылады. Осы себепті бірінші қадам-гексакоптерді дамыту. Тартқышты да, моментті де әр гексакоптер шығарады және олар оның КОР (айналу орталығы) айналасында шығарылады. Бұған қоса, қарсылық күші оның ұшуына қарама-қарсы бағытта да жасалады [5].

Конструкциясы:

Дронда қолданылатын негізгі компоненттер келесідей (сурет 1):

- 1) жақтау: H550mm пластикалық талшықты жақтау;
- 2) қозғалтқыштар: 1000 кВ алты BLDC қозғалтқышы;
- 3) электрондық жылдамдықты реттегіш(ESC): 30 ампер;
- 4) ұшу контроллері: Pixhawk ұшу контроллері;
- 5) Батарея: 5200mAh Lipo;
- 6) GPS модулі: M7N;
- 7) Таратқыш: FS i6 Flysky;
- 8) қабылдағыш: 6 арналы fs i6;
- 9) телеметрия модулі: 433MHz;
- 10) Пропеллер: 10*4.5.

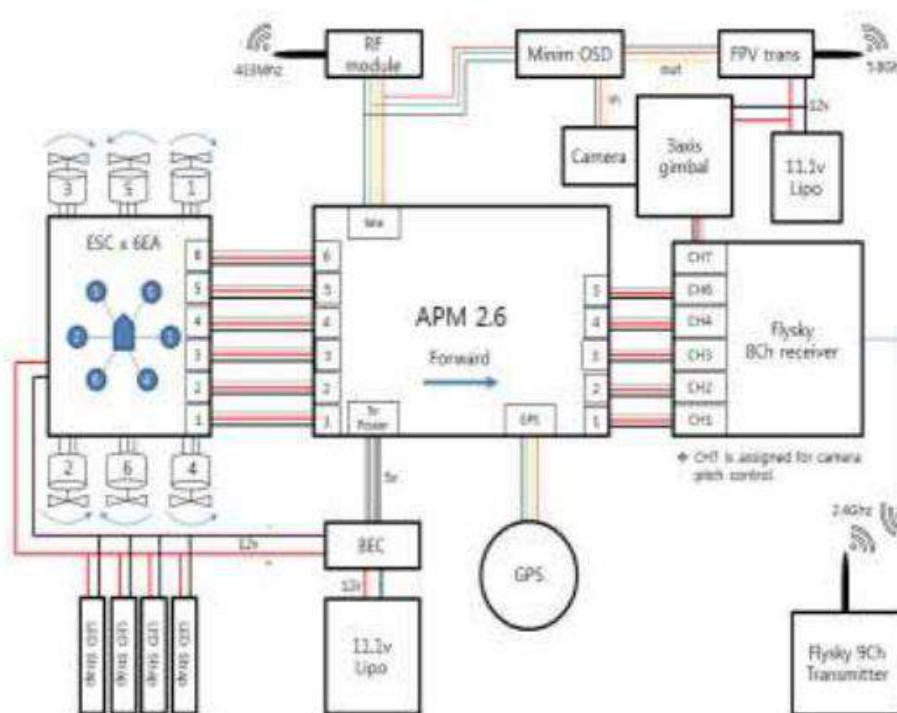


1-сурет. Гексакоптердің негізгі дизайны

Бұл тұрақтылық пен беріктік үшін квадрокоптерді енгізу. Дронды санитарлық авиация ретінде пайдалану. Осы себепті бірінші қадам-гексакоптерді дамыту. Моментті де, ҚазҰТЗУ хабаршысы №3 2021

тартқышты да әр гексакоптер шығарады және олар оның КОР (айналу орталығы) айналасында шығарылады. Бұған қоса, қарсылық күші оның ұшуларына қарама-қарсы бағытта да жасалады [6].

Әрбір гексакоптер оған бекітілген алты қозғалтқыш жасаған тартпа арқылы көтеру, илеу және тартуға қол жеткізуге тырысады. Осылайша, қозғалтқыштарға бекітілген бұрандаларды гексакоптердің барлық бағытта ұшуы үшін пайдалануға болады. Саралай отырып тартуға алты роторлар, басқаруға болады қадам және креном гексакоптера. КГ-ға қатысты әр тірек бұранданың тартылу иығының моменті, тұрақты жағдайда UAV тең болуы керек. $M = MI \times \alpha$ (сурет 2).



2-сурет. Қосылу схемасы

Қарапайым, $T = mra + mg$; саралау, $dT / da = mr$. Сонымен қатар, тұрақтылықты арттыру үшін ротордағы массаны (m) немесе ротор мен CG(r) арасындағы қашықтықты арттыру қажет. Иілуге қарсы тұру үшін екі гексакоптер роторы сағат тіліне қарсы бұрылады, осылайша екі ротордың реактивті моменті бейтараптандырылды. $3t\cos\theta = Mo \times g$; импульсті-импульсті принцип, [3] MI роторы $x + 3\sin\theta.r = 0$; қарапайым, $\tan\theta = [mrm2w/2] / grMo$; қозғалтқыштың техникалық сипаттамасынан қозғалтқыштың максималды жылдамдығы $\omega = 1900$ Рад-1 құрайды. Осылайша $\theta = 0,43^\circ$ [7].

Дрондар, әсіресе азаматтық дрондар, біршама жетілмеген технология немесе, кем дегенде, тез дамып келе жатқаны түсінікті. Үлкен өзгерістер мен жақсартулар жыл сайын дерлік жүреді, ал инновациялық, заманауи өнім келесі жылы ескіруі мүмкін. Amazon Prime Air және Google Project Wing сияқты "көкжиектегі" өнімдердің көптігіне байланысты, бірақ қазіргі уақытта мұндай жүйелер жұмыс істемейді, ұшқышсыз ұшақтардың толық автономды желісі әлі практикалық емес сияқты. Алайда, бұл мәселе болашақта шешілетін сияқты, сондықтан мұндай жүйені кейінірек іске асыруға болады. Мұны азаматтық ұшқышсыз ұшу аппараттарының "әскери дивиденд" ұғымын қарастыру арқылы да растайды, басқаша айтқанда, азаматтық ұшқышсыз технологиялар әскери ұшқышсыз технологияларды ұстанады [8].

Әскери дрондар жүктерді жеткізуден гөрі ұзақ уақыт бойы бақылаумен айналысқандықтан (өте жылдам қозғалатын, құтқару емес зымырандарды жеткізуді есептемегенде), біз бұл азаматтық дрондардың қабілетіне әсер ететінін көреміз. Аз жүйелер тасымалдауды ескере отырып жасалады және олардың көпшілігі аэрофототүсірілімге арналған. Жақында әскери дрондар тасымалдау үшін қолданыла бастады және азаматтық дрондар өздерінің экономикалық күшіне айналды, сондықтан жүк тиеуге арналған азаматтық дрондар, мысалы, камера дрондары сияқты пайда болуы мүмкін. Қазіргі уақытта жұмыс істейтін жүйелер қарапайым, жалғыз дрондар мен жалғыз жеткізілімдерге бағытталған және қолмен басқарылады. Мұндай жүйе жетілдірілген автоматтандырылған немесе мультидронды жүйеден айырмашылығы жедел жәрдем ұшағы үшін қисынды бастама болатын сияқты [9].

Қорытынды. "Ұшқышсыз жедел жәрдем" прототипі жедел жәрдем машиналарына адам өмірін сақтап қалуға көмектесу үшін жасалған. Өзірленген прототип төтенше жағдайға жету үшін аз уақытты алады және нақты уақыт режимінде науқастың денсаулық параметрлерін өлшеуге және жедел жәрдемге жіберуге көмектеседі, мұнда оларды lab view бағдарламалық жасақтамасында талдауға болады. Бұл прототип пациенттің өмірін сақтап қалуға үлкен үлес қосады және осылайша "өмірді құтқару" міндетін орындайды [10]. Дронды ауыл шаруашылығында, өнеркәсіпте қолдануға болады, фотография саласы, әскери мақсат. Металл детектор жүйесі миналардың орналасқан жерін анықтау үшін ұшқышқа орнатуға болады. Дронды бүріккіште қолдануға болады.

ӘДЕБИЕТТЕР

- [1] Кобб Л.А., Волш Т.Р. Қарыншалардың ауруханадан тыс фибрилляциясы бар пациенттерде дефибрилляция алдында жүрек-өкпе реанимациясының әсері. – 2001. – Б. 199-203.
- [2] Американдық дрон тарихын бақылау. [Электрондық ресурс]. – Қатынас режимі: URL: <https://understandingempire.wordpress.com/2-0-a-brief-history-of-u-s-drones/38>.
- [3] Жедел жәрдем дрондары жүрек ұстамасы бар науқастардың өмір сүру мүмкіндігін күрт арттырады. [Электрондық ресурс]. – Қатынас режимі: URL: <http://www.tudelft.nl/en/current/latest-news/article/detail/ambulance-dronetu-delft-vergroot-overlevingskans-bij-hartstilstand-drastisch>.
- [4] Танзи Т. Құтқару қызметтеріне көмек көрсету үшін автономды ұшқышсыз ұшу аппараттары. – 2010. – № 3. – Б. 126-145.
- [5] Кочендерфер М. Ұшқышсыз ұшақтардың қозғалысын басқаруға арналған қақтығыстарды қысқа мерзімді шешу. – 2003. – 12 б.
- [6] Йозефин Леннартссон. Ауруханадан тыс жерде жүрек ұстамасы құрбандарына дефибриляторларды жеткізу үшін жедел жәрдем машиналарын Стратегиялық орналастыру. КТН, сәулет және құрылыс орта мектебі (ABE), қалалық жоспарлау және қоршаған орта, Геоинформатика, – 2015.
- [7] Джозефин А., Аркия Д., Премкумар Дж. Жедел медициналық көмекке арналған квадрокоптер негізіндегі Технология. – 2017. 3-ші Халықаралық конференция биосигналдар, суреттер мен құрылғылар (ICBSII), 16-18 наурыз 2017 ж.
- [8] Тан Хан Ронг, Рональд. Ұшқышсыз ұшу аппараттарын бірлесіп зерттеу. – Сингапур Ұлттық университеті, – 2009.
- [9] Фарин Н., Шариф С., Мобин. Нақты уақыттағы интеллектуалды сенсорлық жүйе.
- [10] Электротехника бойынша халықаралық конференция және информатика (ICEEI), – 2017.

REFERENCES

- [1] Kobb L.A., Volsh T.R. Qarynshalardyң aurukhanadan tys fibrillyatsiyasy bar patsientterde defibrillyatsiya aldynda zhyrek-ökpe reanimatsiyasynyң әseri. – 2001. – B. 199-203.
- [2] Amerikandyk dron tarikhyn bakylau. [Elektrondyk resurs]. – Katynas rezhimі: URL: <https://understandingempire.wordpress.com/2-0-a-brief-history-of-u-s-drones/38>.
- [3] Zhedel zhardem drondary zhurek ustamasy bar naukastardin omir suru mumkindigin kurt arttyrady. [Elektrondyk resurs]. – Katynas rezhimі: URL: <http://www.tudelft.nl/en/current/latest-news/article/detail/ambulance-dronetu-delft-vergroot-overlevingskans-bij-hartstilstand-drastisch>.

- [4] Tanzi T. Kutkaru kizmetterine komek korsetu ushin avtonomdy ushkyshsysh ushu apparattary. – 2010. – № 3. – B. 126-145.
- [5] Kochenderfer M. Ushkyshsysh ushaktardyn kozgalysyn baskaruga arnalgan kaktygystardy kyska merzimdi sheshu. – 2003. – 12 b.
- [6] Iozefin Lennartsson. Aurukhanadan tys zherde zhyrek ustamasy kurbandaryna defibrillyatorlardy zhetkizu ushin zhedel zhardem mashinalaryn strategiyalyk ornalastyru. KTH, saulet zhane kurylys orta mektebi (ABE), kalalyk zhosparlau zhane korshagan orta, Geoinformatika, – 2015.
- [7] Dzhozefin A., Arkiya D., Premkumar Dzh. Zhedel meditsinalyk komekke arnalgan kvadrokopter negizindegi tekhnologiya. – 2017. 3-shi Khalykaralyk konferentsiya biosignalдар, suretter men kurylgylar (ICBSII), 16-18 nauryz 2017 zh.
- [8] Tan Khan Rong, Ronal'd. Ushkyshsysh ushu apparattaryn birlesip zertteu. – Singapur Ultyk universiteti, – 2009.
- [9] Farin N., Sharif S., Mobin. Nakty uakyttagy intellektualdy sensorlyk zhyie.
- [10] Elektrotehnika boynsha khalykaralyk konferentsiya zhane informatika (ICEEI), – 2017.

D.K. Bolatbekova*, E.A. Tuleshev
Satbayev University, Almaty, Kazakhstan
*e-mail: bolatbekd97@mail.ru

RESEARCH AND CONSTRUCTION OF A MATHEMATICAL MODEL OF A MOBILE DEVICE FOR MEDICAL PURPOSES

Abstract. The transmitted to the emergency spot earlier than ambulance and take into account multiple real time health parameters of the patient such ambulance purpose of this project is to develop a prototype of drone ambulance to assist the ambulances in saving human life's. According to a study conducted by a centre of science and environment, traffic in its 'peak hours' on an average does not exceed 30-40 km/hr 92% of the times. In existing systems, a drone carries only the defibrillator to the emergency spot. Thus, it takes into account only a single parameter. This paper aims at developing a system that would be able to fly to the as temperature heart rate and heartbeat. The values of these essential parameters are then. This helps the doctor to evaluate the situation better to provide first-aid kit.

Keywords: traffic, peak hour, emergency spot, heartbeat, first-aid kit, drone, ambulance.

Д.К. Болатбекова*, Е.А. Тулешев
Satbayev University, Алматы, Казахстан
*e-mail: bolatbekd97@mail.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ И ПОСТРОЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПЕРЕДВИЖНОГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ МЕДИЦИНСКИХ ЦЕЛЕЙ

Аннотация. В этой статье рассматриваются возможности использования беспилотных летательных аппаратов для доставки дефибрилляторов пациентам с остановкой сердца вне больницы быстрее, чем машина скорой помощи. Основное внимание уделяется объединению потребностей реагирования на чрезвычайные ситуации с правилами и положениями, необходимыми для безопасной эксплуатации беспилотных летательных аппаратов. Результаты показали, что существует как предполагаемое использование беспилотных летательных аппаратов скорой помощи, так и способ их легального использования. Предлагаемый подход предполагает использование беспилотных летательных аппаратов скорой помощи на спортивных мероприятиях.

Ключевые слова: пиковый час, аварийное пятно, сердцебиение, аптечка первой помощи, дрон, дефибриллятор.

Г.С. Рысмендеева*

Satbayev University, Алматы, Казахстан

*e-mail: g.rysmendeyeva@satbayev.university

РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В ПРОЦЕССЕ УПРАВЛЕНИЯ АКТИВАМИ

Аннотация. Долгосрочный приоритет в области социальной политики в направлении обеспечения социальных гарантий и повышения личной ответственности граждан страны является стратегией развития нашего государства. Имея сознательную траекторию управления, человек может в молодом возрасте планировать личные финансы, не прибегая к помощи кредитной организации. Для обеспечения содержания информационных систем принятия решений в процессе управления активами физических лиц требуется разработка математических моделей сложных функциональных социальных систем. В данной работе исследуются математические модели управления активами на протяжении жизненного цикла семьи. Построена математическая модель процесса достижения нескольких финансовых целей семьи, распределенных по времени на протяжении жизненного цикла. Описана модель управления процессами накопления богатства в целях выполнения обязательств семьи путем контроля регулярных взносов. Показано, когда каждое поколение семьи имеет целевые фонды, риск невыполнения обязательств в условиях волатильности во внешней среде снижается.

Ключевые слова. Математическое моделирование, личные финансы, жизненный цикл, информационная система.

Введение. Долгосрочный приоритет в области социальной политики в направлении обеспечения социальных гарантий и повышения личной ответственности граждан страны является стратегией развития нашего государства. Имея сознательную траекторию управления, человек может в молодом возрасте планировать личные финансы, не прибегая к помощи кредитной организации. Для информационных систем принятия решений в области управления активами физических лиц требуется разработка математических моделей сложных функциональных социальных систем и алгоритмов их решений.

Исследования вопросов инвестиций, человеческого капитала в течение жизненного цикла личности являются актуальными. Так в работе [1] отмечается, что перенос субсидий на более ранний возраст увеличивает совокупное благосостояние и человеческий капитал. Определение оптимального портфеля для инвестора с повышенным неприятием риска на рынке ценных бумаг показывает, что пожилые инвесторы должны сокращать свои отчисления в рискованные активы, что согласуется с эмпирическими отношениями между возрастом, богатством и портфелями [2]. В работе [3] отмечается важность проведения исследований жизненного цикла индивидов в семьях в городских условиях. В работе [4] рассматриваются оптимальные стратегии финансирования и инвестирования пенсионного плана с установленными взносами при изменении потребления, отношения к риску и уровня человеческого капитала. Оценка социальной мобильности между поколениями имеет большое значение для понимания роли семьи в объяснении неравенства в доходах [5]. Вопросы моделирования оптимального поведения инвестиций с учетом факторов личности, таких как способности, человеческий капитал, сила и т.д. исследуются в рамках модели динамического конфликта [6].

В данной работе ставится цель описания вопросов семейного финансового благополучия методами математического моделирования в целях дальнейшего использования при разработке информационной системы. Для реализации поставленной цели сначала необходимо описать процессы создания семейного финансового благополучия и определить ограничения математической модели. Изучение литературы позволяет применить существующие решения в области институционального управления

инвестициями к семейным финансам. Под семьей подразумевается три поколения: дети, родители и старшее поколение бабушек и дедушек. Благосостояние семьи рассматривается как сбережения семьи, доходы членов семьи - как частные денежные потоки. Заработок можно отнести отдельным лицам, семейные сбережения же распределяются между членами семьи. Сбережения также служат в качестве запасов и страховки на «черные дни». Поскольку благополучие отдельного человека взаимозависит от благополучия семьи, то совокупность активов семьи можно рассматривать как долгосрочный фонд, который подразумевает финансирование определенных долгосрочных целей. Примерами целей могут быть финансирование образования детей, материальная помощь при создании молодой семьи, покупка недвижимости, финансовая помощь престарелым родителям.

За время пандемии коронавируса в 2020 году капитализация пяти ИТ компаний- Apple, Microsoft, Amazon, Alphabet/Google, Facebook выросла, в то время как многие отрасли понесли убытки. Основными акционерами этих ИТ гигантов является четверка инвестиционных компаний: Vanguard Group, Fidelity, Capital Group, BlackRock, которая управляет активами фондов богатых людей. Если богатейшие семьи могут позволить передать свои активы в управление международным профессиональным управляющим, то простые семьи - нет. Поэтому актуально разработать информационную систему принятия решений, чтобы простые семьи могли самостоятельно управлять своими активами.

В качестве модели управления активами можно рассмотреть управление университетскими или благотворительными фондами, которые не ставят целью получение сверхдоходов или власть над миром, а направляют свою деятельность на финансирование грантов и проектов. Политика управления университетскими или благотворительными фондам [8] заключается в балансе расходов и доходов как в задаче о бассейне: сколько воды протекает, столько же должно вытекать, чтобы бассейн не высох и не переполнился.

Аналогично, стандарт жизни семьи, а именно долгосрочная покупательная способность, долгосрочные расходы на образование, дом, свадьбу, похороны должны оставаться стабильными, несмотря на периоды волатильности на финансовых рынках, в политике, на работе. В такие периоды расходы снижаются, так как доходы подвергаются риску неопределенности.

В моделях жизненного цикла сбережений при неопределенном сроке жизни и ограничении по займам богатство потребителя должно быть исчерпано до достижения максимального срока жизни. В статье [9] автор ищет оптимальные сроки истощения богатства, которое будет зависеть от принимаемых стратегий управления активами. В статье вводится новый для экономики метод - сопряженное уравнение Дубовицкого – Милютина - для анализа свойств задачи оптимального управления.

Однако для семейного фонда следует рассматривать совокупность сбережений трех поколений семьи, когда остаток богатства индивидуума наследуется членами семьи. В этом случае продолжительность жизни отдельного человека не принципиальна. Для активов семейного фонда нет таких временных сроков как продолжительность жизни личности. Предполагается, что семья существует бесконечно и циклично. Один цикл, когда старшее поколение бабушек и дедушек замещается внуками, после чего повторяется следующий цикл.

Ограничения модели накопления богатства. Рассмотрим математическую модель семейных сбережений, которая ограничивается следующими параметрами: входящие потоки, долгосрочные и краткосрочные расходы, внешняя среда. На выходе модели получаем семейное наследство. Математическую модель можно визуализировать в виде следующей контекстной диаграммы (рис. 1). На контекстной диаграмме описывается жизненный цикл семьи. Семья в процессе жизненного цикла получает, создает и оставляет материальные и нематериальные активы. Она руководствуется собственными стратегиями, чтобы обеспечить благополучие, но в соответствии с законами и понятиями общества. В ходе своей

деятельности применяет существующие технологии и сотрудничает с другими людьми для достижения поставленных целей. В конце цикла семья может оставить определенное наследство следующему потомству или же обанкротиться, если оставляет долги.

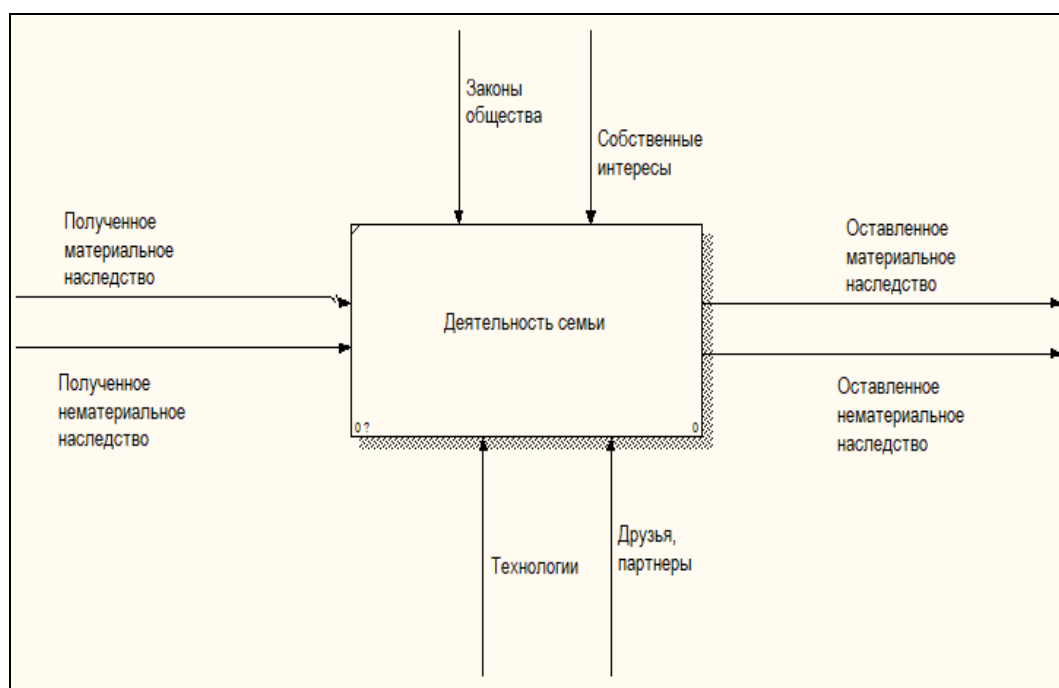


Рисунок 1. Контекстная диаграмма жизненного цикла

Построим математическую модель процесса накопления богатства для целей выполнения нескольких семейных обязательств. Предположим, что ожидаемые крупные долгосрочные расходы планируются как будущие обязательства. Далее активы в форме сбережений покрывают будущие обязательства, не прибегая к помощи кредитных организаций. При этом поддерживается минимальный уровень сбережений на случай непредвиденных расходов. Сберегательная стратегия или стратегии управления богатством сводится к стратегии баланса активов и обязательств с наличием минимального порогового уровня сбережений.

Модель имеет одну независимую переменную - время. Пусть заданы следующие входные данные: входящие сбережения S_0 , доходы от деятельности личности DF , факторы внешней среды R , долгосрочные расходы E , сроки наступления обязательств T . Выходные данные – информация о выполнении или невыполнении поставленных целей по исполнению обязательств. Доход семьи и доходности активов моделируются как входные данные для модели и считаются известными. Предполагается, что семья не может оказывать влияние на внешние факторы, которые определяются рынком труда и финансовым рынком.

Исследуем факторы модели на непрерывность и дискретность. Функция сбережений является непрерывной функцией. Доходы являются, как правило, непрерывными функциями. Если учитывать периоды стрессов, длительной безработицы, то доход может иметь разрывы. Долгосрочные расходы на свадьбы, похороны, высшее образование, страховые случаи являются краткосрочными, могут быть ожидаемыми или совершенно случайными по времени и величине. Факторы внешней среды относятся к случайным факторам. Например, доходности инвестиций, законодательство, технологии, социальные связи могут изменяться неожиданным образом. Измерение этих факторов можно проводиться в трех направлениях: способствующие росту благосостояния, не способствующие и нейтральные.

Для простоты модели сделаем следующие допущения и ограничения:

–Всевозможные внешние факторы зависят от одного глобального фактора, например индекса деловой активности, индекса ВВП страны или любого другого фактора, который считается самым важным единственным источником влияния на доходы от активов.

–Используется стабильная, универсальная единица для измерения стоимости. Стоимость активов не подвергается амортизации временем, например, допустим, что актив измеряется в стабильной валюте, золоте, продуктах первой необходимости или безразмерных единицах.

–Доходы неограниченные и неотрицательные.

–Долгосрочные расходы зависят от сбережений и не могут превышать размера сбережений. Другими словами, активы не могут быть ниже обязательств.

–Сбережения не могут быть ниже, заданной величины, например, средней суммы текущих расходов семьи за шесть месяцев.

Математическая модель целевых сбережений. В модели декомпозиции денежных потоков [7] используются дискретные модели изменения какой-либо функции в моменты времени t и $t+1$. Функция зависит от двух переменных: тип фонда, время. В качестве функции могут выступать совокупные чистые активы, которые зависят от средневзвешенной доходности на рынке за период времени и денежного потока и представляют собой сумму всех фондов.

Применительно к поставленной задаче совокупные сбережения S в момент времени t есть сумма сбережений в предыдущий момент времени, плюс доход, полученный за период времени от этих сбережений, плюс денежный приток. Денежный приток есть располагаемый доход за минусом текущих обязательств.

$$S_{t+1} = (1+R)S_t + DF_{t+1} \quad (1)$$

Пусть известны величины ожидаемых расходов E_i , $i = 1, 2, \dots, n$, сроки их наступления T_i , $i = 1, 2, \dots, n$ и оценочная степень риска R .

Далее сбережения разделяются по целевым фондам ожидаемых обязательств.

$$S_{i,t+1} = (1+R_{i,t})S_{i,t} + DF_{i,t+1} \quad t \in [0, T_i], \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (2)$$

Происходит проверка, что активы не ниже обязательств

$$S_{i,T_i} \geq E_i, \quad i=1,2,\dots, n \quad (3)$$

Допустим, в момент времени T_1 пришла пора инвестиции в образование, тогда соответствующий целевой фонд обнуляется либо происходит перевод остатка в фонд следующих расходов.

Безразмерная модель. Один цикл жизни семьи может длиться в среднем 30-40 лет от рождения третьего поколения (внуки) до смерти первого (бабушки-дедушки). За этот период денежные реформы и финансовые кризисы могут сделать непрактичными любые планы и расчеты. Поэтому нужно использовать универсальную стоимость. Предлагается переход к безразмерным единицам измерения. В качестве единицы можно принять сумму всех обязательств, что в процентах составит 100%. Каждое отдельное обязательство распределить так, чтобы их сумма составляла единицу или 100%. Текущие платежи в фонды можно измерять в процентах от соответствующих обязательств.

Пусть общая сумма обязательств E равна 1, известны сроки обязательств $T_1, T_2, \dots, T_n$ и соответствующие обязательства $E_1, E_2, \dots, E_n$. Тогда

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1, \quad (4)$$

где $w_i = E_i/E$ есть веса обязательств.

Чтобы накопить сумму i -го обязательства к сроку T_i необходимо ежегодно вносить в i -ый целевой фонд определенную сумму. Если вносить равными долями в течение всего периода до наступления срока обязательства, то сумма взноса равна $DF_i = E_i/T_i = w_i * E/T_i = w_i/T_i$. Тогда формулы (2) приобретают безразмерный вид.

$$S_{i,t+1} = (1+R_{i,t+1})S_{i,t} + w_i/T_i \quad t=1,2,\dots,T_i \quad (5)$$

Граничные условия:

- в начальный момент времени

$$S_{i,0} = w_i * S_0 \quad (6)$$

- в конце срока

$$S_{i,T_i} = w_i \quad (7)$$

$$\sum S_{i,T_i} > 1 \quad (8)$$

Условие (6) можно смягчить, задав размер обязательств с некоторой погрешностью

$$\|\sum S_{i,T_i} - 1\| < \varepsilon \quad (9)$$

В такой постановке известны веса обязательств w_i , сроки T_i , $i=1,2,\dots,n$. Параметр R определяется внешней средой. Он может быть случайной величиной с заданным распределением вероятностей.

Предположим, что размер вклада не изменяется со временем $DF_{i,t+1} = DF_i$. Как правило, сбережения обесцениваются инфляцией. Если реальная доходность с поправкой на инфляцию нулевая $R_{i,t+1} = 0$, тогда модель будет следующей

$$S_{i,t+1} = S_{i,t} + w_i/T_i \quad (10)$$

В конце срока T_i получим размер сбережений, равный

$$S_{i,T_i} = S_{i,0} + w_i \quad (11)$$

$$S = \sum_{i=1}^n S_{i,T_i} = \sum_{i=1}^n S_{i,0} + \sum_{i=1}^n w_i = \sum_{i=1}^n S_{i,0} + 1 > 1 \quad (12)$$

Значит, все обязательства выполняются в конце установленных сроков.

Если скорректированная на инфляцию реальная доходность ненулевая $R_{i,t+1} \neq 0$, то модель будет следующей.

$$S_{i,t+1} = (1+R_i) S_{i,t} + DF_{i,t+1}$$

$$S_{i,n} = S_{i,0} \prod_{j=0}^{T_i} (1 + R_j) + \sum_{j=1}^{T_i} DF_{i,j} \prod_{k=j}^{T_i-1} (1 + R_k) \quad (13)$$

Если скорректированные на инфляцию реальные доходы считать стационарными, то формулу можно записать в виде

$$S_{i,n} = S_{i,0} \prod_{j=0}^{T_i} (1 + R_j) + DF_i \sum_{j=1}^{T_i} \prod_{k=j}^{T_i-1} (1 + R_k) \quad (14)$$

Если доходность есть некоторая усредненная постоянная величина для рассматриваемого промежутка времени, то получим

$$h_i = \prod_{j=1}^{T_i} (1 + R_j) = (1 + R)^{T_i} \quad (15)$$

$$p_i = \sum_{j=1}^{T_i} \prod_{k=1}^j (1 + R_j) = \frac{(1+R)^{T_i} - 1}{R} \quad (16)$$

Таким образом, для указанного частного случая для достижения целевых показателей необходимо откладывать ежегодно величину

$$DF_i = \frac{S_{i,T} - h_i S_{i,0}}{p_i} \quad (17)$$

Результаты. Рассмотрим результаты вычислительных экспериментов. Опишем возможную ситуацию в гипотетической семье: «Представьте себе супружескую пару одного возраста 25 лет. Они живут вместе в арендуемой квартире 5 лет и имеют одного ребенка. Оба откладывают часть своих ежемесячных доходов на крупные инвестиции и «черные» дни. У них есть 0,02 безразмерных единиц на совместном сберегательном счете и никаких индивидуальных сберегательных счетов. Они планируют, что через 18 лет их ребенок поступит в частный вуз, через 25 лет нужно помочь ему с созданием семьи, через 30 лет потребуется помощь старшему первому поколению, а через 40 лет, выполнив свои обязательства перед ребенком и родителями, нужно обеспечивать свою старость. Они распределили будущие расходы в соотношениях 20%, 30%, 20%, 30%. Каким образом они могут достичь поставленных целей?»

Рассмотрим результаты решения описанной выше задачи. На рис. 1 показаны динамики изменений сбережений S_i в безразмерных единицах за весь планируемый период в целевые фонды: на образование, свадьбу, похороны стариков, пенсию. На рис.2 показана динамика совокупной суммы S . На рис. 3, 4 представлены аналогичные результаты для случая, когда есть положительная, постоянная реальная доходность $R=2\%$.

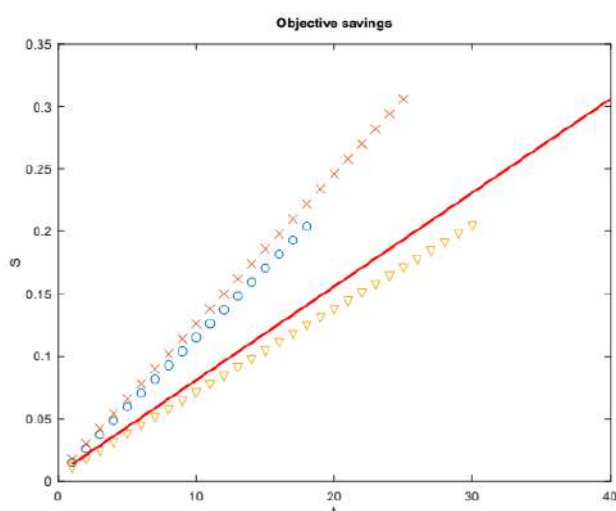


Рисунок 1. Целевые сбережения $R=0$.

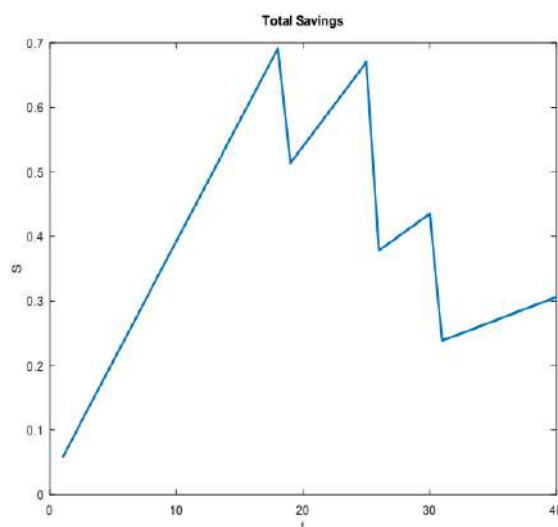


Рисунок 2. Совокупные сбережения $R=0$.

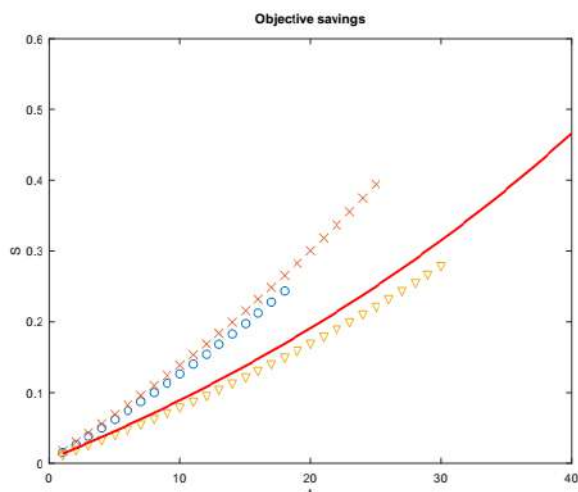


Рисунок 3. Целевые сбережения R=2%.

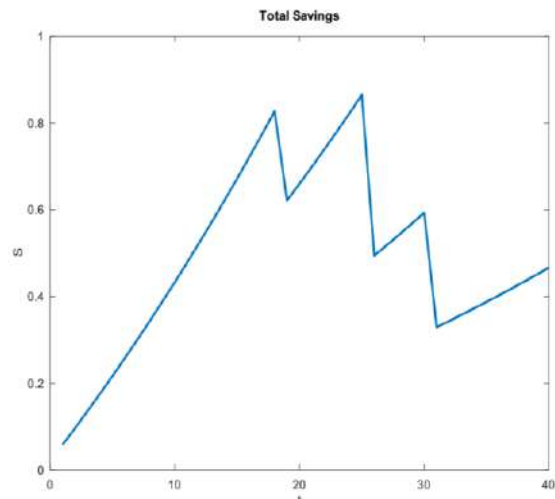


Рисунок 4. Совокупные сбережения R=2%.

В Таблице 1 даны результаты расчетов ежегодных вкладов в данные целевые фонды. При нулевой реальной доходности активов для выполнения поставленных обязательств ежегодно потребуется откладывать в общей сумме в четыре фонда 0,0372 у.е. Допустим, что 1 у.е. (безразмерная единица), равная общей сумме обязательств, составляет 10 млн тг, тогда ежегодные взносы в целевые фонды составят 373 тыс тг в год или 31 тыс тг ежемесячно. Если есть положительная реальная доходность активов, то можно откладывать меньше, а именно 292 тыс тг в год или 24 тыс тг в месяц. Заметим, что в данной задаче процесс сбережений растянут на длительный срок до 40 лет.

Таблица 1. Ежегодные вклады в различные целевые фонды

	Вклады в год, у.е.	Вклады в год, тг, 1у.е.=10 млн тг	Вклады в год, у.е.	Вклады в год, тг, 1у.е.=10 млн тг
	R=0		R=2%	
Образование	0,011	110 000	0.00971	97 141
Создание семьи	0,012	120 000	0.00954	95 441
Помощь родителям	0,0067	67 000	0.00497	49 726
Пенсия	0,0075	75 000	0.00493	49 283

Моделирование доходности активов. Существуют периоды спада и подъема экономической деятельности. Приведем несколько примеров. Спады доходностей активов наблюдались в 2001 году во время «исламского терроризма», в 2007 году - мирового финансового кризиса после краха инвестиционного банка «Lehman Brothers», в 2014 году - войны в Сирии, в 2020 году- пандемии вируса COVID-19.

Можно использовать тригонометрические функции для описания доходностей активов с учетом экономических циклов.

$$R(t) = A * \sin(B * t + C) + D \quad (18)$$

Пусть область значений функции $R(t)$ лежит в интервале $[R_{\min}, R_{\max}]$, периоды экономического роста и падения равны P , и в начальный момент времени доходность равна R_0 . Тогда параметры A, B, C, D можно определить следующим образом

$$A = R_{\max}, \quad B = \frac{\pi}{P}, \quad D = R_0, \quad C = 0$$

Для модельных расчетов положим, что периоды спада и подъема составляют приблизительно 6 лет. Если исключить периоды гиперинфляции с 1991 по 1995 годы медиана индекса потребительских цен за период 1996-2019 гг составляет 7,4% [10]. По данным Национального Банка РК [11] за период 1995-2020 гг девальвация тенге изменяется в пределах (-19%, 54%), медиана составляет 4,75%. Проценты по депозитам физических лиц в тенге сроком от 3 месяцев до 1 года за период 1996-2020 составляют по медиане 9,3%. Таким образом, реальная доходность за вычетом инфляции равняется в среднем $9,3 - 7,4 = 1,9$ %. Если дополнительно учитывать девальвацию тенге к доллару, т.е. возможность приобретать импортные товары, то реальная доходность составляет отрицательную величину $1,9 - 4,75 = - 2,85\%$. Пусть для простоты реальная доходность изменяется циклически в пределах $[-2, 2]$ процентов. Модельная функция доходности будет $R(t) = 0,02 * \sin(\pi/6 * t)$. Для этой модельной циклической доходности результаты расчетов показаны на рисунках 5-6.

Чем меньше период времени между обязательствами, тем выше вероятность невыполнения обязательств по причине неопределенности доходности. Это особенно чувствительно, если фонды зависят друг от друга. Поэтому процессы сбережений желательно разделить на отдельные независимые друг от друга фонды и начинать сбережения как можно раньше. Чем ниже реальная доходность и недостаточно времени для восстановления после очередного экономического кризиса, тем выше риск невыполнения обязательств.

Разница между ожидаемой и фактической суммой расходов. Чем ближе срок выплаты, тем яснее фактическая сумма расходов. Если ожидаемая сумма, заложенная в расчеты, была выше, то получаем убыток, иначе - прибыль. Прибыль и убыток соответственно переводятся или компенсируются за счет резервного фонда либо средств трех поколений семьи.

Рассмотрим модель, когда три поколения семьи создают целевые фонды. Предположим, что у них одинаковые цели и сроки. Тогда при прочих равных условиях их совокупные сбережения будут иметь смещение по времени ΔT , равное возрасту создания семьи и начала процесса накопления богатства для выполнения семейных финансовых обязательств. Как правило, этот процесс начинается с 25 лет.

Обозначим через S_1 , S_2 , S_3 функции сбережений первого, второго и третьего поколения семьи.

$$S_1(t) = S(t - \Delta T) \quad S_2(t) = S(t) \quad S_3(t) = S(t + \Delta T) \quad t \in [0, T_{max}]$$

На рис. 7 представлены расчетные данные сбережений трех поколений со смещением на 25 лет. Когда одно из поколений приближается в среднем к 50 годам, следующее поколение набирает финансовый капитал и в принципе может поддерживать своими ресурсами в случае необходимости, чтобы не обращаться за займом к кредитным организациям. На рис. 7 представлены совокупные капиталы трех поколений. Средний уровень капитала трех поколений составляет около 0,8 у.е. Его можно рассматривать как некоторый уровень благосостояния семьи.

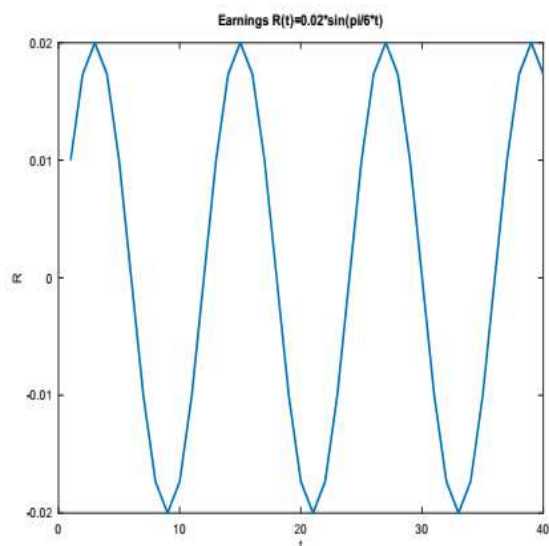


Рисунок 5. Циклическое изменение реальной доходности

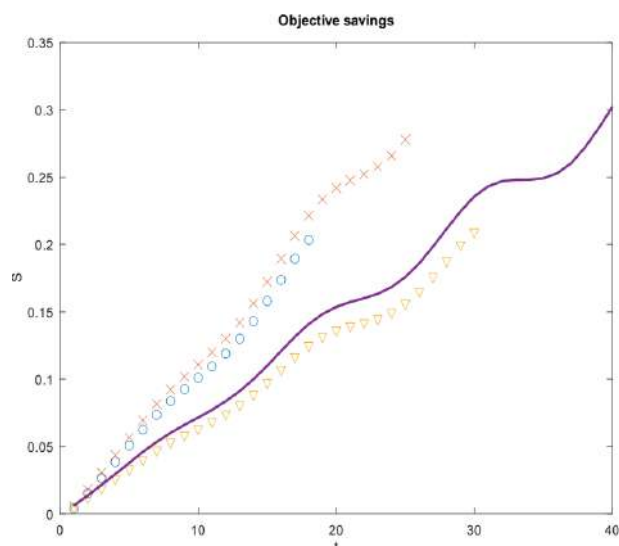


Рисунок 6. Целевые сбережения.

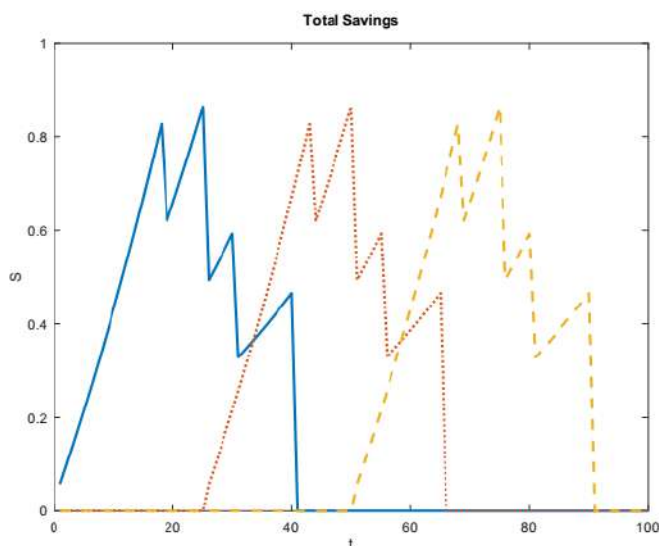


Рисунок 7. Сбережения трех поколений в отдельности.

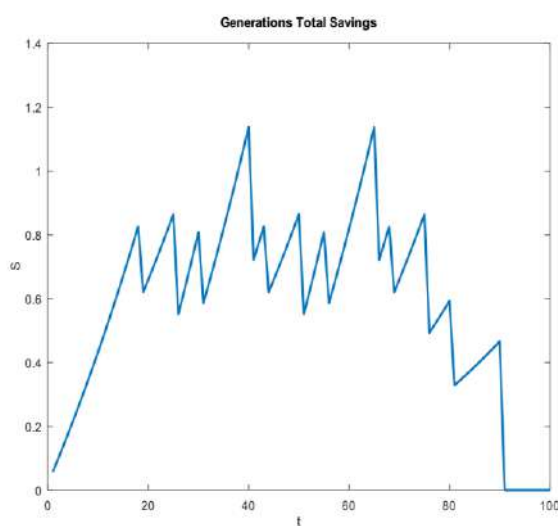


Рисунок 8. Совокупные сбережения трех поколений.

В заключении отметим, что в данной работе построена математическая модель процесса достижения нескольких финансовых целей, распределенных по времени на протяжении жизненного цикла семьи. Задачу следует декомпозировать по целям для снижения риска невыполнения финансовых обязательств. Семья может управлять процессами накопления богатства в целях выполнения своих обязательств путем контроля регулярных взносов. Когда каждое поколение семьи имеет подобные целевые фонды, риск невыполнения обязательств в условиях волатильности во внешней среде снижается. Уровень благосостояния семьи можно определить как сумму совокупных активов трех поколений. Чем он выше, тем снижается вероятность обращения за финансовой помощью к кредитным организациям. В дальнейшем можно рассматривать другие способы управления благосостоянием семьи, если ввести возможность оценки других параметров модели. Например, оценка внешней среды, доходов, финансовых целей и их сроков.

Результаты исследований могут быть использованы при разработке информационной системы принятия решений в процессе управления активами. Система имеет информацию на

входе и выходе, целевые показатели деятельности и процессы. Для оптимальной стратегии управления этой системой необходимо включить алгоритмы принятия решений для различных сценариев развития событий, что является предметом будущих исследований.

REFERENCES

- [1] Caucutt, Elizabeth M.; Lochner, Lance. Early and Late Human Capital Investments, Borrowing Constraints, and the Family. //Journal of Political Economy. - Mar, 2020. – Т. 128. - Выпуск: 3. - С. 1065-1147.
- [2] Back, Kerry; Liu, Ruomeng; Teguia, Alberto. Increasing risk aversion and life-cycle investing. // Mathematics and Financial Economics - Mar 2019- Т. 13. - Выпуск: 2. - С. 287-302.
- [3] Caplin, Andrew. Introduction to symposium on “Engineering Data on Individual and Family Decisions Over the Life Cycle”. // Economic inquiry. - 2018 – Т. 56. - Выпуск: 1. - С. 9-12.
- [4] Blake, David; Wright, Douglas; Zhang, Yumeng. Age-dependent investing: Optimal funding and investment strategies in defined contribution pension plans when members are rational life cycle financial planners // Journal of Economic Dynamics & Control. - Jan. 2014. - Т. 38. - С. 105-124.
- [5] Bingley, P., Cappellari, L. Correlation of Brothers' Earnings and Intergenerational Transmission. // Review of Economics and Statistics. - May 2019.- Т. 101. - выпуск: 2.- С. 370-383.
- [6] Keskin, K., Saglam, C. Investment on Human Capital in A Dynamic Contest Model. // Studies in Nonlinear Dynamics and Econometrics. - Feb 2019. - Т. 23. - выпуск: 1.- С.257-265.
- [7] A New Framework for Analyzing Market Share Dynamics among Fund Families // Financial Analysts Journal -2020.- v.76. –n.3 – С. 110-135
- [8] Peng Wang, Laura Chapman, Steven Peterson & Jon Spinney. Evaluating Spending Policies in a Low-Return Environment// Financial Analysts Journal,- 2018- v.74, n.4, p. 11-23.
- [9] Leung, Sin Fai. The existence, uniqueness, and optimality of the terminal wealth depletion time in life-cycle models of saving under uncertain lifetime and borrowing constraint// Journal Of Economic Theory - May, 2007-Том: 134 - Выпуск: 1 - Стр.: . 470-493
- [10] Dynamics of the main indicators. Istochnik: <https://stat.gov.kz/official/dynamic>
- [11] National Bank of Kazakhstan. Istochnik: <https://nationalbank.kz>

G. Rysmendeyeva *

Satbayev University, Almaty, Kazakhstan
*e-mail: g.rysmendeyeva@satbayev.university

DEVELOPMENT OF MATHEMATICAL MODELS FOR AN INFORMATION SYSTEM FOR DECISION-MAKING IN THE ASSET MANAGEMENT PROCESS

Abstract. A long-term priority in the field of social policy in the direction of ensuring social guarantees and increasing the personal responsibility of citizens of the country is a strategy for the development of the state. Having a conscious management trajectory, a person can plan personal finances at a young age without resorting to the help of a credit institution. To ensure the content of decision-making information systems in the field of asset management of individuals, it is required to develop mathematical models of complex functional social systems. This paper examines mathematical models of asset management throughout the life cycle of a family. A mathematical model of the process of achieving several financial goals distributed over time throughout the life cycle of a family has been built. A model for managing the processes of accumulating wealth in order to fulfill its obligations by controlling regular contributions is described. It is shown that when each generation of a family has targeted funds, the risk of default in conditions of volatility in the external environment decreases.

Keywords. Mathematical modeling, personal finance, life cycle, information system.

Г.С. Рысмандеева*

Satbayev University, Алматы, Қазақстан
*e-mail: g.rysmendeyeva@satbayev.university

АКТИВТІ БАСҚАРУ ПРОЦЕССИНДЕ ШЕШІМ ҚАБЫЛДАУ ҮШІН АҚПАРАТТЫҚ ЖҮЙЕГЕ МАТЕМАТИКАЛЫҚ ӨЛГІЛЕРДІ ДАМУ

Андатпа. Елдің әлеуметтік кепілдіктерін қамтамасыз ету және азаматтардың жеке жауапкершілігін арттыру бағытындағы әлеуметтік саясат саласындағы ұзақ мерзімді басымдық - бұл мемлекет дамуының стратегиясы. Менеджменттің саналы траекториясына ие бола отырып, адам несиелік ұйымның көмегіне жүгінбей-ақ, жеке қаржысын жас кезінде жоспарлай алады. Жеке тұлғаларға арналған активтерді басқару саласындағы шешімдер қабылдау ақпараттық жүйелерінің мазмұнын қамтамасыз ету үшін күрделі функционалды әлеуметтік жүйелердің математикалық модельдерін жасау қажет. Бұл жұмыста отбасының өмірлік циклі бойынша активтерді басқарудың математикалық модельдері қарастырылған. Отбасының өмірлік циклінде уақыт бойынша бөлінген бірнеше қаржылық мақсатқа жету процесінің математикалық моделі құрылды. Өз міндеттемелерін орындау үшін тұрақты салымдарды бақылау арқылы байлық жинау процестерін басқарудың моделі сипатталған. Отбасының әр буынында мақсатты қаражат болған кезде сыртқы ортадағы құбылмалылық жағдайында төлемеу қаупі азаятыны көрсетілген.

Негізгі сөздер. Математикалық модельдеу, жеке қаржы, өмірлік цикл, ақпараттық жүйе.

¹Е. Хидолда, ¹А.А. Асылхан, ¹К.С. Жонкешова*, ²Н.Әбдіқалық

¹Satbayev University, Алматы, Казахстан

²Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан

*e-mail: zhonkeshovaks@gmail.com

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СОЛНЕЧНОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ

Аннотация. Мировой рынок генерируемых электрических станции все больше заполняется установками возобновляемой энергетики и Казахстан тоже не отстает в этом направлении. В нашей стране быстрыми темпами реализуются проекты строительства крупных промышленных солнечных электростанций. Для обеспечения должного функционирования солнечных электростанций и превентивного обнаружения проблем целесообразно рассчитывать определенные показатели для оценки эффективности функционирования станций. Целью данной работы является оценка эффективности функционирования промышленной солнечной электростанции (СЭС) мощностью 40 МВт. Рассмотрены международные принятые стандарты по расчетам эффективности функционирования фотоэлектрических установок, выбрана методика оценки – расчета коэффициента эффективности функционирования СЭС – Performance Ratio (PR). Собраны данные по объемам солнечной радиации и отпуску электроэнергии в сеть на основании данных проведены расчеты PR, проанализированы полученные результаты.

Ключевые слова: возобновляемая энергетика, солнечная электростанция, Performance Ratio (PR), инсоляция, солнечная радиация, оценка эффективности функционирования СЭС.

Введение. На сегодняшний день мировая тенденция показывает активное развитие внедрения станций по использованию возобновляемых источников энергии. Солнечные электростанции строятся быстрыми темпами, и сегодня общая установленная мощность СЭС в мире составляет более 586 ГВт [1], а в Казахстане достигает порядка 0,7 ГВт [2]. Более того, стоимость генерирующего оборудования СЭС сократилась на 80% по сравнению с 2010 годом [3], что является одним из драйверов дальнейшего развития отрасли. К 2050 году прогнозируется, что установленная мощностью СЭС составит более 8500 ГВт [4, 5]. В связи с этим, возникает вопрос мониторинга эффективности функционирования солнечных электростанций.

Для обеспечения эффективного мониторинга функционирования солнечных электростанций в мировой практике используется показатель – «коэффициент производительности (Performance Ratio (PR))», что показывает отношение объема выработанной электроэнергии, отображенной в коммерческом учете к объему электроэнергии, который мог бы быть выработан теоретически [6]. В данной статье будет оценена эффективность функционирования промышленной солнечной электрической станции с установленной мощностью 40 МВт путем расчета PR, а также PR с температурной коррекцией.

Методы исследования и материалы. Для оценки эффективности функционирования солнечной электростанции установленной мощностью 40 МВт, будут рассчитаны коэффициент PR, проведен анализ полученных результатов. Для проведения расчетов со станции будут собраны фактические данные по выработке и отпуску в сеть электрической энергии, экспортированные с сервера автоматической системы коммерческого учета электроэнергии (АСКУЭ), фактические данные по инсоляции в Вт/м².

Коэффициент PR – это международная принятая мера, показывающая коэффициент использования фотоэлектрической установки. В математическом выражении PR – это отношение выработанного и выданного в сеть объема электрической энергии

(зафиксированного на приборах коммерческого учета или АСКУЭ к теоретическому возможному объему электроэнергии, вырабатываемой СЭС [7].

Для вычисления PR необходимо определить один из параметров эффективности работы СЭС - показатель выработки Y . Выработка Y бывает следующих типов: эталонный показатель выработки Y_r и фактический показатель выработки Y_f [7, 8].

Эталонный показатель выработки Y_r представляет собой энергию, получаемую в идеальных условиях без потерь в течение определенного периода времени i и измеряется в кВт*ч/кВт пик [6]:

$$Y_{r(i)} = \frac{H_{POA(i)}}{G_{ref}}, \quad (1)$$

где, $H_{POA(i)}$ – принятый уровень солнечной радиации на СЭС за период времени i (кВт*ч/м²);

G_{ref} – эталонный уровень солнечной радиации при стандартных опытных условиях (STC) (1000 Вт/м²);

В практике для расчета эталонного Y_r вычисляют отношение теоретически вырабатываемого СЭС объема электроэнергии (рассчитывается в симуляторах, например, PVSyst) в кВт*ч к пиковой мощности СЭС (в кВтпик).

Фактический показатель выработки Y_f – это мера, показывающая, какой объем электроэнергии выработала СЭС за 1 кВтпик установленной мощности в течение определенного периода времени i [8]. Фактический объем электроэнергии фиксируется приборами коммерческого учета и/или АСКУЭ. Y_f измеряется в кВт*ч/кВтпик

$$Y_f = \frac{E_i}{P_0}, \quad (2)$$

где, E_i – фактический объем электроэнергии, выработанный за промежуток времени i (кВт*ч);

P_0 – установленная мощность DC (пиковая мощность). На СЭС установленной мощностью DC считают суммарную мощность установленных фотоэлектрических панелей (кВтпик);

Коэффициент Y_f позволяет сравнить выработку станций с разными установленными мощностями DC, а также с использованием различных технологий. Например, можно сравнить показатель выработки Y_f СЭС с использованием поликристаллических или монокристаллических панелей, либо сравнить Y_f СЭС с установленной мощностью 10 МВтпик с фиксированной металлоконструкцией (стационарная система) с СЭС с установленной мощностью 5 МВтпик с трековой системой слежения.

Коэффициент PR является показателем качества, эффективности работы СЭС. Отношение между фактической выработкой и теоретически возможной эталонной выработкой показывает нам общий эффект потерь фотоэлектрической системы при преобразовании номинальной мощности по постоянному току (суммарная мощность установленных панелей) в номинальную мощность по переменному току (отпуск генерации в сеть). Как правило, потери являются следствием таких факторов, как ухудшение характеристик модуля, температура, загрязнение, потери инвертора, потери трансформатора, а также простоев системы и сети. Чем выше PR, тем более эффективная станция [8].

Коэффициент PR описывается следующей формулой:

$$PR = \frac{Y_f}{Y_r} \cdot 100\%, \quad (3)$$

где Y_r – эталонный показатель выработки (кВт*ч/кВтпик);

Y_f – фактический показатель выработки (кВт*ч/кВтпик);

Из формулы (3) получим:

$$PR = \frac{E_i}{P_o} \cdot \frac{G_{ref}}{H_{FOA(i)}} \cdot 100\% , \quad (4)$$

Однако, при колебании (повышении) температуры модуля производительность СЭС может упасть, особенно повышение температуры окажет влияние в жаркие периоды года, поэтому коэффициент PR и эффективность станции могут быть рассчитаны некорректно. Для решения этой проблемы рассчитывают PR с корректировкой по температуре [9, 10].

$$PR_{corrected} = \frac{E_i}{H_{FOA(i)} \cdot A \cdot \eta_{stc} \cdot \alpha_{temp.correction}} \cdot 100\% , \quad (5)$$

η_{stc} – КПД модуля согласно технической спецификации производителя (%);

$\alpha_{temp.correction}$ – коэффициент коррекции по температуре модуля.

$$\alpha_{temp.correction} = (1 + (T_{ср.модуля\ измер.} - (T_{ср.модуля\ симул.}) \cdot \beta), \quad (6)$$

где $T_{ср.модуля\ измер.}$ – средняя измеренная температура модуля в определенный промежуток времени (°C);

$T_{ср.модуля\ симул.}$ – средняя симулированная температура модуля в определенный промежуток времени (°C);

β – температурный коэффициент модуля при P_o (% / °C);

Для определения эффективности СЭС с использованием выше приведенной методики была выбрана действующая СЭС с установленной мощностью 40 МВт. Технические характеристики СЭС приведены в таблице 1.

Таблица 1. Описание и технические характеристики СЭС

Установленная мощность:	39 962 кВтпик
Тип опорной металлоконструкции	Фиксированная
Тип фотоэлектрических модулей	RSM72-6-325P-5BB_IEC1500Vdc, 325 Втпик Поликристаллические
Тип инверторов	HUAWEI SUN2000-60KTL-HV-001 IEC строчные инверторы
Тип трансформаторы:	YBM.3150 кВА/35/0.8

Для анализа данных собраны следующие данные за период январь-февраль 2020 года:

1) Объем отпущенной электроэнергии в сеть с 15 минутным интервалом, кВт*ч (Данные экспортированы из АСКУЭ);

2) Объем солнечной радиации с 15 минутным интервалом, Вт/м² (для сбора данных по солнечной радиации установлены пиранометры заводского исполнения).

Используя (4), (5), (6) и ПО Microsoft Excel производим расчеты PR без температурной коррекции и PR с температурной коррекцией за период январь – февраль 2020 года, выполняем анализ результатов. Результаты приведены в таблицах 2 и 3.

Таблица 2. Собранные данные и результаты вычислений PR за январь 2020 г.

Дата	Отпуск эл.энергии в сеть (МВт*ч)	Солнечная радиация (кВт*ч/м²)	PR темп. корр. (%)	PR без темп. корр. (%)	Разница между PR темп.корр. и без коррекции	T_ модуля ср (°C)	T_ воздуха ср. (°C)
01/01/20	17,84	0,516	79,95%	81,25%	-1,30%	0,01	-2,58
02/01/20	80,82	2,329	80,73%	80,23%	0,50%	5,78	-2,07
03/01/20	66,65	1,578	102,18%	103,93%	-1,75%	-0,23	-6,32
04/01/20	66,19	1,883	79,83%	81,43%	-1,59%	-0,94	-8,36
05/01/20	37,95	1,133	78,96%	80,67%	-1,71%	-1,37	-5,02
06/01/20	107,06	3,939	67,83%	68,04%	-0,21%	3,39	-9,14
07/01/20	39,1	1,07	89,63%	91,82%	-2,19%	-2,08	-8,29
08/01/20	62,93	1,661	93,41%	95,16%	-1,75%	-0,62	-7,44
09/01/20	7,51	3,611	5,02%	5,23%	-0,21%	-6,75	-12,6
10/01/20	10	3,276	7,31%	7,70%	-0,40%	-9,78	-15,74
11/01/20	8,21	1,374	14,62%	15,36%	-0,74%	-8,78	-13,63
12/01/20	19,33	2,651	18,24%	18,39%	-0,16%	2	-10,86
13/01/20	20,21	2,112	24,18%	24,15%	0,04%	4,56	-7,92
14/01/20	58,83	4,075	36,29%	37,09%	-0,80%	5,43	-10,75
15/01/20	12,55	0,927	34,10%	34,84%	-0,73%	-1,32	-4,37
16/01/20	83,94	5,189	40,48%	40,38%	0,09%	4,77	-12,88
17/01/20	52,3	2,014	63,63%	65,26%	-1,63%	-2,38	-8,94
18/01/20	130,21	4,67	70,97%	69,69%	1,28%	8,8	-6,38
19/01/20	74,37	1,693	108,32%	110,16%	-1,84%	-0,19	-8,3
20/01/20	39,36	2,547	38,47%	38,78%	-0,31%	2,12	-6,77
21/01/20	25,69	1,034	61,44%	62,82%	-1,38%	-1,58	-8,41
22/01/20	44,06	2,227	48,48%	49,45%	-0,97%	-0,95	-9,36
23/01/20	25,25	1,663	37,44%	37,80%	-0,36%	1,7	-4,66
24/01/20	83,19	2,489	82,13%	83,74%	-1,61%	-0,85	-9,88
25/01/20	40,39	1,264	81,32%	81,24%	0,08%	4,42	-0,19
26/01/20	80,76	4,39	44,82%	45,79%	-0,97%	-1,38	-16,88
27/01/20	39,83	1,196	82,88%	84,13%	-1,25%	0,3	-2,98
28/01/20	51,69	1,583	80,35%	81,84%	-1,49%	-0,58	-4,29
29/01/20	178,65	4,976	88,53%	89,66%	-1,12%	0,93	-15,54
30/01/20	192,46	5,52	85,30%	87,12%	-1,81%	-1,27	-15,22
31/01/20	181,28	5,156	85,72%	87,75%	-2,03%	-1,9	-14,49
ВСЕГО или СРЕДНЕЕ	1 938,61	79,75	61,70%	62,61%	-0,91%	0,04	-8,72

Анализ полученных результатов. Вычислены PR СЭС мощностью 39 962 кВтпик с температурной коррекцией и без температурной коррекции за период январь-февраль 2020 года.

Результаты за январь 2020 г.:

- 1) В январе 2020 г. в 24 случаях из 31 (77%) PR с коррекцией по температуре модуля был меньше, чем PR без коррекции по температуре, средняя разница за месяц составила - 0,91%;
 - 2) Наименьший PR с температурной коррекцией был достигнут 9 и 10 января и составил 5,02% и 7,32% соответственно (Рисунок 2);
 - 3) Наибольший PR с температурной коррекцией был достигнут 19 января и составил 110,16%;
 - 4) Средний PR с температурной коррекцией за январь 2020 г. составил 61,70%;
- Средний PR без температурной коррекции за январь 2020 г. составил 62,61%.

Таблица 3. Собранные данные и результаты вычислений PR за февраль 2020 г.

Дата	Энергия отпуск в сеть (МВт*ч)	Солнечная радиация (кВт*ч/м ²)	PR тем.корр. (%)	PR без тем.корр. (%)	Разница между PR тем.корр и без коррекции	T_мод -уля ср (°C)	T_возду -ха ср. (°C)
01/02/20	147,79	4,095	87,93%	90,12%	-2,19%	0,43	-10,88
02/02/20	188,8	5,379	86,44%	87,56%	-1,12%	3,53	-11,7
03/02/20	60,84	1,588	92,51%	96,11%	-3,60%	-3,14	-8,36
04/02/20	96,08	2,707	88,76%	88,76%	0,00%	9,43	-2,59
05/02/20	41,05	1,112	90,54%	92,64%	-2,10%	0,89	-2,48
06/02/20	46,43	1,21	95,08%	96,14%	-1,06%	3,99	-0,22
07/02/20	122,9	3,384	91,60%	90,68%	0,92%	9,41	0,44
08/02/20	175,72	4,494	100,68%	97,57%	3,11%	14,76	-0,34
09/02/20	126,21	3,448	92,54%	91,33%	1,21%	10,18	-0,61
10/02/20	68,42	1,828	93,64%	93,63%	0,01%	6,88	0,51
11/02/20	222,37	6,117	88,99%	90,78%	-1,79%	1,68	-12,84
12/02/20	170,81	4,699	87,39%	90,71%	-3,32%	-2,89	-11,03
13/02/20	57,65	1,53	92,88%	94,46%	-1,58%	2,48	-3,73
14/02/20	131,62	3,435	96,12%	95,44%	0,68%	8,66	-0,74
15/02/20	93,34	2,501	91,04%	92,88%	-1,84%	1,65	-3,38
16/02/20	67,92	1,774	94,75%	95,97%	-1,22%	3,55	-0,36
17/02/20	66,34	1,71	95,75%	97,19%	-1,44%	2,99	-2,19
18/02/20	100,4	6,789	36,09%	36,93%	-0,84%	0,87	-11,52
19/02/20	87,81	2,193	96,75%	99,56%	-2,80%	-0,59	-7,91
20/02/20	240,82	6,147	98,01%	97,88%	0,14%	7,2	-5,8
21/02/20	212,73	5,617	95,04%	94,50%	0,54%	8,3	-1,91
22/02/20	69,33	1,833	93,75%	94,32%	-0,56%	5,3	-0,05
23/02/20	238,65	6,601	92,17%	90,25%	1,92%	12,18	-2,76
24/02/20	74,24	1,933	93,22%	95,80%	-2,58%	-0,26	-5,32
25/02/20	64,79	1,657	94,38%	97,57%	-3,19%	-1,82	-7,26
26/02/20	110,93	2,911	93,32%	95,03%	-1,71%	2,14	-3,19
27/02/20	85,43	2,374	88,44%	89,06%	-0,62%	5,05	-0,41
28/02/20	215,22	5,985	89,73%	89,12%	0,61%	15,81	-4,05
29/02/20	252,03	7,583	84,08%	82,98%	1,09%	10,17	-2,11
ВСЕГО или СРЕДНЕЕ	3 636,67	102,63	90,40%	91,21%	-0,80%	4,79	-4,23

Результаты за февраль 2020 г.:

- 1) В феврале 2020 г. в 18 случаях из 29 (62%) PR с коррекцией по температуре модуля был меньше, чем PR без коррекции по температуре. Средняя разница за месяц составила - 0,80%;
- 2) Наименьший PR с температурной коррекцией был достигнут 18 февраля 2020 г. и составил 36,09%;
- 3) Наибольший PR с температурной коррекцией был достигнут 08 февраля 2020 г. и составил 100,68%;
- 4) Средний PR с температурной коррекцией за февраль 2020 г. составил 90,40%;
- 5) Средний PR без температурной коррекции за январь 2020 г. составил 91,21%.

На рисунке 1 отображены ключевые показатели функционирования СЭС за январь 2020 года.

На рисунке 2 приведены графики зависимости от времени объемов отпуска электроэнергии в сеть и уровня солнечной радиации в разрезе 9-10 января 2020 г. В эти дни были достигнуты самые низкие показатели PR.

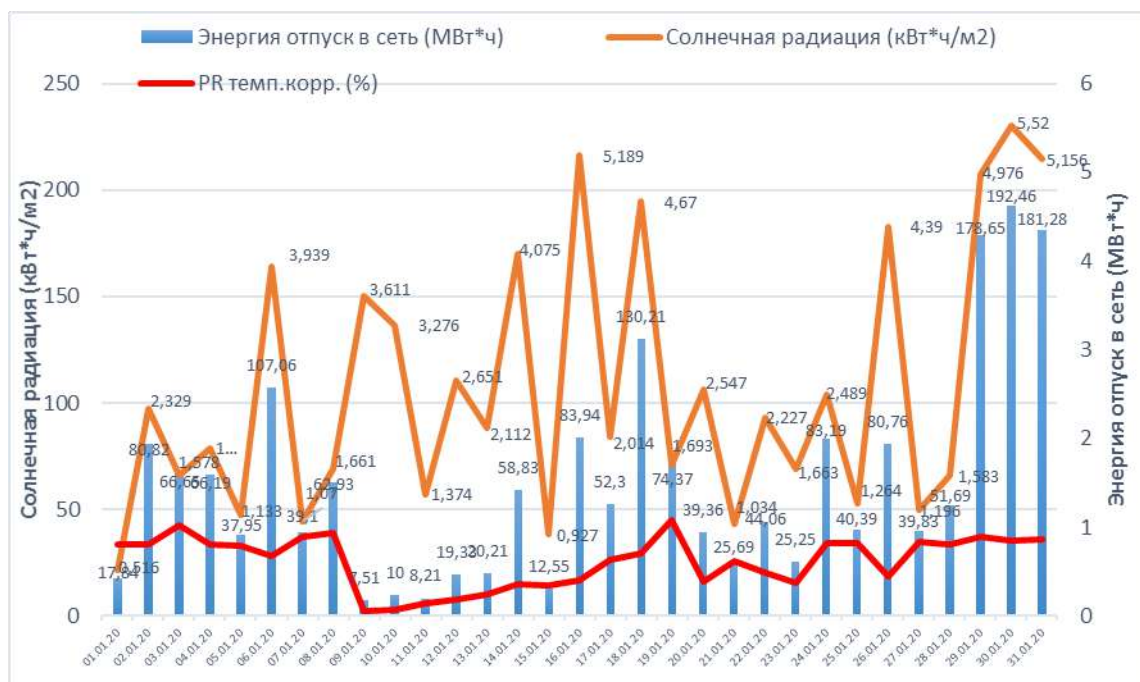


Рисунок 1. Эффективность работы СЭС в разрезе за январь 2020 г.

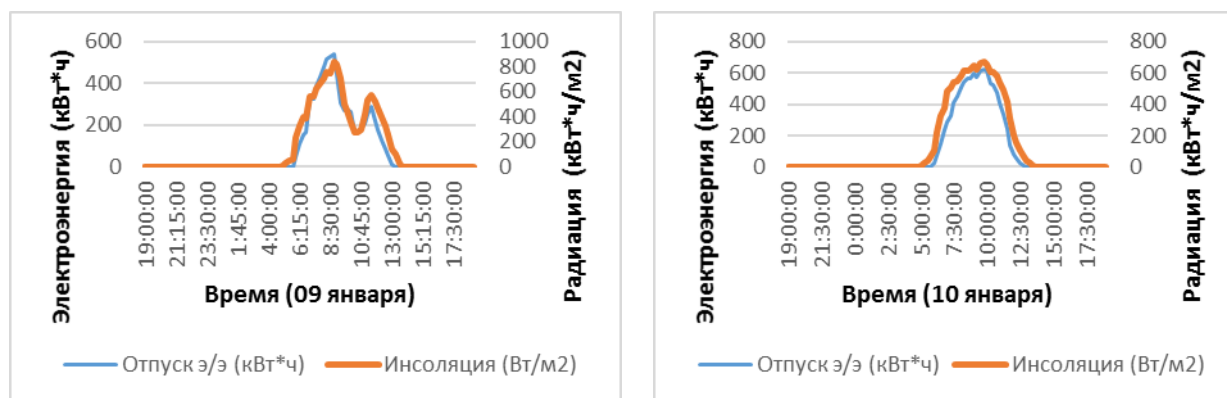


Рисунок 2. Сравнение отпуска электроэнергии и уровня солнечной радиации 09-10 января 2020 г.

На рисунке 3 отображены ключевые показатели функционирования СЭС за февраль 2020 г.

На рисунке 4 приведены графики зависимости от времени объемов отпуска электроэнергии в сеть и уровня солнечной радиации в разрезе 18-19 февраля 2020 г.

В 18 февраля был достигнут самый низкий уровень PR за февраль 2020 г., что наглядно отображено на графике: при высоком уровне солнечной радиации СЭС выдала в сеть меньший объем электроэнергии.

Результаты работы показали, что за период январь – февраль 2020 года показатели PR с коррекцией по температуре фотоэлектрического модуля отличается от PR без коррекции по температуре фотоэлектрического модуля, отличаются в среднем на -0,85%, что является не

критическим. Стоит отметить, что средняя температура модуля за данный период составила около двух градусов по Цельсию, поэтому отклонение не значительное. Необходимо оценить функционирование СЭС в летний период, когда температура модулей будет повышаться и изменяться полупроводниковые свойства кремниевых фотоэлектрических панелей.

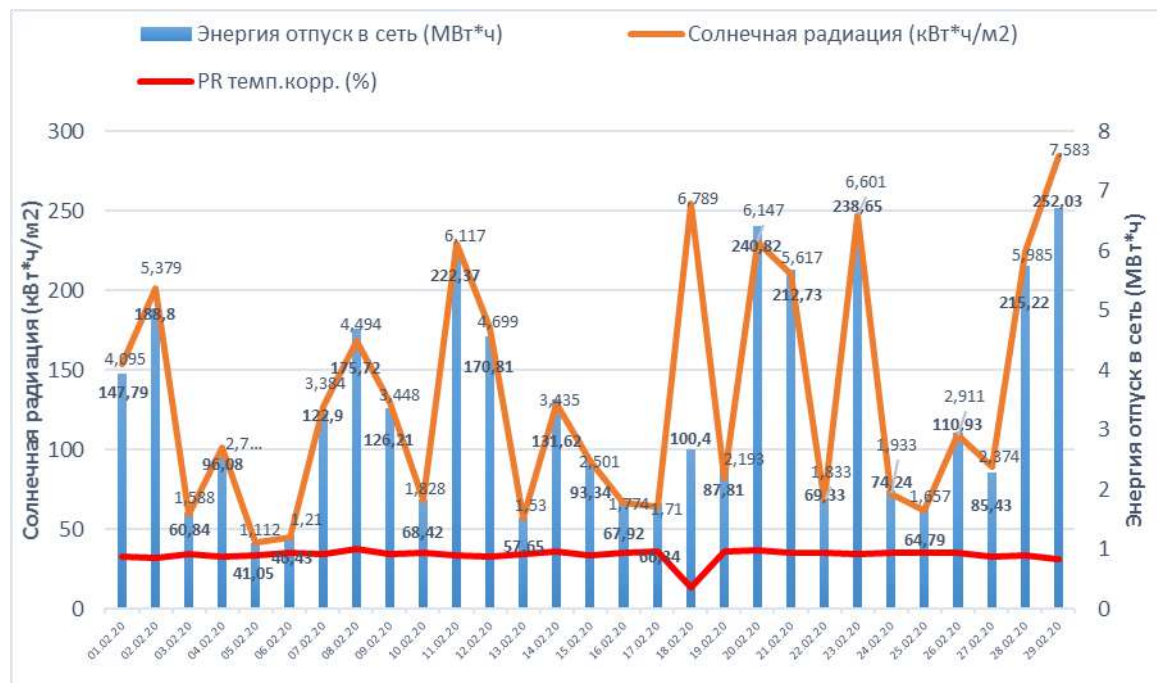


Рисунок 3. Эффективность работы СЭС в разрезе за февраль 2020 г.

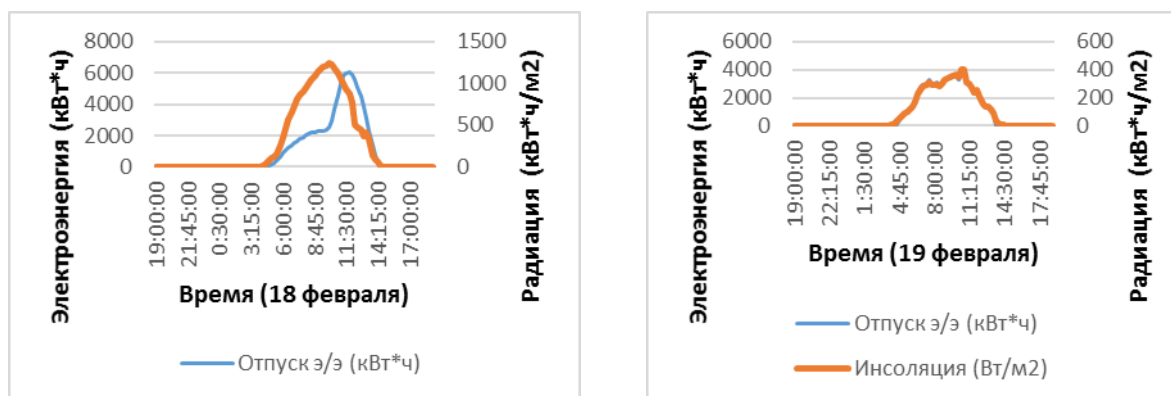


Рисунок 4. Сравнение отпуска электроэнергии и уровня солнечной радиации 18-19 февраля 2020 г.

За январь 2020 г. средний уровень PR составил 61,70%, что является низким показателем, поскольку современные СЭС в состоянии выдавать PR выше 70% в зимние времена года [6, 8]. С другой стороны, за февраль средний PR составил 90,40%, что является высоким результатом. Из графика на рисунке 2 видно, что низкий уровень PR наблюдается в случаях, когда разрыв от полученного уровня солнечной радиации и отпущенной энергии большой. В другом случае, высоко достигнутый уровень PR наблюдается, когда разрыв между уровнем объема солнечной радиации и отпуска электроэнергии в сеть минимальный. Другими словами, станция эффективно получила и отдала в сеть полученный объем солнечной радиации. При условии, когда все оборудование СЭС в работе, простоев на

наблюдается, высокий уровень PR и низкий объем отпуска электроэнергии в сеть говорит нам о том, что до поверхности фотоэлектрических модулей солнечная радиация не достигает. Причиной могут быть климатические условия (например, снег, оставшийся на поверхности панелей в солнечный день, утренняя замерзшая роса), пыль. Пирометры, как правило, устанавливают выше поверхности панелей, кроме того, их конструкция не позволяет снегу задерживаться на поверхности, поэтому датчики могут фиксировать высокий уровень солнечной радиации в тот момент, когда на панелях фактически лежит снег. В качестве решения данной проблемы целесообразно рассмотреть методику расчета PR с учетом заснеженности, запыленности, а также эффективные методы борьбы с задержанием снега на поверхности солнечных модулей.

Выводы. В данной работе была рассмотрена методика расчета коэффициента эффективности функционирования СЭС – Performance Ratio (PR) с учетом коррекции по температуры модуля и без коррекции.

В качестве оценки PR объекта была выбрана СЭС установленной мощностью 39 962 кВтпик, собраны данные по объему солнечной радиации, выработке и отпуску в сеть за январь – февраль 2020 г.

Проведен анализ полученных результатов, выявлены зависимости уровня солнечной радиации, отпуска электроэнергии в сеть, а также PR в определенные временные промежутки, отмечены причины, влияющие на нехарактерное изменение уровня PR.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] International Renewable Energy Agency (IRENA), Renewable capacity statistics 2020. 2020.
- [2] М.Э.Р. Казахстан, “Перечень энергопроизводящих предприятий, использующих возобновляемые источники энергии.” [Online]. Available: <https://www.gov.kz/memleket/entities/energo/documents/details/9583?lang=ru>. [Accessed: 10-Apr-2020].
- [3] International Renewable Energy Agency (IRENA), “Solar Power.” [Online]. Available: <https://www.irena.org/costs/Power-Generation-Costs/Solar-Power>. [Accessed: 17-Apr-2020].
- [4] International Renewable Energy Agency (IRENA), Future of Solar Photovoltaic: Deployment, investment, technology, grid integration and socio-economic aspects. 2019.
- [5] Е. Хидолда, К.С. Жонкешова, А. Караман, Ж. Амангелди. Влияние климатических факторов на эффективность работы фотоэлектрических модулей // Вестник КазАТК им. М. Тынышбаева.-2020.-№3.-с.197-206.
- [6] British Standard, “IEC 61724:1998. Photovoltaic system performance monitoring — Guidelines for measurement, data exchange and analysis,” p. 20, 1998, doi: 10.1016/j.solener.2008.04.009.
- [7] W. G. J. H. M. Van Sark, N. H. Reich, B. Müller, A. Armbruster, K. Kiefer, and C. Reise, “Review of PV performance ratio development,” World Renew. Energy Forum, WREF 2012, Incl. World Renew. Energy Congr. XII Color. Renew. Energy Soc. Annu. Conf., vol. 6, no. 6, pp. 4795–4800, 2012.
- [8] Solar Power Europe [SPE], “Operation & Maintenance Best Practices Guidelines / Version 3.0,” pp. 56–60, 2019.
- [9] A. Woyte et al., Analytical Monitoring of Grid-connected Photovoltaic Systems Good practices for monitoring and performance analysis, no. February. 2014.
- [10] Avenston. Прогноз объемов генерации солнечными электростанциями. Электронный ресурс. – В режиме доступа: <https://avenston.com/ru/articles/solar-pv-forecast/>.

REFERENCES

- [1] International Renewable Energy Agency (IRENA), Renewable capacity statistics 2020. 2020.
- [2] M.E.R. Kazakhstan, “Perechen energoproduzhashih predpriati, ispolzuiushih vozobnovliaemye istochniki energii.” [Online]. Available: <https://www.gov.kz/memleket/entities/energo/documents/details/9583?lang=ru>. [Accessed: 10-Apr-2020].
- [3] International Renewable Energy Agency (IRENA), “Solar Power.” [Online]. Available: <https://www.irena.org/costs/Power-Generation-Costs/Solar-Power>. [Accessed: 17-Apr-2020].
- [4] International Renewable Energy Agency (IRENA), Future of Solar Photovoltaic: Deployment, investment, technology, grid integration and socio-economic aspects. 2019.

- [5] Ye. Khidolda, K.S. Zhonkeshova, A Karaman, J. Amangeldi. Vlianie klimaticheskikh faktorov na effektivnost raboty fotoelektricheskikh modulei // Vestnik KazATK im. M. Tynyshbaeva.-2020.-№3.-s.197-206.
- [6] British Standard, "IEC 61724:1998. Photovoltaic system performance monitoring — Guidelines for measurement, data exchange and analysis," p. 20, 1998, doi: 10.1016/j.solener.2008.04.009.
- [7] W. G. J. H. M. Van Sark, N. H. Reich, B. Müller, A. Armbruster, K. Kiefer, and C. Reise, "Review of PV performance ratio development," World Renew. Energy Forum, WREF 2012, Incl. World Renew. Energy Congr. XII Color. Renew. Energy Soc. Annu. Conf., vol. 6, no. 6, pp. 4795–4800, 2012.
- [8] Solar Power Europe [SPE], "Operation & Maintenance Best Practices Guidelines / Version 3.0," pp. 56–60, 2019.
- [9] A. Woyte et al., Analytical Monitoring of Grid-connected Photovoltaic Systems Good practices for monitoring and performance analysis, no. February. 2014.
- [10] Avenston. Prognoz obemov generatsii solnechnymi elektrostansiyami. Elektronnyi resurs. – V rejime dostupa: <https://avenston.com/ru/articles/solar-pv-forecast/>.

¹Е. Хидолда, ¹А.А. Асылхан, ¹К.С. Жонкешова*, ²Н. Әбдіқалық

¹Satbayev University, Алматы, Қазақстан

²әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан

*e-mail: zhonkeshovaks@gmail.com

КҮН ЭЛЕКТР СТАНЦИЯСЫНЫҢ ЖҰМЫС ІСТЕУ ТИІМДІЛІГІН БАҒАЛАУ

Андатпа. Өндіруші электр станцияларының әлемдік нарығы жаңартылатын энергия қондырғыларымен толығуда және Қазақстан да бұл бағытта қалып отырған жоқ. Біздің елімізде ірі өнеркәсіптік күн электр станцияларын салу жобалары қарқынды түрде жүзеге асырылуда. Күн электр станцияларының дұрыс жұмыс жасауын және проблемаларды алдын-алуды анықтау үшін қондырғылардың жұмысының тиімділігін бағалау үшін белгілі бір көрсеткіштерді есептеген жөн. Бұл жұмыстың мақсаты - қуаты 40 МВт өнеркәсіптік күн электр станциясы (КЭС) жұмысының тиімділігін бағалау. Фотоэлектрлік қондырғылардың жұмысының тиімділігін есептеудің халықаралық деңгейде қабылданған стандарттары қарастырылады, бағалау әдісі таңдалады КЭС - Performance Ratio (PR) жұмысының тиімділігінің коэффициентін есептеу. 2020 жылдың қаңтар-ақпан кезеңіндегі күн радиациясы, электр желісіне электрмен жабдықтау туралы мәліметтер жинақталды, мәліметтер негізінде PR есептеулер жүргізілді, нәтижелер талданды.

Негізгі сөздері: жаңартылатын энергия, күн электр станциясы, жұмыс коэффициенті Performance Ratio (PR), инсоляция, күн радиациясы, КЭС жұмысының тиімділігін бағалау.

¹Ye. Khidolda, ¹A.A. Asylkhan, ¹K.S. Zhonkeshova*, ²N. Abdikalyk

¹ Satbayev University, Almaty, Kazakhstan

²al-Farabi Kazakh national university, Almaty, Kazakhstan

*e-mail: zhonkeshovaks@gmail.com

ASSESSMENT OF FUNCTIONAL EFFICIENCY SOLAR POWER PLANT

Abstract. The world market of generated power plants is more and more filled with renewable energy installations and Kazakhstan is also not lagging behind in this direction. In our country, projects for the construction of large, industrial solar power plants are being rapidly implemented. To ensure the proper functioning of solar power plants and preventive detection of problems, it is advisable to calculate certain indicators to assess the efficiency of the functioning of the stations. The purpose of this work is to assess the efficiency of the operation of an industrial solar power plant (SPP) with a capacity of 40 MW. The internationally accepted standards for calculating the efficiency of the functioning of photovoltaic installations are considered, the assessment method is chosen - the calculation of the coefficient of the efficiency of the functioning of SES - Performance Ratio (PR). Collected data on the amount of solar radiation, electricity supply to the grid for the period January - February 2020, based on the data, PR calculations were carried out, the results were analyzed

Keywords: renewable energy, solar power plant, Performance Ratio (PR), insolation, solar radiation, assessment of the efficiency of the solar power plant.

¹Г.М. Мауина, ²Е.А. Черткова, ¹У.Ж. Айтимова, ¹А.А. Исмаилова*, ³М. Маханов

¹Казахский агротехнический университет им.С.Сейфуллина, Нур-Султан, Казахстан

²Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»,
Москва, Россия

³Евразийский Национальный Университет им. Л.Н.Гумилева, Нур-Султан, Казахстан
*e-mail: alema85@mail.ru

КОНЦЕПЦИИ, СТРАТЕГИИ И МОДЕЛИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В ТОО «СЕВЕРО-КАЗАХСТАНСКАЯ СХОС»

Аннотация. В статье рассмотрены современные концепции, стратегии и модели принятия решений для создания информационно-аналитической системы поддержки принятия решений в ТОО «Северо-Казахстанская СХОС». Обсуждается международный опыт использования метода анализа иерархий для принятия управленческих решений по различным аспектам производства в сельскохозяйственных отраслях. Проведен сравнительный анализ концепции максимизации полезности и концепция ограниченной рациональности. Показано, что для принятия решений по определению оптимальных многофакторных сценариев производства агропредприятий целесообразно использование концепции максимальной полезности принятия управленческих решений. Представлена концепция ограниченной рациональности принятия решений на предприятиях аграрного сектора Северного Казахстана. Кратко описаны методы принятия решений и особенности их использования. Представлена нормативная модель для разработки ИАС по эффективной организации производства в растениеводстве.

Ключевые слова: концепции, стратегии, модели принятия решений, лицо принимающая решение, информационно-аналитическая система поддержки принятия решений.

Введение. В настоящее время разработка методов поддержки принятия управленческих решений в сельскохозяйственных отраслях является весьма актуальной. Это затрагивает такие области, как повышение эффективности сельскохозяйственного производства, решение ресурсных задач и многие другие. Особенностью функционирования современных агропредприятий является наличие множества параметров (критериев) производственно-рыночных условий, – например, затраты, прибыль, риски и т.п., – которые определяют сценарии функционирования сельскохозяйственного объекта. Это обуславливает сложность выбора предпочтительного сценария производства агропредприятия для лица, принимающего решения (ЛПР) по конкретной проблеме прогнозирования и планирования.

Для решения данных задач определяют два главных вида методов: строгие и эвристические методы. Эвристические методы для решения финансовых задач основаны, главным образом, на ряде допущений, упрощающих представления о моделируемых существующих процессах. Данное абстрагирование позволяет подобрать для рассматриваемого процесса адекватную математическую модель, создать на этой базе соответствующие алгоритмы, составить программу и с помощью ЭВМ получить приемлемое решение. Следует отметить, что в случае сложности корректно формализованной модели именно применение эвристической процедуры – с точки зрения лица, принимающего решение (ЛПР) – настолько же приемлемо, а иногда даже лучше (в смысле затрат), чем более точный алгоритм поиска оптимального решения [1].

Анализ источников по данной предметной тематике – принятие управленческих решений в сельскохозяйственной индустрии – выявил преимущественные тенденции применения эвристических методов из группы методов многокритериального анализа (Multiple Criteria Decision Analysis — MCDA) [2].

В зарубежных сельскохозяйственных отраслях множество проблем в условиях многокритериальности задач исследуется с применением метода анализа иерархии (МАИ). Этот метод, разработанный американским математиком Томасом Саати [3] в 1970-х гг. (Analytic hierarchy process – (АНР)), является структурированным методом организации и анализа сложных решений, основанный на математике и психологии. Следует отметить, что основы этого метода были заложены российскими учеными Б. Н. Бруком и В. Н. Бурковым в 1972 г. [4].

Одно из направлений в мировой практике применения метода анализа иерархий – принятие управленческих решений для повышения эффективности сельскохозяйственного производства. В контексте национальной политики содействия реформированию аграрно-промышленной структуры Китая на основе процесса аналитической иерархии создана система оценочных индексов для проведения предприятиями всесторонней и систематической оценки технологий, а также принятия инвестиционных решений и контроля рисков до начала инвестирования [5].

Растущая озабоченность агроэкологическими проблемами сделала отбор зеленых культур важнейшей задачей для сельского хозяйства. Выбор альтернативных экологически чистых культур является основной задачей в развивающихся странах, особенно в Иране. Предложен интегрированный метод сочетания процесса анализа иерархий и жизненного цикла системы для сравнения агроэкологической эффективности сельскохозяйственных культур [6].

С целью изучения вариаций урожайности агрокультур в Китае разработана система комплексной оценки их качества с применением усовершенствованного процесса анализа иерархии для различных агролесомелиоративных систем [7].

Для ресурсных задач в сельском хозяйстве широко используются модели многокритериального принятия решений. В исследовательском проекте использования очищенных городских сточных вод в сельском хозяйстве разработана информационная система многокритериального принятия решений, в которой для расчета веса критериев использован метод анализа иерархии [8].

Таким образом, отмечено использование методов многокритериального анализа, в том числе и метода анализа иерархий, для принятия решений в различных сферах сельскохозяйственного производства. Успешные результаты исследовательских и практических работ в этом направлении свидетельствуют о правомерности применения этих методов для широкой линейки многокритериальных задач в области принятия решений по агропредприятиям.

Методы. В основе методов принятия решений лежат определенные концепции принятия решений человеком. Общее понятие концепции заключается в некоторой системе взглядов, связанных между собой и выражающих определенный способ понимания и трактовки некоторых явлений.

Концепция принятия решений основывается на совокупности взглядов на управленческие решения, которые формируются субъектом процесса принятия решений (отдельным человеком или же группой людей) [9].

- В теории принятия решений рассматриваются следующие основные концепции (рис.1):
- концепция максимальной полезности принятия решений;
 - концепция ограниченной рациональности принятия решений.

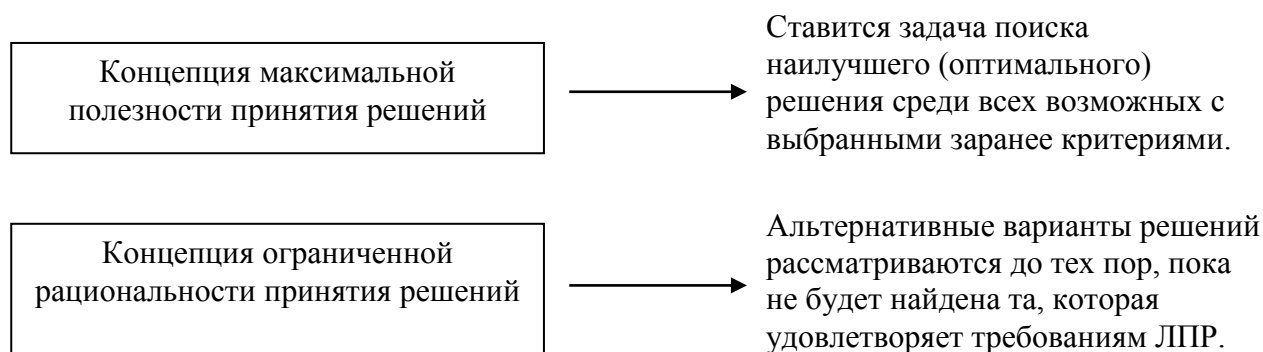


Рисунок 1. Основные концепции принятия решений

Концепция максимальной полезности принятия решений ориентирована на поиск рационального решения. Чтобы его определить, в теории принятия решений разработаны специальные методы построения и максимизации функции полезности. Они действительно могут помочь квалифицировать лучшее решение проблемы, но их применение на практике связано с огромными расходами времени и в следствие этого не всякий раз вполне вероятно и целенаправленно [10].

Концепция ограниченной рациональности, которая была предложена в трудах лауреата Нобелевской премии по экономике Герберта Саймона, появилась в связи с тем, что переработка информации, которая важна для принятия рационального решения, ориентируется психологическими факторами и ограниченными вероятностями человека. В рамках данной концепции рассматривается не «рациональный», а так именуемый административный человек, принимающий не подходящие, а удовлетворительные решения. Эти решения, как правило, дают возможность добиться, но уступают наилучшим решениям по качеству. Для принятия таких решений есть причины, обусловленные человеческим фактором. Руководитель видит лишь несколько альтернатив и не может предвидеть всех возможных последствий каждой альтернативы [11, стр.148].

Но концепция ограниченной рациональности относится к описательным моделям, ее идеи и положения были восприняты экономистами и математиками для разработки бесчисленных эвристических методов. Эти методы, в отличие от методов теории полезности, не имеют строго аксиоматического обоснования, но в большей мере соответствуют природе человека и его ограниченным вероятностям по обработке информации в процессе принятия решений [11, стр.60-68].

Концепция ограниченной рациональности оценивает человека, который, изредка ведет себя правильно, и в большинстве настоящих обстановок, ограничивается средними, удовлетворительными решениями. Не обращая внимания на то, собственно, что в базе концепции лежат ограниченные способности человека по анализу информации и психологические факторы, математиками и экономистами они были восприняты, как база для разработки современной системы нормативных методов, больше приближенных к природе человека и его вероятностям (целевое программирование, базовая точка и задание уровней устремлений и т.п.) [10, стр.92-93].

В данной работе для создания информационно-аналитической системы поддержки принятия решений (ИАС ППР) на предприятиях аграрного сектора Северного Казахстана используется концепция ограниченной рациональности принятия решений, поскольку

предполагается автоматизированный поиск решений в условиях альтернативных сценариев производства и доступности экспертной информации.

Специфика и особенности формирования решений отражаются в моделях принятия решений.

В условиях неполноты информации, а еще отсутствие правил отбора альтернатив, используется дескриптивные модели принятия решений. В дескриптивных моделях есть субъективный фактор принятия решений. Это означает, что ЛПР определяет критерии предпочтения, исходя из собственного представления об их рациональности.

Дескриптивные модели принятия решений отображают оценочно-описательный метод исследования, направленный на эмпирическое исследование и описание поведения отдельных лиц и групп людей в процессе принятия решений. Эти модели носят ярко воплощенный объясняющий, а не предписывающий характер [12].

Дескриптивная теория принятия решений почаше всего содержит дело с неструктурированными задачами, т.е. этими задачами, в которых опытные специалисты, взаимодействуя совместно с лицом принимающее решение (ЛПР), могут определить лишь перечень основных параметров, характеризующих проблему. Но количественные связи между этими параметрами обозначить нельзя по причине недоступности информации. Поэтому и структура в данном случае не имеет возможность быть представлена совокупностью связей между параметрами, а проблему называют неструктурированной [13].

Таким образом, в неструктурированных проблемах переменные имеют высококачественный характер, а какие-либо зависимости между переменными неопознаны.

Модели реализации процесса принятия решения, при котором психологическое поведение людей практически не оказывает влияние на отбор окончательного решения, носят название нормативных моделей принятия решений [9, стр.91-101].

В нормативных моделях, реализующих концепцию ограниченной рациональности, субъективный фактор – поведение человека – имеет место быть только при установлении степени отклонения эффективного решения от рационального [9, стр.125].

Для выбора модели принятия решений важно определить степень влияния и существенность субъективного фактора – поведения человека.

Поскольку в данной работе предполагается создание ИАС ППР на предприятиях аграрного сектора Северного Казахстана, которая исключает влияние психологического поведения людей для принятия решений, предпочтительной является нормативная модель (рис.2). При этом, как отмечалось выше, эта модель будет использоваться в рамках концепции ограниченной рациональности принятия решений.

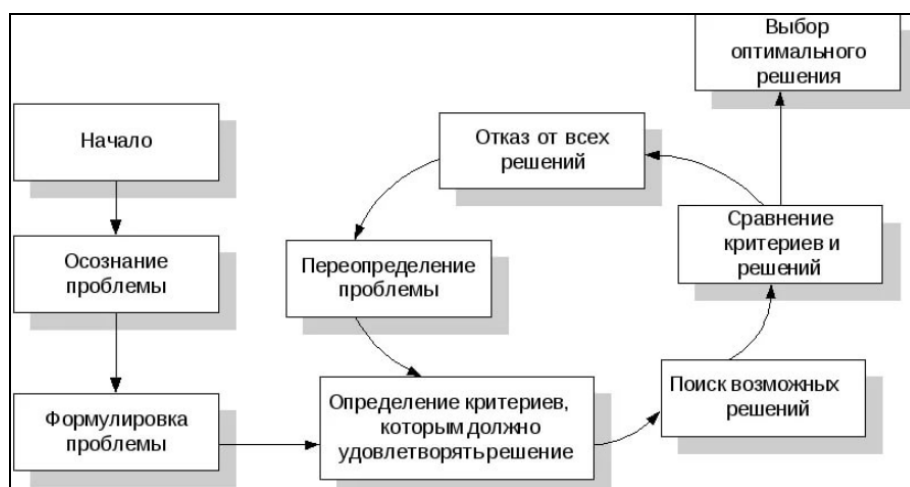


Рисунок 2. Схема нормативной модели принятия решений

В нормативных моделях, реализующих концепцию ограниченной рациональности, сформированное окончательное решение считается итогом использования популярных алгоритмов и станет эффективным (допустимым) с точки зрения его близости к оптимальному решению, которое задается ЛПР.

Правила, реализующие концепцию, базируются на предпочтениях альтернатив и способам (методам) расчета критериальных оценок. Это определение считается совокупным, применяемым как в дескриптивных, так и в нормативных моделях принятия решений [9, стр.129].

Как отмечалось выше для разработки ИАС ППР по рациональной организации производства в растениеводстве в ТОО «Северо-Казахстанская СХОС» используется нормативная модель, которая предполагает применение известных (нормативных) методов принятия решений, включающих правила предпочтения и методы расчета критериальных оценок, определяемых для каждой из альтернатив.

Результаты. Следует подчеркнуть, что выбор курса деятельности объектов агропромышленного комплекса Северного Казахстана и выделение ресурсов для достижения целей являются составляющими корпоративной стратегии этих объектов. В отличие от функциональной и бизнес-стратегии уровень корпоративной стратегии охватывает организацию в целом, что соответствует поставленным в данной работе задачам поиска решений по возможным сценариям производственно-рыночных условий ТОО «Северо-Казахстанская СХОС». Формирование и оценка сценариев осуществляется на базе критериев 3-х типов: соответствие поставленным целям, реалистичность, приемлемость для внешних условий.

Целесообразно для выбора сценариев использовать предварительный анализ внутренней среды предприятия, а также сводный анализ для выявления источников решения задач рациональной организации производства в растениеводстве СХОС. Источником результатов внутреннего и сводного анализа в данной работе является отчет о НИР Казахского агротехнического университета им. С. Сейфуллина [14].

Традиционные подходы к принятию стратегических решений основаны на опыте и интуиции лиц, принимающих решения. В настоящее время принятие стратегических решений имеет тенденцию к замещению традиционных эвристических подходов на аналитические методы.

При этом важно отметить, что, как и в случае стратегических решений для ОАК Северного Казахстана, разработку ИАС ППР необходимо осуществлять на основе применения информационных технологий на всех стадиях подготовки, обоснования и принятия решений.

Как отмечалось выше, для разработки ИАС ППР по рациональной организации производства в растениеводстве в ТОО «Северо-Казахстанская СХОС» используется нормативная модель, которая предполагает применение известных (нормативных) методов принятия решений, включающих правила предпочтения и методы расчета критериальных оценок, определяемых для каждой из альтернатив. Составление и выбор правил предпочтения, заложенных в стратегию принятия решений, остается за ЛПР и/или экспертами. При этом необходимо учитывать условие о принятии решений по многим критериям одновременно. Виды многокритериальных стратегий принятия решений отражены на схеме (рис. 3).

Стратегии многокритериального выбора используются в том случае, когда другие варианты сценариев описываются несколькими параметрами, которые актуальны для выбора альтернатив: (например, затраты, прибыль, время).



Рисунок 3. Многокритериальные стратегии принятия решений

Стратегии компенсаций состоят в том, собственно консультанты-аналитики стремятся сравнить оценки одной альтернативы с оценками другой одним из надлежащих вероятных способов (стратегий):

- определение полезностей каждой из альтернатив (т.е. выявление предпочтений), вслед за тем их сопоставление (стратегия аддитивной модели);
- сопоставление полезностей оценок альтернатив по каждому критерию отдельно, затем суммирование данных разностей (модель аддитивных разностей).

Стратегии исключения рассчитывают отказ от сопоставления плюсов и недостатков всех альтернатив на базе значения рассчитываемых общих критериальных оценок и использование несложных эвристических правил. В итоге исключаются из рассмотрения большого числа бесперспективных альтернатив с тем, чтобы изучать только их небольшое количество и сделать разумный выбор. К данной группе стратегий выбора относятся стратегия доминирования, конъюнктивная стратегия, дизъюнктивная стратегия, лексикографическая стратегия и стратегия удаления по нюансам [15].

Обсуждение. Для разработки ИАС ППР по Северо-Казахстанской СХОС целесообразно применение стратегии многокритериального выбора. Это обусловлено наличием множества критериев, определяющих сценарии функционирования сельскохозяйственного объекта, и необходимостью проведения анализа решений для выбора управленческих решений в условиях доступности экспертной информации.

Научная работа проводилась в рамках научно-технической программы №BR06349506 «Трансферт и адаптация технологий по точному земледелию при производстве продукции растениеводства по принципу «демонстрационных хозяйств (полигонов)» в Северо-Казахстанской области».

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Халин В.Г. и др. Системы поддержки принятия решений – М.: Изд. ЮРАЙТ, 2021, 493 с.
- [2] Figueira J., Greco S., Ehrgott M. Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys. – New York: Springer Science & Business Media, 2005. – 1045 p.
- [3] Saaty T. L. The Analytic Hierarchy Process. – New York: McGraw-Hill, 1980. – 296 p.
- [4] Брук Б., Бурков В.Н. Методы экспертных оценок в задачах упорядочения объектов // Известия АН СССР. Техническая кибернетика. 1972. № 3. С. 29-39.
- [5] Wang, C., Liu, S. Assessment of agricultural high-tech based on AHP with expert weights (Conference Paper) / Proceedings - 2019 International Conference on Robots and Intelligent System, ICRIS 2019 June 2019; Haikou; China.
- [6] Dekamin, M. [et al.]. Selecting the best environmental friendly oilseed crop by using Life Cycle Assessment, water footprint andanalytichierarchyprocess methods (Article) / Journal of Cleaner Production. - 2018, - Vol. 198, - P.1239-1250.

- [7] Chen, L. [et al.]. A comprehensive evaluation of kernel quality under agroforestry models of Ginkgo biloba plantation for nut production (Article) / Linze Kexue / Scientia Silvae Sinicae. - 2016, - Vol. 52, Issue 11, P.63-70.
- [8] Zolfaghary, P. [et al.]. A model for the use of urban treated wastewater in agriculture using multiple criteria decision making (MCDM) and geographic information system (GIS) / Agricultural Water Management. - 2021, - Vol. 243.
- [9] В.Г.Холин. Теория принятия решений: Учебник и практикум для бакалавриата и магистратуры. – М.: - Юрайт, 2019. – Т.1. – с.495.
- [10] Психология принятия решения в управленческой деятельности. Метасистемный подход / А. В. Карпов, А. А. Карпов, Е. В. Маркова. – Ярославль : ЯрГУ; М. : Изд. дом РАО, 2016. – 644 с.
- [11] Концепт «ограниченной рациональности» в контексте управления организационными изменениями. В.М. Матиашвили. Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. Серия: Социальные науки, 2015, № 1 (37), с. 148–154.
- [12] Кравченко Т.К., Исаев Д.В. Системы поддержки принятия решений. Учебник и практикум для академического бакалавриата. – М., Изд. ЮРАЙТ, 2019. 292 с.
- [13] Новосадов С.А. Организация и управление предприятием: Учеб. пособие. М.: Издательство НИЯУ МИФИ, 2017. - 290 с.
- [14] Отчет о научно-исследовательской работе «Трансферт и адаптация технологий по точечному земледелию при производстве продукции растениеводства по принципу «демонстрационных хозяйств (полигонов)» в Северо-Казахстанской области», -2019. - 349 с.
- [15] Орлов А.И. Теория принятия решений. Учебное пособие / А.И.Орлов.- М.: Издательство «Экзамен», 2005. - 656 с.

REFERENCES

- [1] Halin V.G. i dr. Sistemy podderzhki prinyatiya reshenij – М.: Izd. YURAJT, 2021., 493s.
- [2] Figueira J., Greco S., Ehrgott M. Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys. – New York: Springer Science & Business Media, 2005. – 1045 p.
- [3] Saaty T. L. The Analytic Hierarchy Process. – New York: McGraw-Hill, 1980. – 296 p.
- [4] Bruk B., Burkov V.N. Metody ekspertnykh otsenok v zadachakh uporiadocheniia obiektoov // Izvestiia AN SSSR. Tekhnicheskaja kibernetika. 1972. № 3. S. 29-39.
- [5] Wang, C., Liu, S. Assessment of agricultural high-tech based on AHP with expert weights (Conference Paper) / Proceedings - 2019 International Conference on Robots and Intelligent System, ICRIS 2019 June 2019; Haikou; China.
- [6] Dekamin, M. [et al.]. Selecting the best environmental friendly oilseed crop by using Life Cycle Assessment, water footprint andanalytichierarchyprocess methods (Article) / Journal of Cleaner Production. - 2018, - Vol. 198, - P.1239-1250.
- [7] Chen, L. [et al.]. A comprehensive evaluation of kernel quality under agroforestry models of Ginkgo biloba plantation for nut production (Article) / Linze Kexue / Scientia Silvae Sinicae. - 2016, - Vol. 52, Issue 11, P.63-70.
- [8] Zolfaghary, P. [et al.]. A model for the use of urban treated wastewater in agriculture using multiple criteria decision making (MCDM) and geographic information system (GIS) / Agricultural Water Management. - 2021, - Vol. 243.
- [9] V.G.Kholin. Teoriia priniatiia reshenii: Uchebnik i praktikum dlja bakalavriata i magistratury. – М.: - Iurait, 2019. – Т.1. – p.495.
- [10] Psikhologija priniatiia resheniia v upravlencheskoi deiatelnosti. Metasistemnyi podkhod / A. V. Karpov, A. A. Karpov, E. V. Markova. – Iaroslavl : IarGU; М. : Izd. dom RAO, 2016. – 644 p.
- [11] Kontsept «ogranichennoi ratsionalnosti» v kontekste upravleniia organizatsionnymi izmeneniiami. V.M. Matiashvili. Vestnik Nizhegorodskogo universiteta im. N.I. Lobachevskogo. Seria: Sotsialnye nauki, 2015, № 1 (37), p. 148–154.
- [12] Kravchenko T.K., Isaev D.V. Sistemy podderzhki priniatiia reshenii. Uchebnik i praktikum dlja akademicheskogo bakalavriata. – М., Izd. IuRAIT, 2019. 292 p.
- [13] Novosadov S.A. Organizatsiia i upravlenie predpriatiem: Ucheb. posobie. М.: Izdatelstvo NIIaU MIFI, 2017. - 290 p.

[14] Otchet o nauchno-issledovatel'skoi rabote «Transfert i adaptatsiia tekhnologii po tochechnomu zemledeliu pri proizvodstve produktsii rastenievodstva po printsipu «demonstratsionnykh khoziaistv (poligonov)» v Severo-Kazakhstanskoi oblasti», -2019. - 349 p.

[15] Orlov A.I. Teoriia priniatiia reshenii. Uchebnoe posobie / A.I.Orlov.- M.: Izdatel'stvo «Ekzamen», 2005. - 656 p.

¹Г.М. Мауина, ²Е.А. Черткова, ¹У.Ж. Айтимова, ¹А.А. Исмаилова*, ³М. Маханов

¹Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті, Нұр-Сұлтан, Қазақстан

²Ұлттық зерттеу университеті, Жоғары экономика мектебі, Мәскеу, Ресей

³Л.Н.Гумилев атындағы Еуразия Ұлттық университеті, Нұр-Сұлтан, Қазақстан

*e-mail: alema85@mail.ru

«СОЛТҮСТІК ҚАЗАҚСТАН АШТС» ЖШС-ДЕ ШЕШІМДЕР ҚАБЫЛДАУДЫ ҚОЛДАУДЫҢ АҚПАРАТТЫҚ-ТАЛДАУ ЖҮЙЕСІН ҚҰРУ ҮШІН ШЕШІМДЕР ҚАБЫЛДАУДЫҢ ТҰЖЫРЫМДАМАЛАРЫ, СТРАТЕГИЯЛАРЫ ЖӘНЕ МОДЕЛЬДЕРІ

Андатпа. Мақалада «Солтүстік Қазақстан АШТС» ЖШС-де шешімдер қабылдауды қолдаудың ақпараттық-талдау жүйесін құру үшін шешімдер қабылдаудың заманауи тұжырымдамалары, стратегиялары мен модельдері қарастырылды. Ауыл шаруашылығы салаларында өндірістің түрлі аспектілері бойынша басқарушылық шешімдер қабылдау үшін иерархияларды талдау әдісін пайдаланудың халықаралық тәжірибесі талқыланды. Пайдалылықты барынша арттыру тұжырымдамасына және шектеулі рационалдылық тұжырымдамасына салыстырмалы талдау жасалды. Ауылшаруашылық кәсіпорындарын өндірудің оңтайлы көп факторлы сценарийлерін анықтау бойынша шешімдер қабылдау үшін басқарушылық шешімдер қабылдаудың максималды пайдалылығы тұжырымдамасын қолданған жөн. Солтүстік Қазақстанның аграрлық сектор кәсіпорындарында шешімдер қабылдаудың шектеулі ұтымдылығының тұжырымдамасы ұсынылған. Шешім қабылдау әдістері және оларды қолдану ерекшеліктері қысқаша сипатталған. Өсімдік шаруашылығындағы Өндірісті тиімді ұйымдастыру бойынша АТЖ әзірлеуге арналған нормативтік модель ұсынылған.

Негізгі сөздер: тұжырымдамалар, стратегиялар, шешім қабылдау модельдері, шешім қабылдаушы тұлға, шешім қабылдауды қолдаудың ақпараттық-талдамалық жүйесі.

¹G.M. Mauina, ²E.A. Chertkova, ¹U.Zh. Aitimova, ¹A.A. Ismailova*, ³M. Makhanov

¹S.Seifullin Kazakh agrotechnical university, Nur-Sultan, Kazakhstan

²National Research University Higher School of Economics, Moscow, Russia

³L.N.Gumilyov Eurasian national university, Nur-Sultan, Kazakhstan

*e-mail: alema85@mail.ru

CONCEPTS, STRATEGIES AND MODELS OF DECISION MAKING FOR CREATION OF INFORMATION AND ANALYTICAL SYSTEM OF SUPPORT OF DECISION MAKING IN «NORTH-KAZAKHSTAN AGRICULTURAL EXPERIMENTAL STATION» LLP

Abstract. The article discusses modern concepts, strategies and decision-making models for creating an information-analytical decision support system in "North-Kazakhstan Agricultural Experimental Station" LLP. The international experience of using the method of hierarchy analysis for making management decisions on various aspects of production in agricultural industries is discussed. A comparative analysis of the concept of utility maximization and the concept of bounded rationality is carried out. It is shown that it is advisable to use the concept of maximum utility of management decision-making to make decisions on determining the optimal multi-factor scenarios for the production of agricultural enterprises. The concept of limited rationality of decision-making at the enterprises of the agricultural sector of Northern Kazakhstan is presented. The methods of decision-making and the features of their use are briefly described. A normative model for the development of an IAS for the effective organization of production in crop production is presented.

Keywords: concepts, strategies, decision making models, decision maker, information and analytical decision support system.

Р.К. Ускенбаева, А.А. Куандыков*, С. Нуралыкызы, А.М. Толегенов
Международный университет информационных технологий, Алматы, Казахстан
*e-mail: abu.kuandykov@gmail.com

ПРИМЕНЕНИЕ OLAP-ТЕХНОЛОГИЙ КАК ИНСТРУМЕНТ ДЛЯ БИЗНЕС-АНАЛИТИКИ

Аннотация. В чем основное различие между слухами, фактами и точной информацией? Первое мы лишь воспринимаем на слух и принимаем к сведению, а точную информацию каждый может использовать с выгодой для бизнеса. Иначе говоря информация – это данные, которые прошли глубокий анализ и систематизацию. В наше время информация – это ключ для любой фирмы, помогающий остаться на рынке в условиях жесткой конкуренции и финансового кризиса, если таковой возникает. Однако недостаточно просто владеть информацией, важно ее правильно анализировать и актуализировать. Для того, чтобы человек не расходовал свое драгоценное время на анализ информации, были разработаны различные схемы и системы, которые могут проводить анализ в больших объемах данных и превращать обычные данные в актуальную информацию. Данная область аналитики нацелена на улучшения качества управления бизнес-системами с использованием баз данных и новейших технологий.

Чтобы организовать управленческий учет фирмы предприниматели принимают различные действия: нанимают в штат профессионалов, покупают различные программы и другое. Однако сегодня рынок предлагает обеспечивать управление и развитие производства и сбыта, схемы заказчик-поставщик несколько иным способом.

То, что может произойти благодаря новым технологиям повлияет как на реструктуризацию различных отраслей организации, так и на улучшение бизнес-процессов фирм и компаний в целом. Но в любом случае окончательное решение по модернизации будет приниматься лицами, от которых зависит судьба компании в долгосрочной перспективе.

Если фирма или компания находится на рынке уже долгое время, то однозначно она не может владеть новыми бизнес-процессами, и, зачастую, нацелена на решение обыденных вопросов предприятия. Поэтому не может принимать решения о новых областях бизнеса, так как без актуальной информации такое решение принимать будет довольно рискованно.

В данной статье расскажем о достаточно новой технологии анализа данных как об инструменте для бизнес-аналитики.

Ключевые слова: интерактивная аналитическая обработка, OLAP, анализ данных, технология, массивы данных, ключевые термины.

Введение. Зачем строить хранилища данных – ведь они содержат заведомо избыточную информацию, которая и так “живет” в базах или файлах оперативных систем? Ответить можно кратко: анализировать данные оперативных систем напрямую невозможно или очень затруднительно. Это объясняется различными причинами, в том числе разрозненностью данных, хранением их в форматах различных СУБД и в разных “уголках” корпоративной сети. Но даже если на предприятии все данные хранятся на центральном сервере БД, аналитик почти наверняка не разберется в их сложных, подчас запутанных структурах.

Таким образом – хранилище данных компании предоставляет материал для обработки и анализа в одном месте, но зачастую не в слишком понятной структуре, а специальные технологии помогают эти материалы анализировать.

Дополнительной причиной создания отдельного хранилища в компаниях являются сложные аналитические запросы, которые заставляют «подвисать» таблицы Excel надолго блокируя работу приложения.

В наши дни появилась совершенно новая для бизнес-аналитики функция обработки и анализа данных OLAP (ON-Line Analytical Processing) – интерактивная аналитическая

• Физико-математические науки

обработка. Новая технология обработки данных позволяет обрабатывать огромные массивы данных по многомерному принципу. Основоположником данной технологии является Эдгар Кодд. Такая возможность позволяет любой организации получить необходимые и актуальные данные практически мгновенно. Технология определяется несколькими ключевыми терминами [1].

FAST (Быстрый) – критерий означает, что анализ данных и поиск информации в массиве происходит практически мгновенно – не более пяти секунд. Такой результат достигается различными методами хранения данных и многофункциональности технологий. Лишь 2% всех запросов могут обрабатываться в течение 20 секунд из-за их сложности. Таким образом максимум за пол минуты, теперь вы получите отчет, на который ранее требовалось несколько часов или дней.

ANALYSIS (Аналитический) – критерий показывает, что совершенная система умеет проводить многоцелевой анализ, как статический, так и логический. Сохранение происходит в доступном для чтения формате.

SHARED (Разделяемый) – система использует метод конфиденциальности, благодаря чему к различным данным имеют доступ определенные лица организации.

MULTIDIMENSIONAL (Многомерный) – этот критерий упоминался выше, и является основным в OLAP технологии. Система умеет анализировать массивы данных в папках, подпапках и даже отдельных файлах, то есть поддерживает иерархии и множественные иерархии. Таким образом этот критерий влияет на остальные.

OLAP-кубы содержат показатели, которые используются для анализа и принятия управленческих решений, например, можно проанализировать успеваемость студентов, оценку преподавателей, набор студентов по университетам или специальностям и другие численные показатели (рисунок 1).

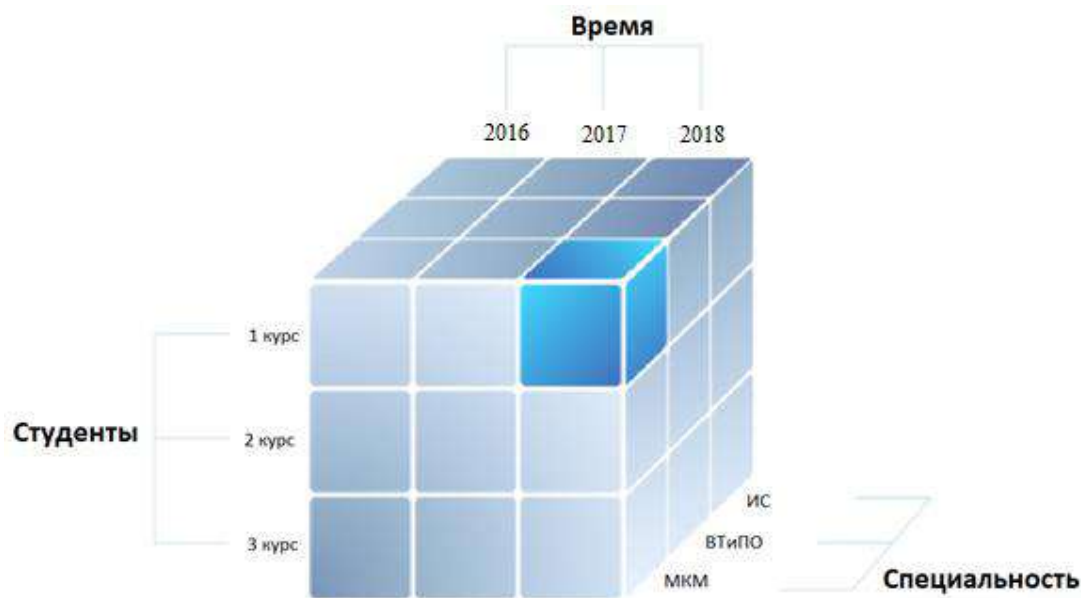


Рисунок 1. Средняя успеваемость студентов в разрезе времени и специальностей

Технология OLAP позволяет получать данные в необходимом виде за определенный период. По строкам и столбцам отчета будут категории (границы куба), а в ячейках показатели (рисунок 2).

GPA студентов		2016	2017	2018	2019	2020	итого
ИС	1 курс	3,10	3,87	2,59	3,12	2,10	2,96
	2 курс	3,79	2,24	2,27	3,07	2,86	2,85
	3 курс	2,06	3,65	3,06	3,22	3,80	3,16
	4 курс	3,55	3,17	3,86	2,06	3,25	3,18
	итого	3,13	3,23	2,95	2,87	3,00	3,03
ВТиПО	1 курс	2,82	3,96	3,92	2,47	3,49	3,33
	2 курс	2,10	3,43	3,84	3,55	2,75	3,13
	3 курс	2,71	2,54	3,01	2,91	3,93	3,02
	4 курс	3,58	3,77	2,29	2,93	2,64	3,04
	итого	2,80	3,43	3,27	2,97	3,20	3,13
МКМ	1 курс	2,12	2,46	2,45	2,45	2,44	2,38
	2 курс	2,73	3,01	2,12	2,44	3,88	2,84
	3 курс	3,40	3,22	2,78	2,76	2,38	2,91
	4 курс	3,78	2,36	2,68	2,69	3,99	3,10
	итого	3,01	2,76	2,51	2,59	3,17	2,81
ИТОГО		2,98	3,14	2,91	2,81	3,13	2,99

Рисунок 2. Средняя успеваемость студентов

Если организация существует уже долгое время, то, предположительно, она сумела накопить большое количество различных данных, связанных со своей сферой деятельности. Существует возможность того, что данные перезаписывались и хранились в различных местах, поэтому собрать их воедино будет долгим и непростым процессом. Именно для того, чтобы проверить все имеющиеся данные, проверить возможные пробелы или определить возможные улучшения и была разработана технология интерактивной аналитической обработки данных, которые в настоящее время используются повсеместно. Основная задача таких систем – помогать пользователю в поиске какой-либо информации и очень быстро предоставлять ответ. Чаще всего технологию используют для разработки важного бизнес-направления, когда надо определить работает гипотеза или нет. Как пример, информация представляется в виде успеваемости студентов в разрезе времени и специальностей и так далее [2].

Полезность технологии была доказана и позволяет реорганизовать огромные папки отчетов и данных в полезную и необходимую информацию, которая вовремя поможет вам принять обоснованное деловое или финансовое решение.

Помимо этого, повышается эффективность обработки, то есть при большом количестве неотсортированной информации OLAP почти мгновенно поможет получить необходимые данные. Благодаря технологии пользователь может получить полный отчет о том, функционирует ли его организация, что в свою очередь позволяет оперативно принимать решения и эффективно руководить предприятием. Информация может быть получена в виде отчета, графика или таблицы, что удобно для дальнейшей работы.

Процедура интеграции системы OLAP в бизнес-структуру происходит постепенно с использованием самых современных решений ERP, CRM и SCM. Системы могут поставляться различными производителями, однако данные должны проходить процедуру согласования данных, для избежание конфликта определяемых форматов. В бизнес-среде однозначно используется единственное требование – полный анализ данных, так как без него не будет пользы даже от такой технологии как OLAP [3].

Приведем несколько приложений на основе OLAP технологий.

Анализ данных. Анализ данных – это одна из самых приоритетных и постоянно используемых задач. Многомерная модель данных позволяет проанализировать большие объемы данных, а быстрое реагирование на запрос пользователя делают такие программы незаменимы для анализа продаж, маркетинговых акций, складов и других задач, где требуется анализ больших объемов информации.

Примеры продуктов: Microsoft Excel Pivot Tables, Microsoft Analysis Services.

Финансовое планирование-бюджетирование. Планирование бюджета фирмы – практически основная задача каждой компании. Поэтому существуют системы корпоративного менеджмента, использующие в своей основе OLAP систему. Основная задача в этом случае – расчёт бизнес-модели, позволяющей посмотреть доход или расход при изменении различных значений и проиграть различные варианты событий. То есть здесь используется функция «Что если».

Примеры продуктов: Microsoft PerformancePint, Oracle EPB, Oracle OFA, Oracle Hyperion Planning, SAP SEM, Cognos Enterprise Planning, Geac.

Финансовая консолидация. Объединение данных согласно международным стандартам учёта – это актуальная задача на текущий момент, из-за требований проверяющих органов. Технологии позволяют создать прозрачный отчет и повысить консолидацию процесса.

Примеры продуктов: Oracle FCH, Oracle Hyperion FM, Cognos Controller.

Хранилища данных и On-Line Analytical Processing (OLAP) технологии являются важными элементами поддержки принятия бизнес-решений, которые все чаще становится неотъемлемой частью любой отрасли. Применение OLAP технологий как инструмент для бизнес-аналитики дает больше контроля и своевременного доступа к стратегической информации, которое способствует эффективному принятию решений. Это предоставляет возможность для моделирования реальных прогнозов и более эффективное использование ресурсов. OLAP позволяет организации более оперативно реагировать на требования рынка [4].

Все OLAP-системы делятся на три класса по типу исходной БД:

1. Многомерный OLAP(MOLAP) использует многомерные базы данных. Применение целесообразно при условии не слишком высоких объемов исходных данных для анализа, стабильном наборе информационных измерений.

2. Реляционный OLAP(ROLAP) использует реляционные базы данных. Достоинства: в большинстве корпоративных БД используются реляционные СУБД и инструменты ROLAP работают непосредственно над ними; наличие больших возможностей защиты данных и разграничения прав доступа пользователей. Недостаток – меньшая по сравнению с MOLAP производительность.

3. Гибридный OLAP(HOLAP). Используются как многомерные, так и реляционные базы данных: наиболее востребованные агрегированные бизнес-показатели хранятся в многомерном пространстве, а ресурсоемкие детальные данные – в реляционном. В качестве недостатков можно выделить: сложности синхронизации регламентов загрузки, модификации алгоритмов согласования и верификации моделей консолидации, распределения прав доступа к информационным ресурсам системы [5].

Архитектура OLAP-системы может быть представлена в виде двух основных компонентов: OLAP-сервера и OLAP-клиента. OLAP-сервер обеспечивает хранение данных, возможность манипулирования данными и формирование многомерной модели на концептуальном уровне. OLAP-клиент предоставляет пользователю интерфейс к многомерной модели данных, обеспечивая возможность удобного манипулирования данными для решения задач анализа. В многомерных хранилищах данных наряду с исходными данными хранятся агрегированные данные различного уровня детализации (рисунки 3).

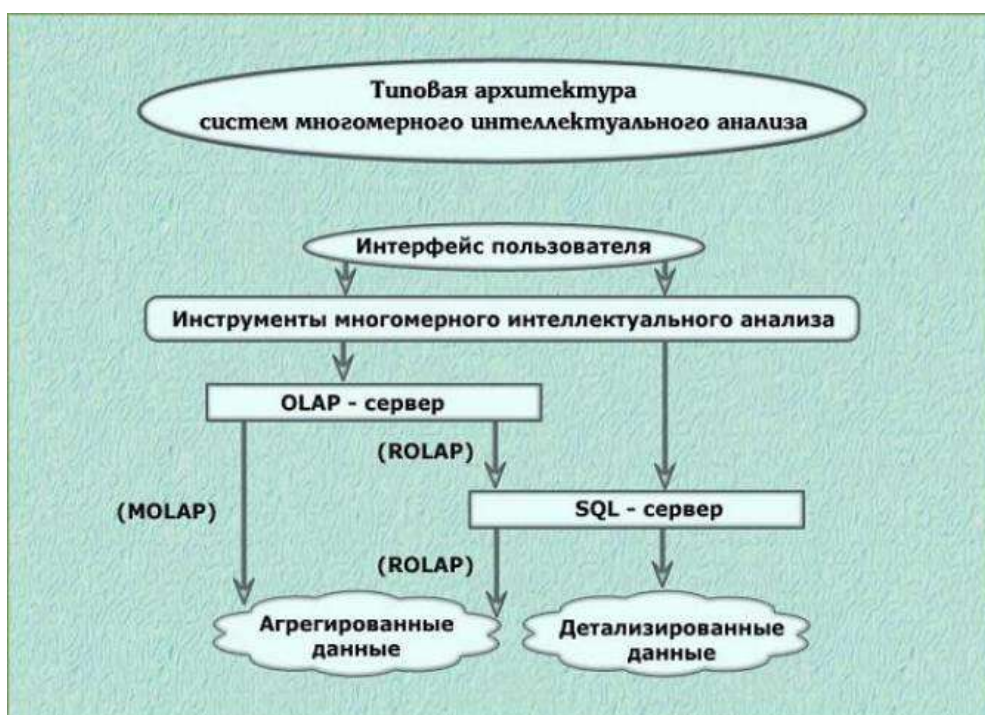


Рисунок 2. Типовая архитектура систем многомерного интеллектуального анализа

Заключение. В данной статье мы определили, что технология интерактивной аналитической обработки данных OLAP, помогает в различных сферах бизнес-аналитики, а именно: консолидации данных и созданию прозрачных отчетов, анализу данных продаж, маркетинговых акций, складов и других задач, где требуется анализ больших объемов информации и быстрому поиску информации в больших массивах данных.

OLAP системы дают организациям возможности по анализу и прогнозированию различных ситуаций. Работа данной технологии напрямую связана с полнотой базы данных, поэтому при интегрировании системы в рабочую сферу организации важно учитывать всю полноту данных, так как дополнительное внесение материалов займет длительное время.

Технология детально позволяет представить результаты в зависимости от необходимой ситуации. За счет построения взаимосвязей появляется возможность найти скрытые зависимости в различных процессах, что может полностью изменить ход бизнес-деятельности того или иного предприятия.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Аренков И.А. Клиентоориентированный подход к управлению бизнес-процессами в цифровой экономике // Научно-технические ведомости. – СПб: ГПУ. Экономические науки. – 2017. – С. 18-30.
- [2] Бенькович Е.С., Колесов Ю.Б., Сениченков Ю.Б. Практическое моделирование сложных динамических систем. – СПб.: БХВ-Петербург, 2017. – 464 с. [Текст].
- [3] Берг Д.Б., Лапшина С.Н. Системный анализ конкурентных стратегий // Учебное пособие. – Екатеринбург: Издательство Уральского университета, – 2015. – 56 с.
- [4] Барсегян А.А. Куприянов М.С., Степаненко В.В. и др. Методы и модели анализа данных: OLAP и Data Mining. – М.: СПб: БХВ, – 2017. – 336 с.
- [5] Бергер А.Б. Microsoft SQL Server 2005 Analysis Services. OLAP и многомерный анализ данных // А.Б. Бергер. – М.: БХВ-Петербург, – 2018. – 147 с.

REFERENCES

- [1] Arenkov I.A. Klientoorientirovannyi podkhod k upravleniyu biznes-protsessami v tsifrovoi ekonomike // Nauchno-tekhnicheskie vedomosti. – SPb: GPU. Ekonomicheskije nauki. – 2017. – S. 18-30.

- [2] Ben'kovich E.S., Kolesov Yu.B., Senichenkov Yu.B. Prakticheskoe modelirovanie slozhnykh dinamicheskikh sistem. – SPb.: BKhV-Peterburg, 2017. – 464 s. [Tekst].
- [3] Berg D.B., Lapshina S.N. Sistemnyi analiz konkurentnykh strategii // Uchebnoe posobie. – Ekaterinburg: Izdatel'stvo Ural'skogo universiteta, – 2015. – 56 s.
- [4] Barsegyan A.A. Kupriyanov M.S., Stepanenko V.V. i dr. Metody i modeli analiza dannykh: OLAP i Data Mining. – M.: SPb: BKhV, – 2017. – 336 c.
- [5] Berger A.B. Microsoft SQL Server 2005 Analysis Services. OLAP i mnogomernyi analiz dannykh // A.B. Berger. – M.: BKhV-Peterburg, – 2018. – 147 c.

Р.К. Ускенбаева, А.А. Куандыков*, С. Нуралыкызы, А.М. Төлегенов
Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті, Алматы, Қазақстан
*e-mail: abu.kuandykov@gmail.com

БИЗНЕС ТАЛДАУЫНЫҢ ҚҰРАЛЫ РЕТІНДЕ OLAP ТЕХНОЛОГИЯСЫН ҚОЛДАНУ

Аңдатпа. Ақпарат дегеніміз – терең талдаудан және жүйеленуден өткен мәліметтер. Қазіргі кезде ақпарат кез-келген компания үшін қатал бәсекелестік және егер бар болса қаржылық дағдарыс жағдайында нарықта қалуға көмектесетін кілт болып табылады. Алайда, тек ақпараттың болуы жеткіліксіз, оны дұрыс талдап, жаңарту қажет. Ақпаратты талдауға адам өзінің алтын уақытын жоғалтпауы үшін көптеген мәліметтерді талдай алатын және қарапайым мәліметтерді тиісті ақпаратқа айналдыра алатын түрлі схемалар мен жүйелер жасалды. Аналитиканың бұл бағыты дерекқорлар мен соңғы технологияларды қолдана отырып, бизнес жүйелерін басқару сапасын арттыруға бағытталған.

Мақаланың негізгі бағыты – іскерлік интеллект құралы ретінде деректерді талдауға арналған жаңа технологияны қолдану.

Негізгі сөздер: интерактивті аналитикалық өңдеу, OLAP, деректерді талдау, технология, мәліметтер жиынтығы, негізгі терминдер.

R.K. Uskenbaeva, A.A. Kuandykov*, S. Nuralykyzy, A.M. Tolegenov
International University of Information Technologies, Almaty, Kazakhstan
*e-mail: abu.kuandykov@gmail.com

APPLYING OLAP TECHNOLOGIES AS A TOOL FOR BUSINESS ANALYTICS

Abstract. Information is data that has undergone deep analysis and systematization. Nowadays, information is the key for any company, helping to stay on the market in conditions of fierce competition and financial crisis, if any. However, it is not enough just to have information, it is important to analyze and update it correctly. In order for a person not to waste his precious time on analyzing information, various schemes and systems have been developed that can analyze large amounts of data and turn ordinary data into relevant information. This area of analytics aims to improve the management of business systems using databases and the latest technologies.

The main direction of this article is the use of new data analysis technology as a tool for business intelligence.

Keywords: interactive analytical processing, OLAP, data analysis, technology, data sets, key terms.

¹Ш.Т. Нұрболат*, ¹Ж. Жұмаханов, ¹Ж.К. Калкозова, ²М. Мирзайан, ¹Х.А. Абдуллин

¹Национальная нанотехнологическая лаборатория открытого типа при Казахском национальном университете им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан

²Школа инженерии и вычислительной техники, Университет Западной Шотландии, Великобритания

*e-mail: shyryn0709@gmail.com

СТРУКТУРНЫЕ И ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА НАНОПОРОШКОВ ZnO-CoO

Аннотация. Методом химического осаждения из раствора с последующим термическим отжигом были получены нанопорошки $Zn_{1-x}Co_xO$. Структура и морфология образцов исследована методами рентгеноструктурного анализа и сканирующей электронной микроскопии. Рамановские спектры исследовали при комнатной температуре с использованием спектрометра Solver Spectrum (NT-MDT) с лазерным возбуждением при 473 нм. Оптические спектры в диапазоне 300-800 нм измерены на оптическом спектрофотометре Lambda 35 PerkinElmer. В зависимости от условий синтеза получены нанопорошки со средними размерами 1-2 нм.

Ключевые слова: нанопорошки $Zn_{1-x}Co_xO$, химическое осаждение, оптическая плотность, термический отжиг.

Введение. Материалы, сочетающие в себе различные функциональные возможности, привлекают интерес исследователей благодаря постоянно растущим потенциальным применениям функциональных материалов. Оксид цинка ZnO является одним из интенсивно исследуемых многофункциональных материалов, перспективным для микроэлектроники, сенсорики, солнечной энергетики и для других применений. Поэтому структуры и композиты на основе ZnO интенсивно развиваются на протяжении длительного времени [1-3].

Оксид цинка – полупроводниковый материал с большой энергией экситонов (60 мэВ) и большой шириной запрещенной зоны $E_g=3.37\text{eV}$ при комнатной температуре, он обладает яркой фотолюминесценцией и пьезоэлектрическими свойствами, а его электрическая проводимость может быть значительно улучшена путем легирования либо сдвига стехиометрии в область избытка металла. Поэтому благодаря таким уникальным свойствам ZnO является перспективным для применения самых различных областях техники: в пьезо преобразователях, для формирования прозрачных проводящих слоев с прозрачностью ~80-90% в видимой области спектра. Это находит широкое применение при изготовлении фотовольтаических и электрохромных устройств («умные» оконные покрытия), дисплеев, элементов солнечных батарей, при создании полупроводниковых лазеров и светодиодов (LED, OLED) и плоских телевизионных панелей, при создании различных биологических и газовых сенсоров [4, 5, 6]. Также ZnO является экологически безопасным и биосовместимым материалом, что важно для биомедицинских применений.

Разбавленные полупроводники на основе ZnO, легированного переходными металлами (Co, Mn и др.), сочетают электрические и ферромагнитные свойства с оптической прозрачностью, и также представляют чрезвычайный интерес для создания электродов конденсаторов и батарей, устройств хранения и записи информации и новых устройств спинтроники [7, 8].

Весьма актуально получение образцов твердых растворов $Zn_{1-x}Co_xO$ с гексагональной структурой типа ZnO, без примеси кубической фазы типа CoO, поскольку такой материал перспективен для различных приложений, однако его получение сопряжено с весьма ограниченной растворимостью фаз ZnO и CoO [9]. В настоящей работе однофазные порошки $Zn_{1-x}Co_xO$ синтезированы простым методом химического осаждения из раствора с последующим термическим отжигом. Изучена зависимость фазового состава и оптического

поглощения от условий синтеза. Обнаружено значительное уширение области формирования твердых растворов ZnO-CoO при отжиге в водородной атмосфере.

Экспериментальная часть. Порошки ZnO-CoO синтезированы методом химического осаждения из раствора нитрата цинка $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, нитрата кобальта $\text{Co}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, уротропина $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{N}_4$ и мочевины CH_4ON_2 . Использован водный раствор 0.1 М нитрата цинка (50 мл), при этом молярные соотношения Zn/Co в ростовых растворах составляли 10/0 (только нитрат цинка); 10/1; 10/3; 10/5; 10/7 и 10/10. В другой серии синтезов использован водный раствор 0.1 М нитрата кобальта (50 мл), молярные соотношения Zn/Co в ростовых растворах составляли 0/10 (только нитрат кобальта); 1/10; 3/10 и 10/10. Концентрация уротропина и мочевины была эквимольная к цинку и кобальту соответственно, и менялась в зависимости от соотношения Zn и Co в растворе.

Ростовой раствор помещали в химический стакан, который выдерживали на водяной бане в течение 8-16 часов при температуре 92 °С. Полученный порошок несколько раз промывали водой и сушили. Затем образцы отжигались при температуре 350 °С в потоке водорода в течение 4 часов.

Морфология синтезированных образцов исследована методом сканирующей электронной микроскопии на микроскопе Quanta 3D 200i (FEI). Кристаллическая структура полученных порошков была исследована с помощью рентгеновского дифрактометра MiniFlexRigaku с $\text{CuK } \alpha$ -излучением. Рамановские спектры исследовали при комнатной температуре с использованием спектрометра Solver Spectrum (NT-MDT) с лазерным возбуждением при 473 нм. Оптические спектры в диапазоне 300-800 нм измерены на оптическом спектрофотометре Lambda 35 PerkinElmer.

Результаты и обсуждение. Хорошо известно [10], что при росте методом химического осаждения из раствора нитрата цинка и уротропина получают наностержни ZnO. Также известно [11], что при росте методом химического осаждения из раствора нитрата кобальта $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$ и мочевины синтезируется фаза гидроксикарбоната (НС-Co) кобальта $\text{Co}(\text{CO}_3)_{0.5}(\text{OH})_{0.11} \cdot \text{H}_2\text{O}$, которой также может соответствовать фаза НС-Co гидроксикарбоната с химической формулой $\text{Co}_6(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_8\text{H}_2\text{O}$ [12]. На рис. 1 приведены рентгенограммы образцов, синтезированных из ростовых растворов чистого нитрата кобальта (кривая 1), а также из ростовых растворов с молярным соотношением цинка и кобальта Zn/Co=10/10 (кривая 2) и 10/1 (кривая 4), приведены также рентгенограммы образцов после отжига в атмосфере водорода при температуре 350 °С. Видно, что синтез из раствора нитрата кобальта приводит к формированию только фазы гидроксикарбоната (НС-Co) кобальта, в полном соответствии с литературными [11, 12] данными.

Однако неожиданным оказался факт, что в присутствии в ростовом растворе обоих компонентов – нитратов цинка и кобальта – формирование фаз ZnO гидроксикарбоната (НС-Co) кобальта не наблюдалось, то есть происходит резкое изменение механизма роста. Как видно из рис.1, кривая 2, при эквимольном соотношении цинка и кобальта подавляется рост как фазы ZnO, так и НС-Co, вместо этого наблюдалось формирование неидентифицированной фазы с рефлексами при 5.6, 11.2, 16.8, 33.2 и 59.4°. Необходимо отметить, что выход реакции синтеза в этом случае высокий, а большая часть полученного материала имеет структуру, близкую к аморфной, о чем говорит монотонный рост интенсивности рассеянного излучения в области углов от 0 до ~25°.

Обнаружено, что образец, синтезированный при соотношении Zn:Co=10:10 в ростовом растворе, при отжиге на воздухе переходит в фазу ZnCo_2O_4 . Однако исходный образец можно перевести в однофазный материал с гексагональной структурой вюрцита ZnO после термического отжига синтезированных порошков в атмосфере водорода. Как видно из рис. 2, кривая 3, в таких образцах наблюдаются только пики, соответствующие гексагональной структуре вюрцита. Пики имеют значительную полуширину, что свидетельствует о малом

размере кристаллитов. Оценка методом Уильямсона-Холла (Williamson-Hall method) дает для размеров кристаллитов величину около 1.5 нм.

В образцах, полученных при соотношении Zn:Co=1:1 во время синтеза, и подвергнутых сначала отжигу на воздухе, а затем отжигу в водороде, наряду с гексагональной структурой типа ZnO наблюдается также весьма слабый дополнительный пик при угле 43° , который соответствует образованию кубической фазы типа CoO. Можно сделать вывод, что образцы становятся двухфазными, в них присутствует основная фаза – твердый раствор ZnO-CoO с гексагональной структурой вюрцита, а также небольшая примесь фазы кубического оксида кобальта.

На рентгенограммах 4 и 5 (рис. 1) наблюдаются пики, расположенные при $2\theta = 31.76^\circ$, 34.4° , 36.24° , 47.5° , 56.56° , и др., которые хорошо соответствуют литературным данным по рефлексам (100), (002), (101), (102), (110) гексагональной структуры вюрцита ZnO [13]. Сильные и узкие дифракционные пики на картине указывают на поликристаллическую фазу с высокой степенью кристалличности. Также наблюдаются слабые не идентифицированные пики при углах 5.5 , 11.1 , 16.7 , 33 и 59° , как и на кривой 2.

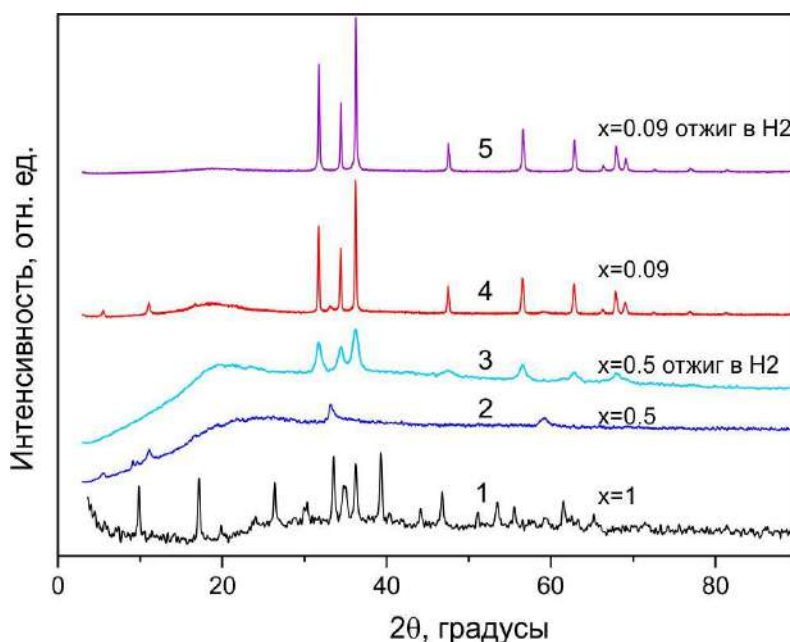


Рисунок 1. XRD данные для синтезированных образцов при соотношении Zn/Co во время синтеза как 0/10 (кривая 1), 10/10 (кривые 2 и 3) и 10/1 (кривые 4 и 5) сразу после синтеза (1, 2, 4) и после изохронного (30 мин) отжига в потоке водорода при температуре 350°C (кривые 3 и 5).

Типичная морфология образцов, полученных при молярном соотношении цинка к кобальту в ростовом растворе 10:10, представлена на рис. 2. Видно, что материал высокодисперсный, что соответствует XRD данным, и состоит из отдельных частиц в виде чешуек. При использовании растворов чистого нитрата цинка для синтеза ZnO, либо чистого нитрата кобальта для синтеза гидроксикарбоната кобальта выход синтеза составлял около 30-45% от теоретического. Когда в ростовой раствор нитрата цинка добавлялся нитрат кобальта, либо наоборот, в раствор нитрата кобальта добавлялся нитрат цинка, выход синтеза значительно возрастал. При эквимольном соотношении нитратов цинка и кобальта в ростовом растворе выход реакции был максимальным и достигал 80-85% от теоретического. Это свидетельствует, что в растворе нитратов цинка и кобальта происходит активный рост нанокристаллов, в состав которых входят как цинк, так и кобальт.

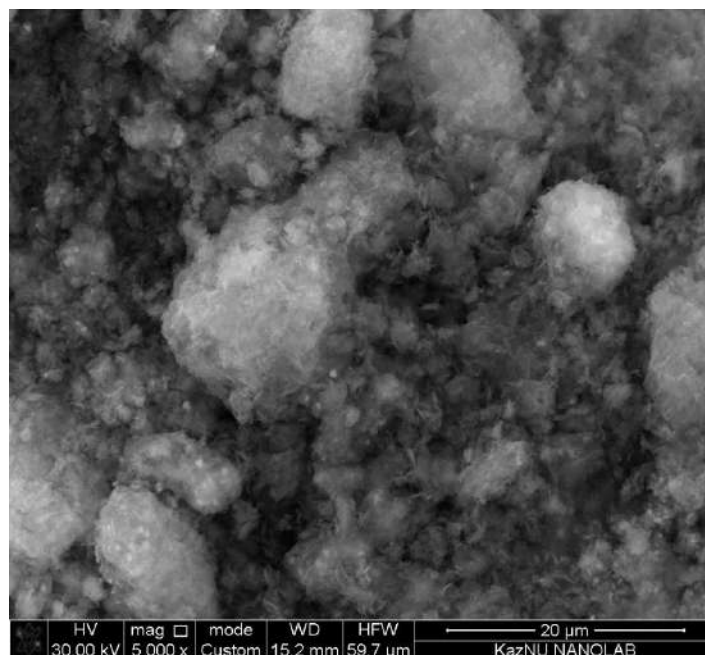


Рисунок 2. SEM снимки образцов, синтезированных методом химического осаждения из раствора нитрата цинкаи нитрата кобальта с соотношением Zn/Co=10/10.

С помощью оптического спектрофотометра исследованы спектры поглощения полученных порошков ZnO-CoO в видимой области (рис. 3). Спектры образцов, полученных при равных концентрациях Zn и Co в ростовом растворе (Zn:Co=10:10), показывают пики при 583 нм, 626 нм и 677 нм (рис. 3, кривая 4). При уменьшении концентрации кобальта в ростовом растворе эти пики поглощения постепенно исчезают, и хотя данные пики наблюдаются даже в образце с соотношением цинка и кобальта Zn:Co=10:1 (рис. 3, кривая 1), однако их интенсивность весьма слабая. Поглощение при 583 нм, 626 нм и 677 нм можно отнести к внутризонному поглощению, обусловленному d-d-переходами двухзарядного кобальта Co^{2+} , который находится в тетраэдрическом окружении [14].

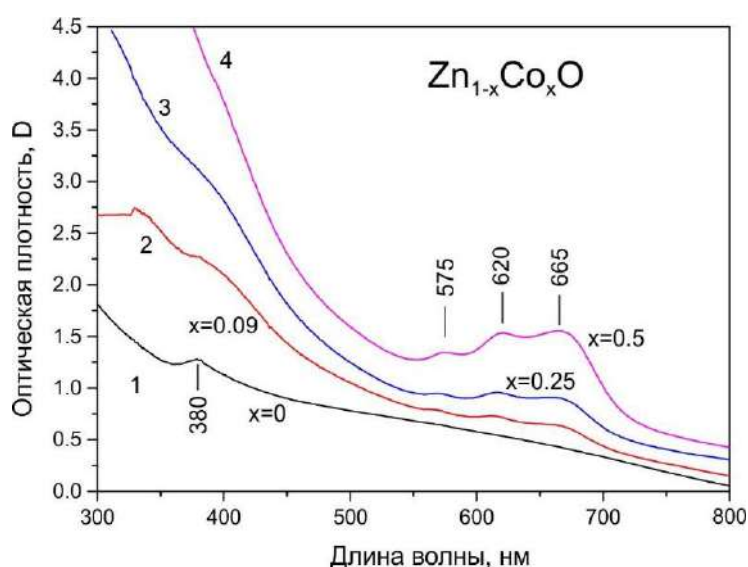


Рисунок 3. Спектры поглощения синтезированных порошков $\text{Zn}_{1-x}\text{Co}_x\text{O}$ в видимой области спектра, полученные с помощью оптического спектрофотометра Lambda 35.

На рис. 4 приведены спектры рамановского рассеяния синтезированных образцов. Спектр 1 принадлежит образцу ZnO, выращенному методом химического осаждения из раствора нитрата цинка, спектр 2 – образцу гидрокарбоната кобальта, полученного из раствора нитрата кобальта, а спектр 3 – образцу, полученному из раствора нитратов цинка и кобальта с молярным соотношением $Zn/Co=10/10$. Спектр 1 хорошо соответствует известному из литературы рамановскому спектру ZnO, а спектр 3 - $Zn_{1-x}Co_xO$ при $x=0.598$ [15]. Насколько нам известно, рамановский спектр для гидрокарбоната кобальта в литературе отсутствует.

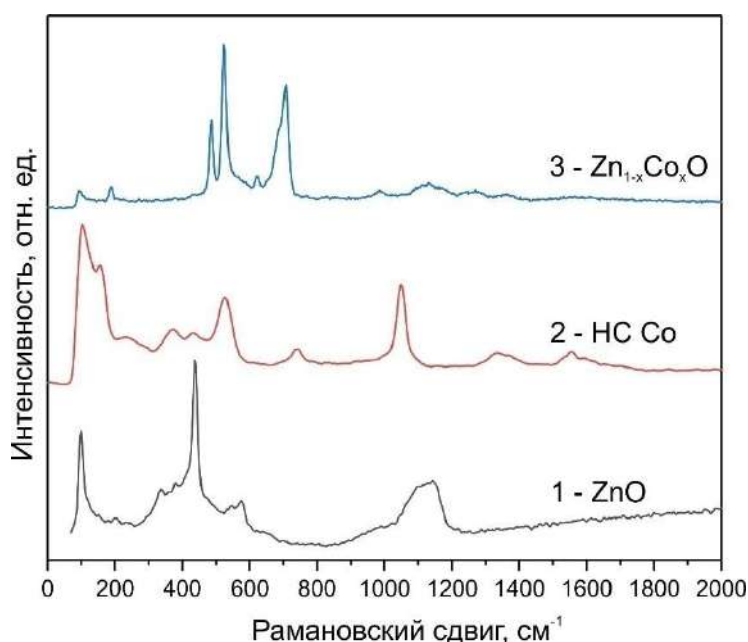


Рисунок 4. Спектры комбинационного рассеяния образца Ref-YAG:Ce³⁺ (1) и образца, синтезированного при 800°C с последующим отжигом при 1550°C в течение 30 мин (2).

Образцу, выращенному методом химического осаждения из раствора нитрата кобальта, XRD данные которого соответствуют гидрокарбонату кобальта, соответствует рамановский спектр 2 (рис. 4), поэтому спектр может принадлежать гидрокарбонату кобальта. Заметим, что этот рамановский спектр был достаточно стабильным при воздействии неослабленного лазерного луча возбуждения при измерениях.

Выводы. Таким образом, показано, что в то время, как химическое осаждение из раствора нитрата цинка позволяет получать оксид цинка, и из раствора нитрата кобальта - гидрокарбоната кобальта, присутствие цинка и кобальта в равных молярных концентрациях подавляет рост как оксида цинка, так и гидрокарбоната кобальта. Механизм роста в случае примерно равных молярных концентраций цинка и кобальта в ростовом растворе кардинально меняется, и хотя полученный материал трансформируется при отжиге на воздухе в оксид $ZnCo_2O_4$, его легко перевести путем отжига при 350°C в потоке водорода в твердый раствор $Zn_{1-x}Co_xO$, имеющий гексогональную решетку типа ZnO. Высокодисперсный порошок твердого раствора $Zn_{1-x}Co_xO$ имеет средний размер кристаллитов 1-2 нм в зависимости от условий получения, спектры оптического поглощения свидетельствуют о наличии двухзарядного кобальта Co^{2+} , который находится в тетраэдрическом окружении. XRD и рамановские результаты показывают, что получен однофазный твердый раствор $Zn_{1-x}Co_xO$, который состоит из гексогональной фазы типа ZnO.

Работа выполнена при поддержке гранта № AP05130100 Министерства образования и науки Республики Казахстан.

REFERENCES

- [1] Kołodziejczak-Radzimska A., Jesionowski T. Zinc Oxide – From Synthesis to Application: A Review // *Materials*. – 2014. – Vol. 49, No.4. – P. 2833-2881.
- [2] Janotti A., Van de Walle, C. G. Fundamentals of zinc oxide as a semiconductor. // *Progress in Physics*. – 2019, – Vol. 29, No.12. – P. 1-29.
- [3] Nickel N. H. and Terukov E. Zinc Oxide – A Material for Micro- and Optoelectronic Applications // *Proceedings of the NATO Advanced Research Workshop on Zinc Oxide as a Material for Microand Optoelectronic Applications*. – St. Petersburg, Russia, 2004. Series: Nato Science Series II, Vol. 194. – P. 240-434.
- [4] Israr-Qadir, M., Jamil-Rana, S., Nur, O., Willander, M. Zinc Oxide-Based Self-Powered Potentiometric Chemical Sensors for Biomolecules and Metal Ions. *Sensors*. – 2017. – Vol. 15, No.7. – P. 2-16.
- [5] Song, P., Wang, Y.-H., & Liu, X. Flexible physical sensors made from paper substrates integrated with zinc oxide nanostructures // *Flexible and Printed Electronics*. – 2017. – Vol. 2, No.3. 034001. doi: 10.1088/2058-8585/aa765d.
- [6] . M. A. Shiryayev, S. A. Eremin, and A. N. Baranov. Biosensors Based on Zinc Oxide // *Nanotechnologies in Russia*. – 2014. – Vol. 9. – P. 99–115.
- [7] Zheng Yang. A perspective of recent progress in ZnO diluted magnetic semiconductors // *Appl Phys A*. – 2013. – Vol. 112. – P. 241–254.
- [8] Hongyan Zhou Self-assembled microspheres composed of porous ZnO/CoO nanosheets for aqueous hybrid supercapacitors // *Journal of Physics D: Applied Physics*. – 2019. – Vol. 8. – P. 2-8.
- [9] Schaedler, T. A., Gandhi, A. S., Saito, M., Rühle, M., Gambino, R., Levi, C. G. Extended solubility of CoO in ZnO and effects on magnetic properties // *Journal of Materials Research*. – 2006. – Vol. 21, No.3. – P. 791–801.
- [10] Vincenzina Strano, Riccardo Giovanni Urso, Mario Scuderi, Kingsley Odinaka Iwu, Francesca Simone, Enrico Ciliberto, Corrado Spinella, and Salvo Mirabella. Double Role of HMTA in ZnO Nanorods Grown by Chemical Bath Deposition // *J. Phys. Chem. C*. – 2014. – Vol. 27. – P. 2-27.
- [11] Zhou T., Gao W., Wang Q., Umar A. Effect of Fluoride on the Morphology and Electrochemical Property of Co₃O₄ Nanostructures for Hydrazine Detection // *Materials*. – 2018. – V. 166. – P. 207-223.
- [12] Bhojane P., Le Bail A., Shirage P. M. A quarter of a century after its synthesis and with >200 papers based on its use, ‘Co(CO₃)_{0.5}(OH)·0.11H₂O’ proves to be Co₆(CO₃)₂(OH)8H₂O from synchrotron powder diffraction data // *Acta Cryst. C*. – 2019. – V. 4. – P. 61-64.
- [13] Domenica Scarano, Federico Cesano, Serena Bertarione and Adriano Zecchina. Zinc Oxide Nanostructures: From Chestnut Husk-Like Structures to Hollow Nanocages, Synthesis and Structure // *Crystals*. – 2018. – V. 12. – P. 2-12
- [14] Taran M. N., Koch-Muller M., Feenstra A. Optical spectroscopic study of tetrahedrally coordinated Co²⁺ in natural spinel and staurolite at different temperatures and pressures // *American Mineralogist*. – 2019. – V. 94, No.11-12. – P. 1647–1652.
- [15] Xuefeng Wang, Jianbin Xu, Xiaojian Yu, Kun Xue, Jiaguo Yu, and Xiujuan Zhao Structural evidence of secondary phase segregation from the Raman vibrational modes in Zn_{1-x}Co_xO (0<x<0.6) // *Applied Physics Letters*. – 2007. – V. 3. – P. 2-4.

¹Ш.Т. Нұрболат*, ¹Ж. Жұмаханов, ¹Ж.К. Калкозова, ²М. Мирзайан, ¹Х.А. Абдуллин

¹әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті Ашық типтегі Ұлттық нанотехнологиялық зертханасы, Алматы, Қазақстан

²Инженерия және есептеуіш техника мектебі, Батыс Шотландия университеті, Ұлы Британия

*e-mail: shyryn0709@gmail.com

ZNO-COO НАНОҰНАҚТАРЫНЫҢ ҚҰРЫЛЫМДЫҚ ЖӘНЕ ОПТИКАЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІ

Андатпа. Zn_{1-x}Co_xO наноұнақтары ерітіндіден химиялық тұндыру және ары қарай термиялық күйдіру арқылы алынды. Үлгілердің құрылымы мен морфологиясы рентгендік дифракциялық талдау және сканерлеуші электронды микроскопия көмегімен зерттелінді. Раман спектрі бөлме температурасында Solver Spectrum (NT-MDT) спектрометрмен зерттелді. Lambda 35 PerkinElmer оптикалық спектрофотометрінде 300–800 нм диапазонындағы оптикалық спектрлер өлшенді. Синтез жағдайына байланысты орташа өлшемі 1-2 нм нанобұнақтар алынды.

Негізгі сөздер: $Zn_{1-x}Co_xO$ наноұнтақтары, химиялық тұндыру, оптикалық тығыздық, термиялық күйдіру.

¹Sh.T. Nurbolat*, ¹Zh. Zhumakhanov, ¹Zh.K. Kalkozova, ²M. Mirzaeian, ¹Kh.A. Abdullin

¹National nanotechnology laboratory of open type at al-Farabi Kazakh National University,
Almaty, Kazakhstan

²School of Engineering and Computing, University of the West of Scotland, United Kingdom

*e-mail: shyryn0709@gmail.com

STRUCTURAL AND OPTICAL PROPERTIES OF $ZnO-CoO$ NANOPOWDERS

Abstract. $Zn_{1-x}Co_xO$ nanopowders were obtained by chemical bath deposition followed by thermal annealing. The structure and morphology of the samples were studied by X-ray diffraction analysis and scanning electron microscopy. Raman spectra were studied at room temperature using a Solver Spectrum (NT-MDT) spectrometer with laser excitation at 473 nm. Optical spectra in the range 300-800 nm were measured on a Lambda 35 PerkinElmer optical spectrophotometer. Depending on the synthesis conditions, nanopowders with an average size of 1-2 nm were obtained.

Key words: $Zn_{1-x}Co_xO$ nanopowders, chemical deposition, optical density, thermal annealing.

¹Zh.K. Akasheva*, ^{1,2}D.A. Bolysbek, ¹B.K. Assilbekov, ^{1,2}A.K. Yergesh, ^{1,2}A.Ye. Zhanseit

¹ Satbayev University, Almaty, Kazakhstan

²al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

*e-mail: zhibek_akasheva@mail.ru

PORE-NETWORK MODELING AND DETERMINATION OF ROCK AND TWO-PHASE FLUID FLOW PROPERTIES

Abstract. Pore-scale modeling is becoming widely applied in the oil industry. The objective of pore-scale imaging and modeling is to predict the properties of multiphase flow in porous media. Pore-network model construction of geologically realistic samples and determination of rock and two-phase fluid flow properties are described and discussed in this paper. Pore-network models were constructed using published micro-computed tomography images of different rock samples. Effective porosity, average absolute permeability, capillary pressure, tortuosity (in 3 directions), and relative permeability were calculated for 2 types of displacement (drainage and imbibition). Avizo® Software and two-phase code were used for volume rendering of rock samples and calculations of rock and two-phase fluid flow properties, since it is a valuable and reliable tool for prediction of petrophysical properties and has advances in visualization of the pore space. Created 3D models of core samples based on micro-computed tomography scan data will allow oil and oilfield service companies to create a digital core database on a computer instead of storing physical cores in warehouses, which in turn greatly facilitates access to cores for further work with them.

Key words: pore network model, direct numerical simulation, micro-computed tomography, porosity, absolute permeability, relative permeability, pore size distribution, tortuosity, capillary pressure

Introduction. Nowadays pore-scale imaging and modeling allow to replace (at least partly) expensive and time-consuming laboratory experiments. Pore-network models require extensive processing (network extraction) to discretize the imaged irregular pore space into simple geometrical objects (nodes and bonds). Then, simplified versions of the conservation laws are solved within this discretized representation using effective parameters for each pore object [1].

Image acquisition (voxelization, noise, blurring) and image processing (filtering, segmentation, coarsening) precede pore-network extraction. In network modeling the void space of a rock is represented at the microscopic scale by a lattice of pores connected by throats. The pore and throat size distributions will also affect the estimated macroscopic properties [2].

For porous materials, permeability is the macroscopic parameter of basic practical interest, and its measurement is important to predict macro-scale behavior of flows [3]. Macroscopic properties, such as capillary pressure and relative permeability are estimated across the network.

In [4] relative permeabilities were calculated using direct numerical simulation for two-phase fluid flow through a channel. Calculated relative permeabilities (of wetting and non-wetting phases) based on numerical solution of the incompressible Navier-Stokes equations are compared for different mesh sizes, viscosity ratios and surface tension.

Predicting of fluid flow properties in a porous media such as relative permeability and capillary pressures under different displacement paths, wettability and flow rates is essential in the study of subsurface flow processes [5].

Image-based methods require the availability of micro-computed tomography (μ -CT) or X-ray based imaging facilities to obtain 3D image of the porous sample [6].

Andriamihaja S. et. al. [7] scanned carbonate rocks with X-Ray CT System. After scanning, the images were processed and then pore networks were extracted using several softwares. In order to understand fluid flow in complex porous media and to evaluate the impact of dissolution on fluid flow properties of the samples, Avizo® Fire software was used to simulate the permeability before and after rock dissolution.

Authors of [8] used μ -CT to image rock cuttings of sandstone and carbonate rock samples, extracted topologically equivalent networks from 3D μ -CT images and constructed pore-scale network models to predict relative permeability and capillary pressure.

Laboratory experiments performed on core samples are time-consuming, labor-intensive and resource-intensive. Pore-network modeling (PNM) is less resource intensive. For the rational use of natural resources, PNM opens up the possibility of repeatedly carrying out various numerical experiments on the same core sample (injection of polymers, acid treatment, etc.).

This study is aimed to understand parameters controlling two-phase fluid flow at the pore scale (pore morphology and heterogeneity). The goal of this study is to calculate numerically effective porosity, average absolute permeability, capillary pressure, tortuosity, and relative permeability using pore-network models constructed using μ -CT images.

Methods. Image processing and network extraction was accomplished using the Avizo® Software. One of the clearest and most effective methods for visualizing 3D image data is a direct volume rendering, it is a technique that provides a 3D representation of an entire dataset without segmentation. The basic model is based on the emission and absorption of light that is assigned to each voxel (3D pixel) of the volume. The algorithm simulates the propagation of light rays through the volume from predetermined sources. It determines how much light reaches each voxel on a beam and is emitted or absorbed by the voxel.

After the separation of the pore space, this data is used as input data for building a pore network model. The branches or endpoints of the network are called pores, and the lines connecting the pores are called throats. That is, the connections in the pore space are visualized by Avizo® as cylindrical throats, and the pores as spheres.

Rock samples. μ -CT images of rock samples (input data for the PNM) were obtained from the open-access site of Imperial College London [9-14].

Table 1 shows image properties of some rock samples used in this paper (size of each sample is 1000 cubes).

Table 1 – Image properties of some rock samples

Sample	Resolution (μm)
Bentheimer sandstone	3.0035
Doddington sandstone	2.6929
Ketton carbonate	3.00006
Carbonate C2	5.3

Figure 1 demonstrates 2D slices for following samples: carbonate C2, sandstone S9 and sand pack LV60C.

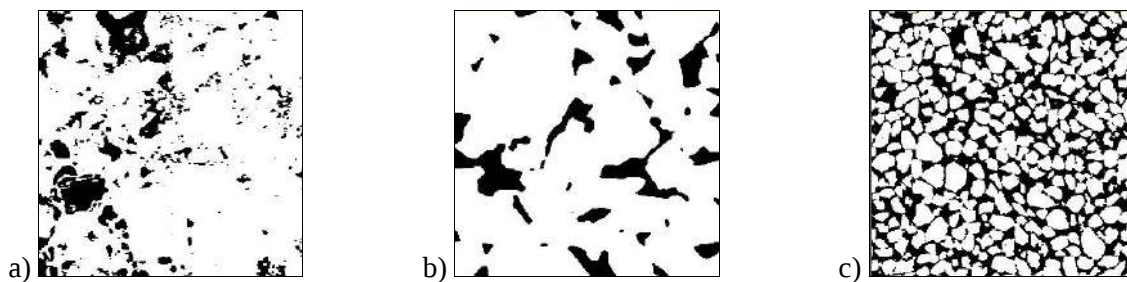


Figure 1. 2D slice of a) carbonate C2; b) sandstone S9; c) sand pack LV60C

The volume rendering, pore space preparation and construction of pore-network models were performed using the Avizo® Software and demonstrated on Figures 2, 3, 4, 5, 6 and 7 for Bentheimer sandstone [9], Doddington sandstone [10], Ketton carbonate [11], carbonate C2 [12], sandstone S9 [13] and sand pack LV60C [14], respectively.

The two-phase code (pnflow) of Ali Q. Raeini [15] was used for the prediction of the effective porosity, absolute permeability, capillary pressure and relative permeabilities.

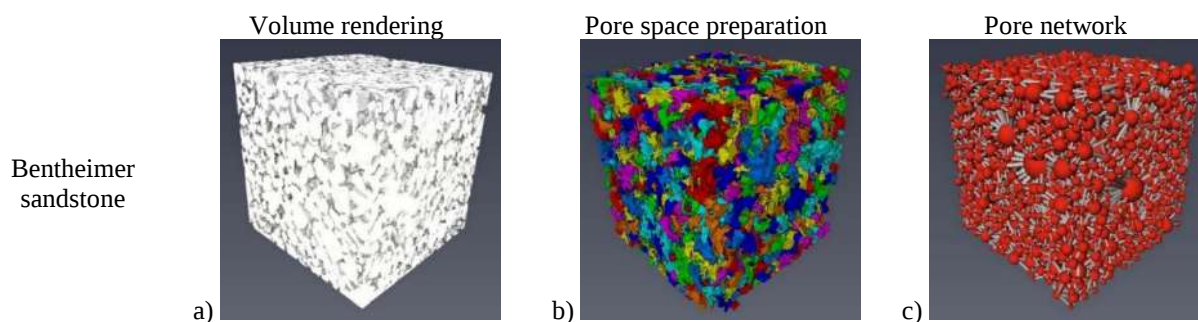


Figure 2. Volume rendering (a), pore space preparation (b) and pore network (c) for Bentheimer sandstone

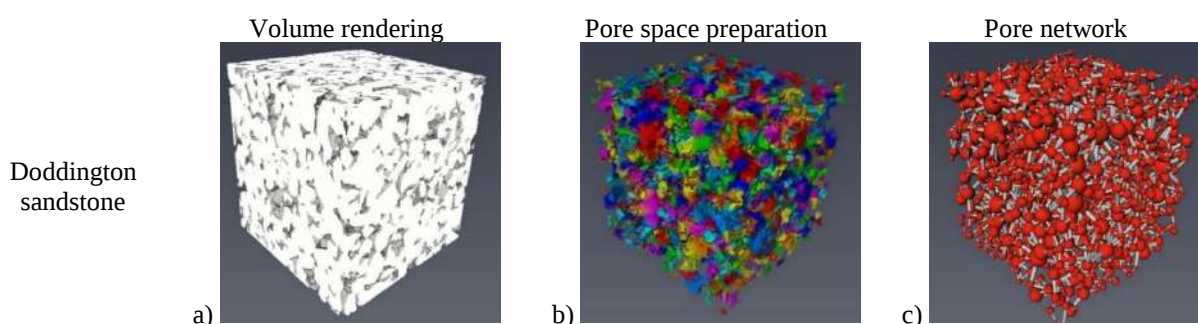


Figure 3. Volume rendering (a), pore space preparation (b) and pore network (c) for Doddington sandstone

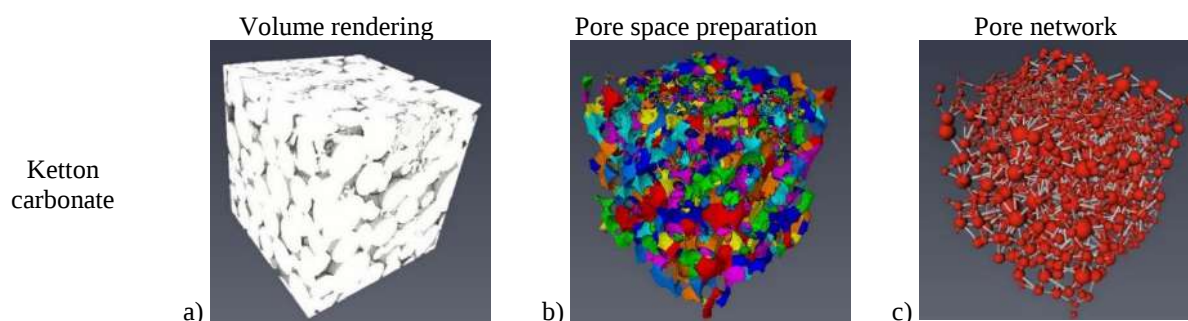


Figure 4. Volume rendering (a), pore space preparation (b) and pore network (c) for Ketton carbonate

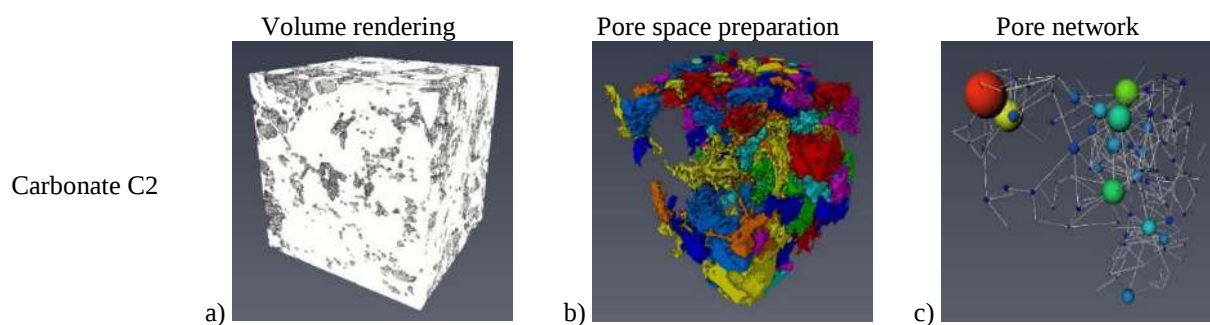


Figure 5. Volume rendering (a), pore space preparation (b) and pore network (c) for carbonate C2

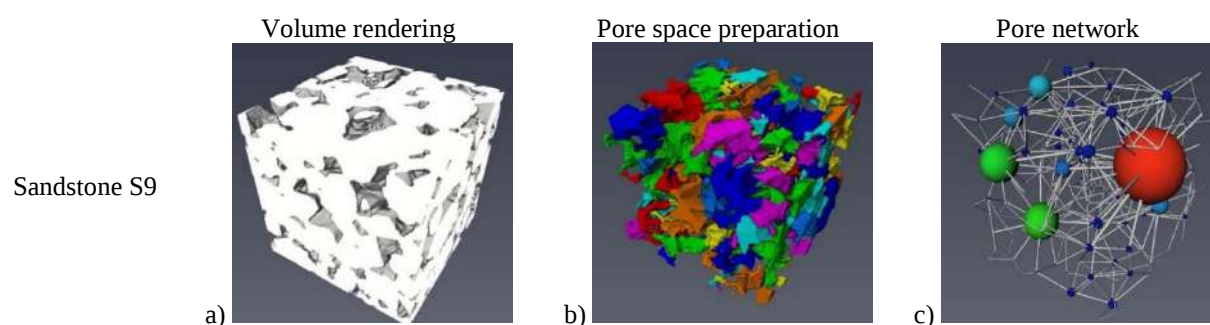


Figure 6. Volume rendering (a), pore space preparation (b) and pore network (c) for sandstone S9 (a-c)

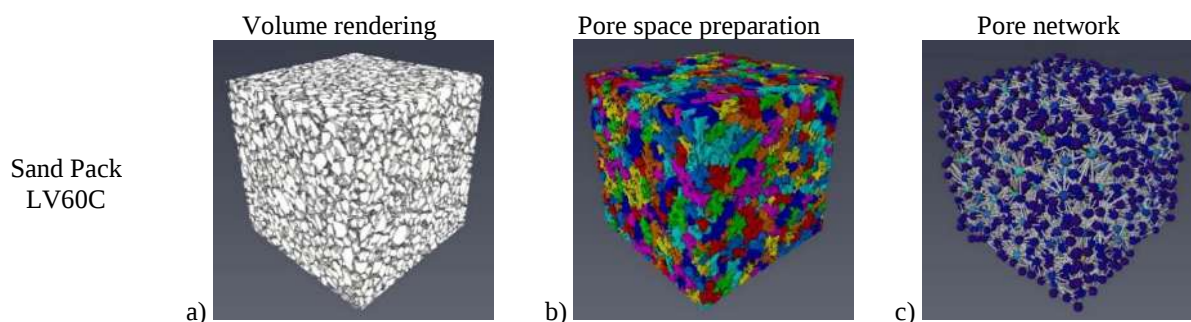


Figure 7. Volume rendering (a), pore space preparation (b) and pore network (c) for sand pack LV60C (a-c)

Gao Y. et. al. [16] used μ -CT imaging and differential pressure measurements, and designed a comparative study to measure relative permeability and capillary pressure on the same reservoir sandstone sample under water-wet and mixed-wet conditions during steady-state waterflooding experiments. Relative permeabilities were calculated from the pressure differential measured during the experiment and the saturation calculated based on the images.

Alhammadi A.M. et. al. [17] used differential imaging X-ray microtomography combined with a steady-state flow apparatus to elucidate the displacement processes during the waterflooding. They measured relative permeability and capillary pressure on a carbonate rock sample and used the pore-scale images to measure the interfacial curvature from which the local capillary pressure was calculated. The relative permeability was calculated from the image-measured saturation, and the pressure differential across the sample.

Basic equations. The absolute permeability K of the network is calculated from the Darcy's law [18]:

$$K = \frac{\mu_p q_{tsp} L}{A \Delta P} \quad (1)$$

where μ_p is the single-phase p fluid viscosity; q_{tsp} is the total single-phase flow rate; L is the length; A is the cross-sectional area; ΔP is the pressure drop.

Relative permeability k_{rp} for network is calculated with:

$$k_{rp} = \frac{q_{tmp}}{q_{tsp}} \quad (2)$$

where q_{tmp} is the total flow rate of phase p .

Numerical results. In this section results of calculation of rock and two-phase fluid flow properties are given. Tables 2 and 3 show results of calculation of the effective porosity and absolute permeability using the Avizo® and pnflo^w [15].

Table 2 – Effective porosity

Sample	Avizo®	pnflow
Bentheimer sandstone	0.216262	0.221044
Doddington sandstone	0.194798	0.199402
Ketton carbonate	0.131819	0.136787
Carbonate C2	0.168	0.151552
Sandstone S9	0.222	0.224035
Sand Pack LV60C	0.372	0.386034

Table 3 – Absolute permeability

Sample	Avizo® (m ²)	pnflow (m ²)
Bentheimer sandstone	3.54805×10 ⁻¹²	2.55381×10 ⁻¹²
Doddington sandstone	3.76168×10 ⁻¹²	2.93539×10 ⁻¹²
Ketton carbonate	7.3×10 ⁻¹²	6.42765e×10 ⁻¹²
Carbonate C2	7.13871×10 ⁻¹¹	9.20592×10 ⁻¹⁴
Sandstone S9	2.19491×10 ⁻¹²	5.46587×10 ⁻¹²
Sand Pack LV60C	1.91463×10 ⁻¹¹	3.56241×10 ⁻¹¹

As it can be seen from Tables 2 and 3 the difference between the two calculations is negligible, except the absolute permeability of carbonate C2. Table 4 demonstrates results of calculation of the tortuosity in 3 directions using the Avizo®.

Table 4 – Tortuosity in 3 directions

Sample	Direction		
	x	y	z
Carbonate C2	1.63	1.86	1.49
Sandstone S9	1.64	1.68	1.64
Bentheimer sandstone	1.61	1.59	1.68
Sand Pack LV60C	1.52	1.58	1.53
Doddington sandstone	1.66	1.67	1.8
Ketton carbonate	1.58	1.66	1.80

The pore size distribution, comparison of relative permeability and capillary pressure curves for drainage and imbibition are demonstrated on Figures 8, 9, 10, 11, 12 and 13 for Bentheimer sandstone, Doddington sandstone, Ketton carbonate, carbonate C2, sandstone S9 and sand pack LV60C, respectively.

In the figures k_{rw} and k_{ro} are the relative permeability of water and oil, respectively, and P_c is the capillary pressure.

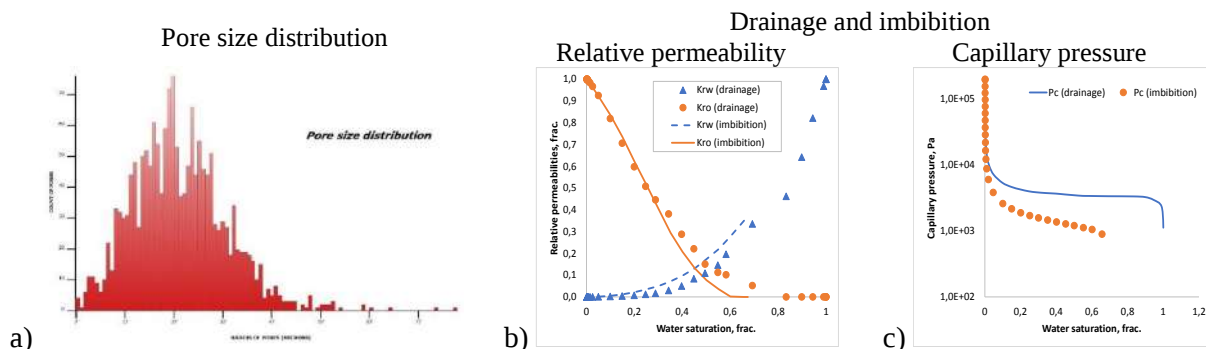


Figure 8. Pore size distribution (a), relative permeabilities (b) and capillary pressure (c) curves for drainage (dots) and imbibition (lines) for Bentheimer sandstone

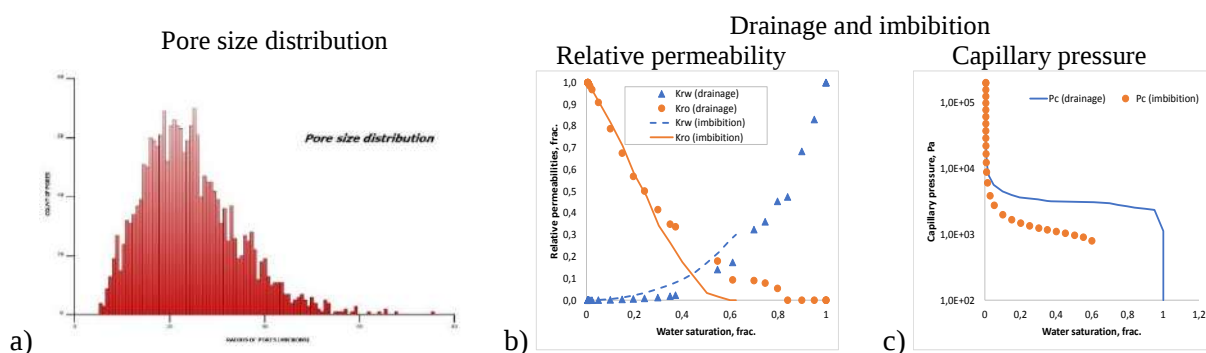


Figure 9. Pore size distribution (a), relative permeabilities (b) and capillary pressure (c) curves for drainage (dots) and imbibition (lines) for Doddington sandstone

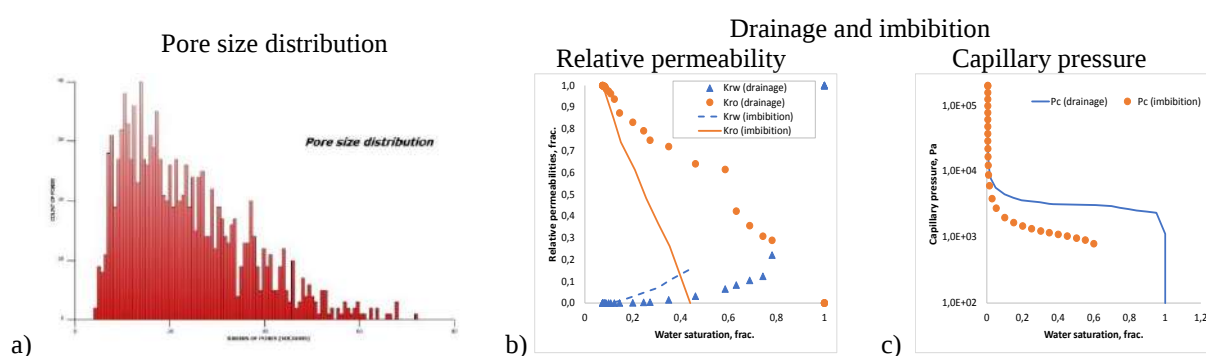


Figure 10. Pore size distribution (a), relative permeabilities (b) and capillary pressure (c) curves for drainage (dots) and imbibition (lines) for Ketton carbonate

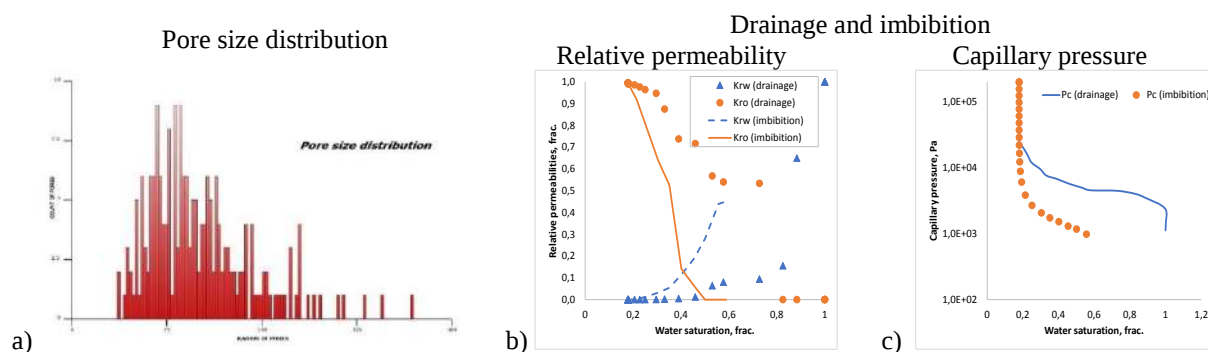


Figure 11. Pore size distribution (a), relative permeabilities (b) and capillary pressure (c) curves for drainage (dots) and imbibition (lines) for carbonate C2

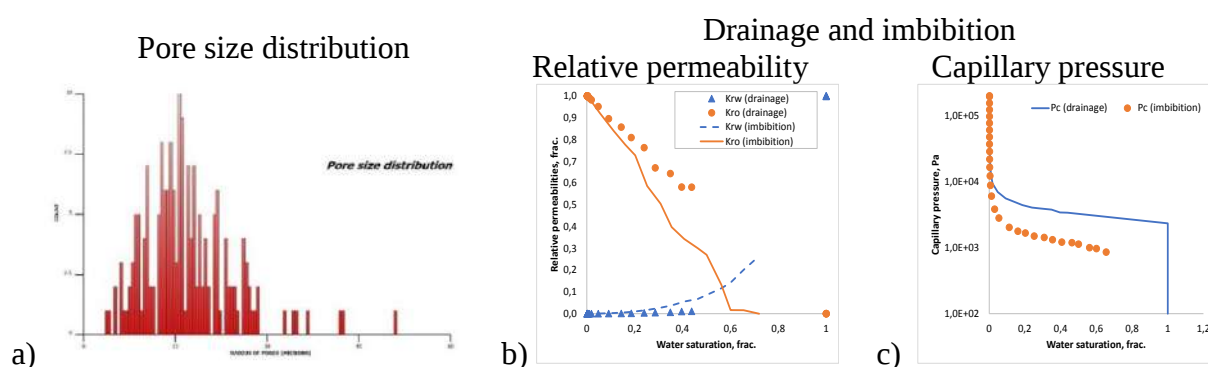


Figure 12. Pore size distribution (a), relative permeabilities (b) and capillary pressure (c) curves for drainage (dots) and imbibition (lines) for sandstone S9

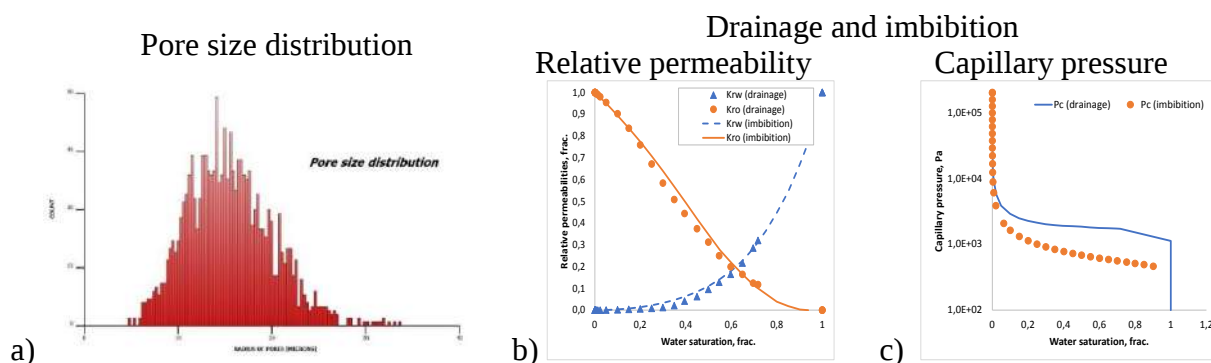


Figure 13. Pore size distribution (a), relative permeabilities (b) and capillary pressure (c) curves for drainage (dots) and imbibition (lines) for sand pack LV60C

Conclusion. The pore network modeling (PNM) is a well-established approach for the multiphase fluid flow simulation in porous materials. The pore-scale modeling combined with geologically realistic networks can reliably predict properties of one-phase and two-phase fluid flow without conducting time-consuming physical experiments. The advance of PNM is that it requires less computer power than direct numerical simulation.

In this paper PNM using volume rendering of rock μ -CT images and pore space preparation were performed using the Avizo® Software. We successfully predict effective porosity, absolute permeability, relative permeability, capillary pressure and tortuosity. Also, calculation results of effective porosity and permeability using the Avizo® and pnflo [15] are compared. The difference is negligible.

Acknowledgements. This research is funded by the Science Committee of the Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan (Grant No. AP08052055), which is gratefully acknowledged by the authors.

REFERENCES

- [1] Joekar-Niasar V., van Dijke M.I.J., Hassanizadeh S.M. "Pore-scale modeling of multiphase flow and transport: achievements and perspectives". *Transp Porous Med.* 94 (2012): 461-464. <https://doi.org/10.1007/s11242-012-0047-4>.
- [2] Valvante P.H., Blunt M.J. "Predictive pore-scale network modeling". *Proceedings of SPE Annual Technical Conference and Exhibition.* (2003) <https://doi.org/10.2523/84550-ms>.
- [3] Guibert R., Nazarova M., Horgue P., Hamon G., Creux P., Debenest G. "Computational permeability determination from pore-scale imaging: sample size, mesh and method sensitivities". *Trans Porous Med.* 107 (2015): 641-656. <https://doi.org/10.1007/s11242-015-0458-0>.
- [4] Akasheva Zh., Assilbekov B., Kudaikulov A., Beisembetov I. "Numerical calculation of relative phase permeabilities for two-phase flow in the channel". *Materials Today: Proceedings*, 25 (2020): 52-57. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2019.11.101>.
- [5] Raeini A.Q., Yang J., Bondino I., Bultreys T., Blunt M.J., Bijeljic B. "Validating the Generalized Pore Network Model Using Micro-CT Images of Two-Phase Flow". *Transp Porous Med.* 130 (2019): 405–424. <https://doi.org/10.1007/s11242-019-01317-8>.
- [6] Sharqawy M.H. "Construction of pore network models for Berea and Fontainebleau sandstones using non-linear programming and optimization techniques". *Advances in Water Res.*, 98 (2016): 198-210. <https://doi.org/10.1016/j.advwatres.2016.10.023>.
- [7] Andriamihaja S., Padmanabhan E., Ben-Awuah J., Sokkalingam R. "Static dissolution-induced 3D pore network modification and its impact on critical pore attributes of carbonate rocks". *Petrol. Explor. Develop.*, 46(2) (2019): 374–383. [https://doi.org/10.1016/S1876-3804\(19\)60017-0](https://doi.org/10.1016/S1876-3804(19)60017-0).
- [8] Dong H., Touati M., Blunt M.J. "Pore Network Modeling: Analysis of Pore Size Distribution of Arabian Core Samples." *SPE Middle East Oil and Gas Show and Conference*, (2007). SPE-105156-MS <https://doi.org/10.2118/105156-MS>.
- [9] Bentheimer sandstone image. <https://imperialcollegelondon.app.box.com/v/iccpsim-bentheimer2015>.
- [10] Doddington sandstone image. <https://imperialcollegelondon.app.box.com/v/iccpsim-doddington2015>.
- [11] Ketton carbonate image. <https://imperialcollegelondon.app.box.com/v/iccpsim-ketton2015>.
- [12] Carbonate C2 image. <https://www.imperial.ac.uk/earth-science/research/research-groups/pore-scale-modelling/micro-ct-images-and-networks/carbonate-c2/>.
- [13] Sandstone S9 image. <https://www.imperial.ac.uk/earth-science/research/research-groups/pore-scale-modelling/micro-ct-images-and-networks/sandstone-s9/>.
- [14] Sand pack LV60C image. <https://www.imperial.ac.uk/earth-science/research/research-groups/pore-scale-modelling/micro-ct-images-and-networks/sand-pack-lv60c/>.
- [15] Pnflow simulation code. <https://github.com/aliraeini/pnflow>.
- [16] Gao Y., Raeini A.Q., Selem A.M., Bondino I., Blunt M.J., Bijeljic B. "Pore-scale imaging with measurement of relative permeability and capillary pressure on the same reservoir sandstone sample under water-wet and mixed-wet conditions". *Advances in Water Res.* (2020), 103786. <https://doi.org/10.1016/j.advwatres.2020.103786>.
- [17] Alhammadi A.M., Gao Y., Akai T., Blunt M.J., Bijeljic B. "Pore-scale X-ray imaging with measurement of relative permeability, capillary pressure and oil recovery in a mixed-wet micro-porous carbonate reservoir rock". *Fuel*, 268 (2020), 117018. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2020.117018>.
- [18] Valvante P.H., Blunt M.J. "Predictive pore-scale modeling of two-phase flow in mixed wet media". *Wat. Resources Research*, 40 (2004) W07406, <https://doi.org/10.1029/2003WR002627>.

¹Ж.К. Акашева*, ^{1,2}Д.Ә. Болысбек, ¹Б.К. Асилбеков, ^{1,2}А.К. Ергеш, ^{1,2}А.Е. Жансейт

¹Satbayev University, Алматы, Қазақстан

²әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан

*e-mail: zhibek_akasheva@mail.ru

КЕУЕК-ЖЕЛІЛІК МОДЕЛЬДЕУ ЖӘНЕ ТАУ ЖЫНЫСЫ МЕН ЕКІ-ФАЗАЛЫ СҰЙЫҚ АҒЫСЫНЫҢ ҚАСИЕТТЕРІН АНЫҚТАУ

Андатпа. Мұнай саласында кеуек масштабында модельдеу кеңінен қолданылуда. Кеуек масштабында визуализация жасау және модельдеудің мақсаты – кеукті ортадағы көпфазалы ағынның қасиеттерін болжау болып табылады. Бұл жұмыста геологиялық керн үлгілердің кеукті-желілік моделін құрылды және тау жыныстары мен екі фазалы сұйықтық ағынының қасиеттері анықталды. Кеукті-желілік модельдері әртүрлі тау жыныстарының үлгілерінің микро-компьютерлік томографиялық суреттерін қолдану арқылы жасалды. Кеуктілік, орташа абсолютті өткізгіштік, капиллярлық қысым, қисықтығы (3 бағытта) және салыстырмалы өткізгіштік ығысудың 2 түрі (дренаж және сіңу) бойынша есептелген. тау жыныстарының үлгілерін визуализациялау үшін және тау жыныстары мен екі фазалы сұйықтық ағындарының қасиеттерін есептеу үшін Avizo® бағдарламасы және екі фазалық код пайдаланылды, өйткені бұл петрофизикалық қасиеттерді болжау үшін құнды және сенімді құрал болып табылады және кеук кеңістігін көрнекі түрде дамытады. Микрокомпьютерлік томографияны сканерлеу деректері негізінде жасалған негізгі керн үлгілерінің 3D модельдері мұнай және мұнай кен орындарына қызмет көрсететін компанияларға физикалық керн үлгілерін қоймаларда сақтаудың орнына компьютерде сандық керн үлгілеріне мәліметтер базасын құруға мүмкіндік береді, бұл өз кезегінде одан әрі жұмыс істеу үшін керн үлгілеріне қол жеткізуді едәуір жеңілдетеді.

Негізгі сөздер: кеукті-желілік моделі, тікелей сандық модельдеу, микро-компьютерлік томография, кеуктілік, абсолютті өткізгіштік, салыстырмалы өткізгіштік, кеуктің мөлшері бойынша таралуы, қисықтылығы, капиллярлық қысым.

¹Ж.К. Акашева*, ^{1,2}Д.Ә. Болысбек, ¹Б.К. Асилбеков, ^{1,2}А.К. Ергеш, ^{1,2}А.Е. Жансейт

¹Satbayev University, Алматы, Казахстан

²Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан

*e-mail: zhibek_akasheva@mail.ru

ПОРОМАСШТАБНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ СВОЙСТВ ГОРНЫХ ПОРОД И ДВУХФАЗНОГО ТЕЧЕНИЯ ФЛЮИДОВ

Аннотация. Моделирование в масштабе пор широко применяется в нефтяной промышленности. Целью построения изображений и моделирования в масштабе пор является прогнозирование свойств многофазного потока в пористой среде. Построение модели поровой сети для геологически реалистичных образцов и определение свойств горных пород и потока двухфазных флюидов описаны и обсуждаются в этой статье. Модели поровой сети были построены с использованием опубликованных изображений микрокомпьютерной томографии различных образцов горных пород. Эффективная пористость, средняя абсолютная проницаемость, капиллярное давление, извилистость (в 3 направлениях) и относительная проницаемость были рассчитаны для 2 типов вытеснения (дренаж и пропитывание). Программное обеспечение Avizo® и двухфазный код использовались для объемного рендеринга образцов горных пород и расчетов свойств горных пород и потока двухфазных флюидов. так как это ценный и надежный инструмент для прогнозирования петрофизических свойств и достижения в визуализации порового пространства. Созданные трехмерные модели образцов керн на основе данных сканирования с микрокомпьютерной томографии позволяют нефтесервисным компаниям создавать цифровые базы данных кернов на компьютере вместо хранения физических кернов на складах, что, в свою очередь, значительно облегчает доступ к кернам для дальнейшей работы с ними.

Ключевые слова: поросетевая модель, прямое численное моделирование, микрокомпьютерная томография, пористость, абсолютная проницаемость, относительная проницаемость, распределение пор по размерам, извилистость, капиллярное давление.

• ХИМИКО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 669.017.12

<https://doi.org/10.51301/vest.su.2021.i3.16>

**¹Н.З. Нургали*, ¹Б.С. Келаманов, ²Е.Б. Тажиев, ¹О.Р. Сариев, ¹А.М. Абдирашит,
¹А.Г. Бурумбаев, ³О.В. Заякин**

¹Актюбинский региональный университет имени К. Жубанова, Актобе, Казахстан

²Satbayev University, Алматы, Казахстан

³Институт металлургии Уральского отделения РАН, Екатеринбург, Россия

*e-mail.ru: n.nurgali@yandex.kz

МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ СИСТЕМ Fe-Ti, Ti-Si, Ti-Al

Аннотация. В данной статье представлено математическое моделирование металлических систем железо - титан, титан - кремний, титан - алюминий. применение в качестве восстановителя при выплавке низкопроцентного ферротитана, нетрадиционного для металлургических процессов ферросиликоалюминия (ФСА), повлечет определенную неясность, как именно комплексный сплав из Si, Al и Fe поведет себя при сплавообразовании. В отличие от классической алюминотермии, где элементом-восстановителем является алюминий, в разрабатываемой технологии алюминий работает в комплексе с ФСА (Si=50-60%). Поскольку в металлическую систему (ферротитан) дополнительно вводится чужеродный металл Si, возникает вопрос, как он будет влиять на формирование сплава в системе Fe-Ti-Al. Вероятно, что внедрение Si в среду может привести к образованию прочных гетерополярных связей в тройной системе Fe-Ti-Al.

По результатам исследования с теоретической точки зрения использование кремнеалюминиевого восстановителя (ФСА) при производстве низкопроцентного ферротитана не должно препятствовать получению кондиционного по примесям продукта.

Ключевые слова: диаграмма, коэффициент Бьеррума-Гуггенгейма, ферротитан, ферросиликоалюминий, металлическая система, восстановитель.

Введение. Для получения эффективных составов сплавов требуется глубокое изучение физико-химических свойств твердых сплавов. Существует связь между свойствами расплавов и твердых сплавов, на основе которых строится диаграмма состояния, и ее графическое изображение.

Несомненно, применение в качестве восстановителя при выплавке низкопроцентного ферротитана, нетрадиционного для металлургических процессов ферросиликоалюминия (ФСА), повлечет определенную неясность, как именно комплексный сплав из Si, Al и Fe поведет себя при сплавообразовании. В отличие от классической алюминотермии, где элементом-восстановителем является алюминий, в разрабатываемой технологии алюминий работает в комплексе с ФСА (Si=50-60%). Поскольку в металлическую систему (ферротитан) дополнительно вводится чужеродный металл Si, возникает вопрос, как он будет влиять на формирование сплава в системе Fe-Ti-Al. Существует вероятность, что внедрение Si в среду может привести к образованию прочных гетерополярных связей в тройной системе Fe-Ti-Al. Оценочным критерием вероятности образования, указанных связей в двойных системах может служить размерность осмотического коэффициента Бьеррума-Гуггенгейма ($\Phi_i > 1$), т.е. если Si в системе Ti-Si испытывает положительное отклонение от идеальности ($\Phi_i < 1$) и не склонен к образованию различных ассоциатов, то использование нового восстановителя (ФСА) при получении ферротитана не имеет препятствий.

Методы. Диаграммы состояния металлических систем Fe-Ti, Ti-Si, Ti-Al подробно описаны в работе [1-5], и краткое описание приведено ниже по тексту. Данные диаграммы имеют существенное значение для технологии производства ферротитана, силикотитана и других сплавов на основе титана.

Система железо - титан. Система является основной моделирующей частью составов ферротитана. По исследованиям сплавов с 18-38 вес. (20,4 – 41,7 ат.) % Ti было точно установлено, что соединение TiFe₃ не существует. Обнаружено, что фаза, сосуществует с богатым Fe твердым раствором, представляет собой TiFe₂ (30,01 вес. % Ti) и имеет максимум плавления при 1530°C. Для эвтектической температуры дают значения 1310, 1350 и 1340±10°C. В дополнение к этому было показано, что помимо TiFe₂ существуют фазы TiFe (46,17 вес. % Ti) и Ti₂Fe (63,17 вес. % Ti). Утверждается, что TiFe₂ не характеризуется максимумом плавления, а образуется по перитектической реакции: Ж + TiFe → TiFe₂ при 1520°C.

Система титан - кремний. В системе имеется три соединения: Ti₅Si₃ (37,5 ат. % Si), TiSi (36,96 вес. % Si) и TiSi₂ (53,98 вес. % Si). В сплавах содержащих менее 26 вес. (37,5 ат) или более 28 вес. (40 ат.) % Si, наблюдается гетерогенные микроструктуры, тогда как в некоторых работах утверждается, что сплав с 33,5 ат. % Si гомогенен. Эта фаза переменного состава базируется на соединении Ti₅Si₃.

Система титан - алюминий. Диаграмма состояния составов в интервале 0 – 0,75 ат. % Al (TiAl₃). В диаграмме существуют следующие соединения TiAl (36,03 вес. % Al) и TiAl₃ (62,82 вес. % Al). Область первичного твердого раствора Al в α- Ti простирается при низких температурах только до 5,5 вес (9,5 ат.) % Al и что в интервале концентраций, в котором ранее предполагалось существование только α-фазы, имеются одна или две промежуточные фазы.

Расшифровка диаграмм состояний с получением термодинамических функций расплавов и равновесных с ними твердых растворов относится к типу обратных задач, именуемая обратной задачей Дж. Гиббса. Основные положения этой задачи до сих пор не нашли своего полного решения, хотя им посвящено огромное количество как теоретических, так и экспериментальных работ.

Реализация данной задачи фактически зависит от решения двух задач: математического описания диаграмм состояния и дальнейшего преобразования этих аналитических моделей на термодинамические функции равновесных фаз. Анализ изученного материала по проблеме извлечения термодинамической информации из диаграмм состояния показывает, что решение обратной задачи Гиббса в целом зависит от вида унифицированных функций, пригодных для описания всех видов систем. Поэтому проблема математического описания диаграмм состояния является актуальной задачей [1].

Результаты. На основе анализа многочисленных бинарных металлических, оксидных, солевых и водных систем вдоль кривых моновариантного фазового равновесия «твердое-жидкость» [2,3] была установлена закономерная связь между осмотическим коэффициентом Бьеррума-Гуттенгейма (Φ_i) и активностью (a_i) кристаллизующего компонента в жидкой фазе:

$$\Phi_i = \frac{\ln a_i}{\ln X_i} = A_i + B_i \cdot X_{i,id} \quad (1)$$

где X_i и $X_{i,id}$ – мольные доли ликвидусного компонента в реальном и идеальном расплаве; A_i и B_i – константы определяемые природой взаимодействий компонента в расплаве.

Мольная доля ($X_{i,id}$), численно равная активности (a_i) i -го компонента в реальном расплаве, вычисляется по уравнению Шредера-Ле-Шателье:

$$\ln a_i = \frac{\Delta H_{m,i}}{R} \left(\frac{1}{T_{m,i}} - \frac{1}{T} \right)$$

$$X_{i,id} = a_i = \exp \left(\frac{\Delta H_{m,i}}{R} \left(\frac{1}{T_{m,i}} - \frac{1}{T} \right) \right) \quad (2)$$

где $\Delta H_{m,i}$, $T_{m,i}$ - энтальпия и температура плавления ликвидусного компонента; R - универсальная газовая постоянная; T - температура ликвидуса.

Обнаруженные закономерности вдоль линий ликвидус и солидус, которые были обозначены в виде зависимостей [2,3]:

$$\Phi'_i = \frac{\ln a_i^L / a_i^S}{\ln X_i^L / X_i^S} = A_i + B_i \cdot a_i^L / a_i^S \quad (3)$$

$$\Phi''_i = \frac{\ln a_i^L / a_i^S}{\ln X_i^L} = M_i + N_i \cdot a_i^L / a_i^S \quad (4)$$

позволяют вывести полуэмпирические зависимости для расчета линий ликвидуса и солидуса каждой кристаллизующейся фазы рассматриваемой системы:

$$\ln X_i^L = \frac{\frac{\Delta H_{m,i}}{R} \left(\frac{1}{T_{m,i}} - \frac{1}{T} \right)}{\Phi''_i}$$

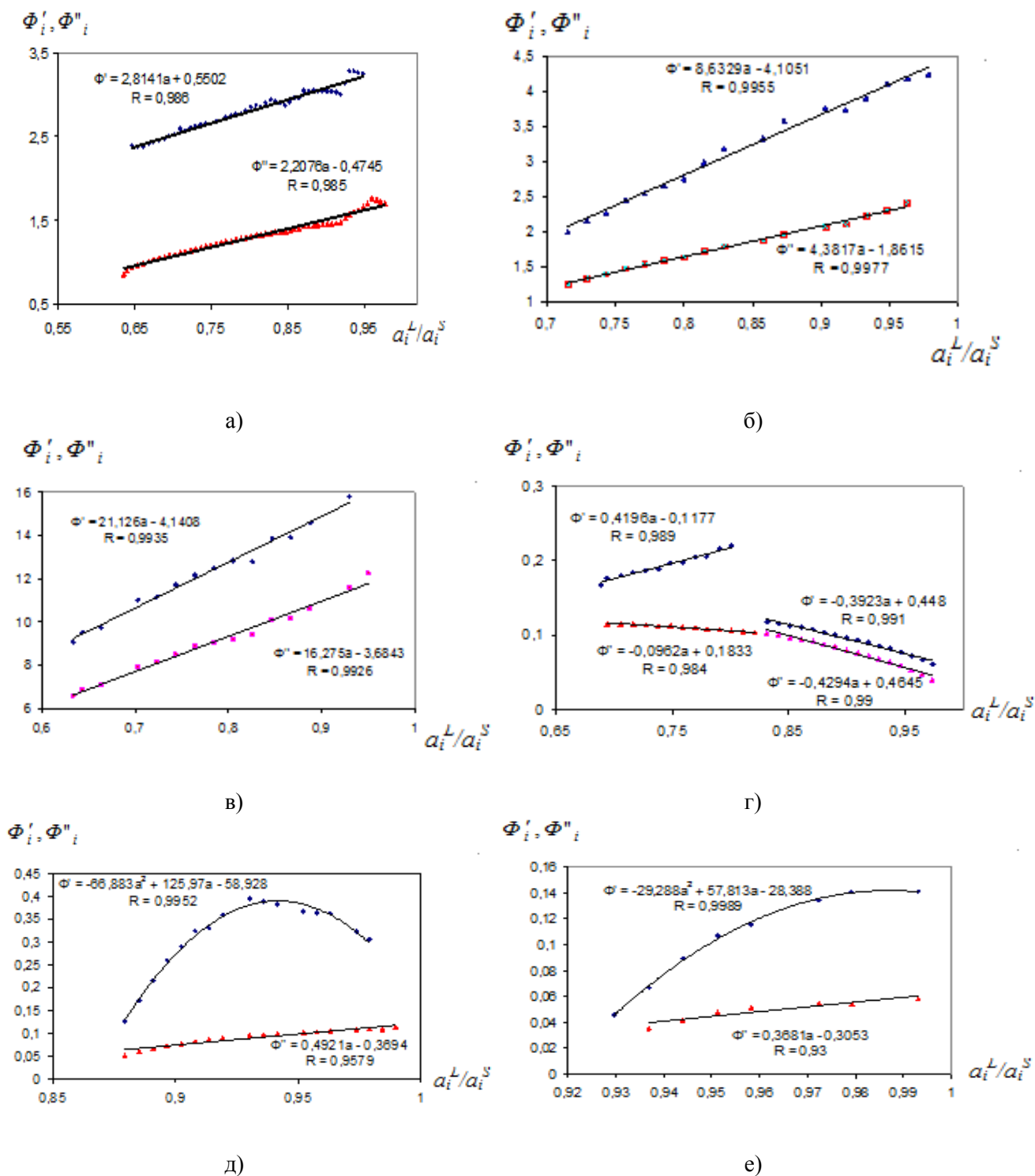
$$\ln X_i^S = \frac{\Delta H_{m,i}}{R} \left(\frac{1}{T_{m,i}} - \frac{1}{T} \right) \cdot \left(\frac{1}{\Phi''_i} - \frac{1}{\Phi'_i} \right) \quad (5)$$

Прямолинейный характер изменения величин Φ'_i и Φ''_i чаще обнаруживается в системах, в расплавах которых преобладает только ван-дер-ваальсовские силы взаимодействия между элементарными структурными единицами.

Когда же в расплавах будет иметь место образование различных группировок (ассоциатов) из исходных элементов или, наоборот, диссоциация изучаемого соединения, то коэффициент Бьеррума-Гуггенгейма описывается полиномиальной зависимостью второго порядка:

$$\Phi_i = A_i + B_i \cdot a_i^{L(S)} + C_i (a_i^{L(S)})^2 \quad (6)$$

Для зависимостей (2), (3) и (6) коэффициенты уравнений вычисляются методом наименьших квадратов, после чего вычисляется коэффициент корреляции R_{xy} . Все расчеты выполняются с помощью программ, написанных на языке Delphi [2,3]. С помощью составленных нами программ были изучены фазовые равновесия в вышеуказанных металлических системах с участием титана. Графики зависимости Φ' и Φ'' от отношения a_i^L/a_i^S для бинарных систем Ti-Fe, Ti-Si, Ti-Al приведены на рисунке 1.



- а) Область кристаллизации Ti на участке Ti-TiFe₂;
 в) Область кристаллизации Ti на участке Ti-Ti₅Si₃;
 д) Область кристаллизации Ti на участке Ti-TiAl;

- б) Область кристаллизации TiFe₂ на участке TiFe₂-Fe;
 г) Область кристаллизации Ti₅Si₃ на участке Ti₅Si₃-TiSi₂;
 е) Область кристаллизации TiAl на участке TiAl-TiAl₃;

Относительно систем: Ti-Fe (а,б), Ti-Si (в,г), Ti-Al (д,е)

Рисунок 1. Графики зависимости Φ''_i и Φ'_i от отношения a_i^L/a_i^S для бинарных систем

С целью математического описания линий моновариантных фазовых равновесий и выяснения истинного их положения проведен анализ диаграмм плавкости систем: Ti-Fe, Ti-Si, Ti-Al, представляющих важное значение для технологии производства титановых сплавов. Особенностью представленных систем является наличие обширных полей кристаллизаций Ti на диаграмме Ti-Al и образование в них ряда конгруэнтно плавящихся соединений.

Для получения данных о характере межчастичного взаимодействия в расплавах и математического описания линий ликвидус и солидус, были обработаны экспериментальные точки составов жидкой и твердой фаз с интервалом 10-20°C от температуры плавления Ti до стабильной эвтектики для указанных систем. По справочным сведениям [6-10], были сформированы исходные данные об энтальпии и температурах плавления простых и сложных компонентов. Для тех веществ, у которых отсутствовали данные о таковых, были найдены расчетным путем.

Обсуждение. По результатам исследований областей кристаллизации Ti в системах Ti-Fe, Ti-Si и Ti-Al выяснилось, что прямолинейный характер изменения Φ' и Φ'' осмотических коэффициентов (Φ_i) титана указывает на преимущественное наличие в концентрированных титаном расплавах ван-дер-ваальсовых сил взаимодействия между частицами (при изменении состава расплава вдоль линии ликвидуса) от температуры плавления чистого компонента до эвтектики. При этом поведения примесных компонентов разнонаправлены: железо сильно ассоциируется с титаном, кремний испытывает положительное отклонение от идеальности, а алюминий – слабое отрицательное отклонение. Поэтому Si при алюмосиликотермии ильменитового концентрата стремится выделиться из металлической системы, что способствует к его окислению оксидами железа ильменита. Напротив, Al растворяется в образующемся сплаве, сохраняясь в металле в виде остаточных концентраций. Указанное позволяет заключить, что с теоретической точки зрения использование кремнеалюминиевого восстановителя (ФСА) при производстве низкопроцентного ферротитана не должно препятствовать получению кондиционного по примесям продукта.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Хансен М., Андерко К. Структуры двойных сплавов. Перевод с английского. Том II. – М: Металлургиздат, 1962. - 1488 с.
- [2] Байсанов С.О., Абдулабеков Е.Э., Нарикбаева Г.И., Корсукова И.Я. Закономерности формирования линий моновариантных фазовых равновесий в оксидных системах с участием оксида хрома // В кн. Прогрессивные энерго- и ресурсосберегающие технологии и оборудование электротермии ферросплавов: Матер. межд. науч.-прак. конф. Запорожье, 2003. С.189-194.
- [3] Нургали Н.З., Абдулабеков Е.Э., Чекимбаев А.Ф., Байсанов С.О., Привалов О.Е. Особенности плавки титанистого шлака и ферротитана из ильменитового сырья Казахстана // Материалы межд. науч.-прак. конф.: «Академик Е.А. Букетов - ученый, педагог, мыслитель». - Караганда, 2005г. - С. 439-446.
- [4] Baisanov S. Phase equilibrium thermodynamics in binary systems // Proceedings of INFACON XIII - 13th International Ferroalloys Congress: Efficient Technologies in Ferroalloy Industry, 2020, P. 605-620.
- [5] Б.К. Касенов, М.К. Алдабергенов, А.С. Пашинкин, Ш.Б. Касенова, Г.Т. Балакеева, С.М. Адекенов. Методы прикладной термодинамики в химии и металлургии // Караганда: «Гласир», 2008. - 332 с.
- [6] Akberdin A., Kim A., Sultangaziyev R., Karbayev M. Thermodynamic modeling of the borbarium ferroalloy smelting technological process // Metalurgija, 2020, 59(3), pp. 333-336.
- [7] Oskembekov, I.M., Kasenov, B.K. Calculations of the thermodynamic properties of rare-earth metal ferrites doped with alkaline-earth metals // Russian Journal of Physical Chemistry A, 2002, 76(12), P. 1930-1932.
- [8] Akberdin A., Kim A., Sultangaziyev R., Karbayev M. Thermodynamic modeling of the borbarium ferroalloy smelting technological process // Metalurgija, 2020, 59(3), pp. 333-336.
- [9] Akberdin A.A., Kim A.S., Sultangaziev R.B. Experiment Planning in the Simulation of Industrial Processes // Steel in Translation, 2018, 48(9), P. 573-577.
- [10] Zhumagaliev Ye., Baisanov, S., Chekimbaev, A., Nurgali, N. Phase diagram of Ti-Fe-Al system // Proceedings of the 12th International Ferroalloys Congress: Sustainable Future, 2010, P. 653-656.

REFERENCES

- [1] Khansen M., Anderko K. *Struktury dvoynykh splavov. Perevod s angliyskogo* [Structures of double alloys.]. Tom II. – M: Metallurgizdat, 1962. – 1488 s.
- [2] Baysanov S.O., Abdulabekov Ye.E., Narikbayeva G.I., Korsukova I.YA.. *Zakonomernosti formirovaniya liniy monovariantnykh fazovykh ravnovesiy v oksidnykh sistemakh s uchastiyem oksida khroma* [Regularities of the formation of lines of monovariant phase equilibria in oxide systems with the participation of chromium oxide] // V kn. *Progressivnyye energo- i resursoberegayushchiye tekhnologii i oborudovaniye elektrotermii ferrosplavov: Mater. mezhd. nauch.-prak. konf. Zaporozh'ye, 2003. S.189-194.*
- [3] Nurgali N.Z., Abdulabekov Ye.E., Chekimbayev A.F., Baysanov S.O., Privalov O.Ye. *Osobennosti plavki titanistogo shlaka i ferrotitana iz il'menitovogo syr'ya Kazakhstana* [Features of smelting titanium slag and ferrotitanium from ilmenite raw materials of Kazakhstan] // *Materialy mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya: «Akademik Ye.A. Buketov - uchenyy, pedagog, myslitel'».* - Karaganda, 2005g. - S. 439-446.
- [4] Baisanov S. Phase equilibrium thermodynamics in binary systems // *Proceedings of INFACON XIII - 13th International Ferroalloys Congress: Efficient Technologies in Ferroalloy Industry, 2020, P. 605-620.*
- [5] B.K. Kasenov, M.K. Aldabergenov, A.S. Pashinkin, SH.B. Kasenova, G.T. Balakeyeva, S.M. Adekenov. *Metody prikladnoy termodinamiki v khimii i metallurgii* [Methods of Applied Thermodynamics in Chemistry and Metallurgy] // Karaganda: «Glasir», 2008. – 332 s.
- [6] Akberdin A., Kim A., Sultangaziyev R., Karbayev M. Thermodynamic modeling of the borbarium ferroalloy smelting technological process // *Metallurgiya*, 2020, 59(3), pp. 333-336.
- [7] Oskembekov, I.M., Kasenov, B.K. Calculations of the thermodynamic properties of rare-earth metal ferrites doped with alkaline-earth metals // *Russian Journal of Physical Chemistry A*, 2002, 76(12), P. 1930-1932.
- [8] Akberdin A., Kim A., Sultangaziyev R., Karbayev M. Thermodynamic modeling of the borbarium ferroalloy smelting technological process // *Metallurgiya*, 2020, 59(3), pp. 333-336.
- [9] Akberdin A.A., Kim A.S., Sultangaziyev R.B. Experiment Planning in the Simulation of Industrial Processes // *Steel in Translation*, 2018, 48(9), P. 573-577.
- [10] Zhumagaliev Ye., Baisanov, S., Chekimbaev, A., Nurgali, N. Phase diagram of Ti-Fe-Al system // *Proceedings of the 12th International Ferroalloys Congress: Sustainable Future, 2010, P. 653-656.*

¹Н.З. Нурғали*, ¹Б.С. Келаманов, ²Е.Б. Тажиев, ¹О.Р. Сариев, ¹А.М. Әбдірашит,

¹А.Г. Бұрумбаев, ³О.В. Заякин

¹Қ.Жұбанов атындағы Ақтөбе өңірлік университеті, Ақтөбе, Қазақстан

²Satbayev University, Алматы, Қазақстан

³РГА Орал бөлімшесі Metallurgiya институты, Екатеринбург, Ресей

*e-mail.ru: n.nurgali@yandex.kz

Fe-Ti, Ti-Si, Ti-Al МЕТАЛДЫҚ ЖҮЙЕЛЕРІН МОДЕЛЬДЕУ

Аңдатпа. Бұл мақалада темір - титан, титан - кремний, титан - алюминий металдық жүйелерінің математикалық моделі ұсынылған. Дәстүрлі емес төмен пайыздық ферротитанды балқыту кезінде тотықсыздандырғыш ретінде металлотермиялық үрдістері үшін ферросиликоалюминийдің (ФСА) қолдану кезінде Si, Al және Fe кешенді қорытпасы балқыманың пайда болуында қалай әрекет ететіні белгілі бір түсініксіздікке әкеледі.

Тотықсыздандырғыш элемент алюминий болып табылатын классикалық алюминотермияға қарағанда, әзірленетін технологияда алюминий ФСА-мен (Si=50-60%) кешенді жұмыс істейді. Таза металл Si металл жүйесіне (ферротитан) қосымша енгізілгендіктен, Fe-Ti-Al жүйесінде қорытпаның пайда болуына қалай әсер етеді деген сұрақ туындайды. Si-ді ортаға енгізу Fe-Ti-Al үштік жүйесінде берік гетерополярлық байланыстардың пайда болуына әкелуі мүмкін.

Теориялық тұрғыдан зерттеу нәтижелері бойынша кремний алюминий тотықсыздандырғышты (ФСА) пайдалану төмен пайыздық ферротитанды өндіру кезінде коспалар бойынша кондициялық өнім алуға кедергі келтірмеуі тиіс.

Негізгі сөздер: диаграмма, Бьеррум-Гуггенгейм коэффициенті, ферротитан, ферросиликоалюминий, металл жүйесі, тотықсыздандырғыш.

¹N.Z. Nurgali*, ¹B.S. Kelamanov, ²Ye.B. Tazhiyev, ¹O.R. Sariyev, ¹A.M. Abdirashit,
¹A.G. Burumbayev, ³O.V. Zayakin

¹Aktobe Regional University named after K. Zhubanov, Republic of Kazakhstan

²Satbayev University, Almaty, Kazakhstan

³Institute of Metallurgy, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russia

*e-mail.ru: (n.nurgali@yandex.kz)

MODELING OF METAL SYSTEMS Fe-Ti, Ti-Si, Ti-Al

Abstract. This article presents a mathematical modeling of the metal systems iron-titanium, titanium-silicon, titanium-aluminum. The use of low-percentage ferrotitane, which is not traditional for metal-thermal processes of ferrosilicoaluminium (FSA), as a reducing agent in the smelting process, will lead to some uncertainty about how exactly a complex alloy of Si, Al and Fe will behave during alloying. In contrast to the classical aluminothermy, where the reducing element is aluminum, in the developed technology aluminum works in combination with FSA (Si=50-60%). Since the foreign metal Si is additionally introduced into the metal system (ferrotitane), the question arises as to how it will affect the formation of the alloy in the Fe-Ti-Al system. It is likely that the introduction of Si into the medium can lead to the formation of strong heteropolar bonds in the Fe-Ti-Al triple system.

According to the results of the study, from a theoretical point of view, the use of a silicon-aluminum reducing agent (FSA) in the production of low-percentage ferrotitane should not prevent the production of a product that is conditioned by impurities.

Keywords: diagram, Bjerrum-Guggenheim coefficient, ferrotitane, ferrosilicoaluminium, metal system, reducing agent.

¹Р.Ж. Абуова*, ²Э.Б. Тен

¹Satbayev University, Алматы, Қазақстан

²Московский институт стали и сплавов, Москва, Россия

*e-mail: ryskena@mail.ru

МАШИНА ЖАСАУДА ҚОЛДАНЫЛАТЫН ХРОМ-НИКЕЛЬ-ВАНАДИЙ БОЛАТТАРЫНДАҒЫ TiN-Cu КЕРАМИКАЛЫҚ-МЕТАЛЛ ЖАБЫНДАРДЫҢ МЕХАНИКАЛЫҚ ЖӘНЕ ТРИБОЛОГИЯЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІН ЗЕРТТЕУ

Андатпа. Бұл мақалада машина жасауда қолданылатын хром-никель-ванадий болаттарындағы керамикалды металл нанокұрылымдық TiN-Cu жабындының наноиндентенциясын, скретч-тестілеуін зерттеу қарастырылған. Наноиндентация әдісімен, атап айтқанда, TiN-Cu жабын бетінің атомдық күш микроскопының наносенсорының шегінуіне механикалық реакциясын талдау дислокацияның пайда болуы, ығысу тұрақсыздығының пайда болуы, фазалық ауысулар және т. б. сияқты құбылыстарды тікелей бақылау үшін қолданылады. Скретч-тестілеу әдісімен әр түрлі мыс (7%, 14%) құрамы бар балқытылған ЭО5 жаңа үлгідегі төсемдерге жағылған TiN-Cu жабынын бұзу механизмдері зерттелді. Жабындардың бұзылуы субстрат материалының пластикалық қысылуына байланысты сызаттар бойында пайда болатын үйінділердің шындарында жарықтар пайда болуынан басталатыны көрсетілген. Инденторға жүктеменің әр артуымен жойылу сипаты өзгереді.

Негізгі сөздер: тісті доңғалақтар, втулкалар, доға разряды, катод, индентор, үйкеліс.

Кіріспе. Соңғы уақытта материалтануда нанокұрылымды қаптамалардан тәуелді физика-механикалық қасиеттерін зерттеу маңызды болып табылады. Зерттеушілер металды материалдардың (қаттылық, төзімділік және т.б.) әртүрлі қасиеттерін жақсарту үшін нанокұрылымды жабындыларды қолданады, бірақ іс жүзінде бәсеңдетуші қасиеттердің өзгерісін оқымайды. Өзінің төзімділігімен, коррозияға төзімділігімен, ыстыққа төзімділігімен ерекшелінетін жабындыларды қолдану кезінде оларды өтеу ресурстардың шығынын және металдардың шығынын қысқартуға мүмкіндік береді, осыдан механизмдердің, қондырғылардың, машиналардың төзімділігін, сенімділігін және сапасын жақсарту мүмкіндігі бар. Ал бұл өз кезегінде ресурстарды үнемдеуінің, еңбек өнімділігінің өсуін береді.

Машина және механизмдер бөлшектері үшін төзімділік қасиеттеріне айтарлықтай әсер ететін 20ХН, 20ХН4ФА, 25Х2НМФА болаттары қолданылады. Таңдалған болаттарға хром, никель және ванадий легирлеуші элементтерді қосу арқылы жаңадан ЭО3, ЭО4, ЭО5 болаттарын алдық. Механизмдер мен тораптардың бетінде орналасқан нанокұрылымдық қорғаныс жабындары жабдықтың қызмет ету мерзімін арттырады.

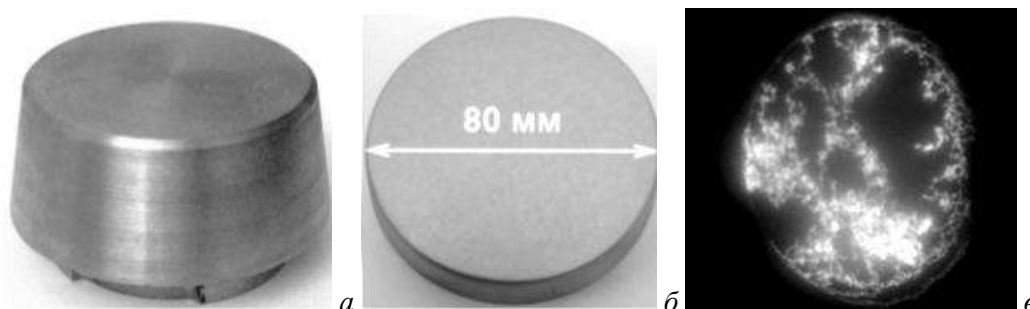
1-кесте. Болаттардың жалпы сипаттамасы және мақсаты [1]

Болат	Тағайындалуы
20ХН	тісті доңғалақтар, төлкелер, саусақтар, бекіткіштер және жоғары тұтқырлық пен қалыпты шынықтырушылық қажет ететін басқа бөлшектер.
20ХН4ФА	жоғары температурада (300-400 °С) коррозиялық ортада жұмыс жасайтын жіберу клапаны, болттар, бұрандалар және басқа маңызды бөлшектер.
25Х2НМФА	

Зерттеу объектісі. Зерттеу нысаны ретінде 20ХН, 20ХН4ФА, 25Х2НМФА стандартты болаттар және балқытылған ЭО3, ЭО4, ЭО5 болаттар таңдалды.

Катод материалы ретінде коммерциялық таза титан (ВТ1-0 қорытпасы: 99,5 %Ti), мыс (МЗ қорытпасы: 99,5% Cu) және ұнтақ металлургиясында өндірілген Ti - Cu жүйесінің композициялық материалдары таңдалды. Композиттердегі қосымша элементтің (мыс) концентрациясы салыстырмалы түрде төмен болды және келесідей таңдалды: 7%; 14%.

1-суретте 20 сағ жұмыс істегеннен кейін (б), доғалық разрядқа ұшырамаған (а) катодтың пайда болуы, сондай-ақ катодты дақтар жолдарының жарқырауы (в) көрсетілген.



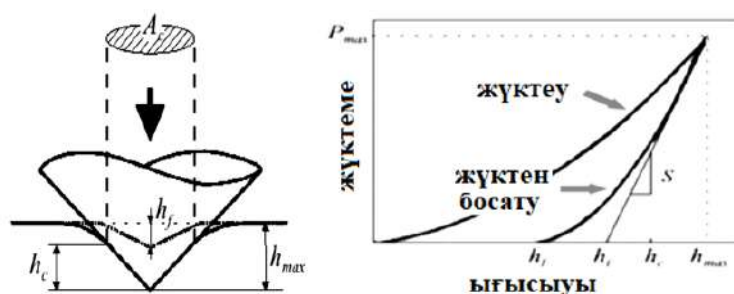
1-сурет. Катодтың сыртқы түрі , доғалық разрядқа ұшырамаған (а), 20 сағ жұмыс істегеннен кейін (б), сондай-ақ катодты дақтар жолдарының жарқырауы (в)

Зерттеу әдістемесі. Болаттың жұмыс беттеріндегі көпфункционалды жабындарды қалыптастыру бойынша негізгі ережелерді іске асыру үшін «Булат» ННВ-6.6-ИЗ вакуумында ("МИСиС" Ұлттық зерттеу технологиялық университетінде, Мәскеу) ионды-плазмалық тозандатудың арнайы қондырғысы қолданылды.

Қабаттардың тереңдігі бойынша элементтердің таралуының химиялық құрамы мен профилі PROFILER-2 қондырғысында (Horiba Jobin Yvon, Франция) оптикалық разрядты солғын қуатсыздау (ОРСК) әдісімен анықталды. Құрылған керамикалық-металл нанокұрылымды жабындардың құрылымы мен фазалық құрамының сипаттамаларын зерттеу ДРОН-4 рентгендік дифрактометрінің көмегімен жүзеге асырылды. Микроқұрылымды және элементтік құрамды зерттеу JEOL фирмасының (Жапония) JED-2300 энергиялық-дисперсиялық спектрометриясына арналған приставкасы бар JSM-6700F өрісті эмиссиялық растрлық электрондық микроскоптың көмегімен жүргізілді.

Бірқатар үлгілер үшін жоғары рұқсаттағы мөлдір электронды микроскопия көмегімен зерттеулер жүргізілді. 200 кВ үдеткіш кернеуі бар JEM-2100 (JEOL, Жапония) электронды микроскопы қолданылды. Для определения толщины покрытия на плоской поверхности использовали метод шар шлифа.

Наноиндентирлеу әдісімен қаттылықты (Н) анықтау, сондай-ақ Юнга модулін (Е), серпімді қалпына келтіру дәрежесін (W) және жабындардың икемділік индексі (Н/Е) өлшеу үшін наноқаттылық өлшегішті қолданды (ЦИСМ ТПУ: NANO Hardness Tester NHT-S-AX-000X, CSEM, Швейцария). Алмазды индентор 1 мин ішінде берілген мәнге дейін (0,8–300 мН) үздіксіз артатын жүктемемен жабын бетіне әсер етеді, содан кейін индентор түсіріледі (2-сурет). Өзгермелі жүктеме ену тереңдігіне және индентор ізінің ауданына бекітіледі. Деректерді талдау белгілі Оливер және Фарр әдісімен жүзеге асырылады [16-140].



h_c – беттің ауытқуын ескере отырып, енгізу тереңдігі, h_f – қалпына келтірілген баспаның тереңдігі, h_{max} – инденторды енгізудің максималды тереңдігі, A_c – беттесу ауданының проекциясы.

2-сурет. Наноиндентация әдісімен қаттылықты өлшеу алгоритмі

Н қаттылығы $P_{\max}$ максималды жүктемесінің A_c бетімен индентордың жанасу проекциясының ауданына қатынасына тең:

$$H = P_{\max} / A_c, \quad (1)$$

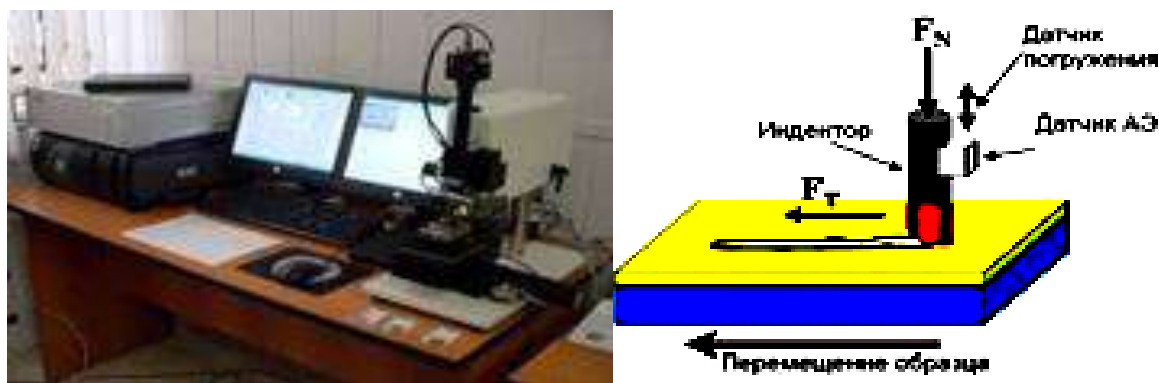
Серпімділік модулі келесі формуладағы түсіру қисығының көлбеуінен шығады:

$$E = \frac{\sqrt{\pi}}{2\sqrt{\pi}} \left(\frac{dh}{dP} \right) \quad (2)$$

Серпімді қалпына келтіру дәрежесі мына формула бойынша анықталады:

$$W = \frac{(h_{\max} - h_e)}{h_{\max}} \quad (3)$$

Жабындарды адгезиялық/когезиондық беріктігін анықтау мақсатында сынау үшін «скретч-тестілеуді» (REVETEST, CSM Instruments, Швейцария) қолданды (Сурет 3) [1, 6154].



3-сурет. Аспаптың сыртқы түрі және REVETEST құрылғысында адгезиялық/когезиондық беріктігін анықтау схемасы

Нәтижелері. Керамикалық-металлдық наноқұрылымдық жабындыларды наноиндентирлеу.

Жабындардың сипаттамаларын оңтайландыру үшін құрылым мен олардың қасиеттері арасындағы байланысты орнату маңызды міндет болып табылады. Абразивті және жабысқақ тозуға төзімділік үшін нано жабындар жоғары қаттылыққа және серпімді қалпына келтірудің жоғары мәніне ие болуы керек, бұл әсіресе соққы, абразивті және эрозиялық әсер ету жағдайында өте маңызды. Материалдың серпімді сыну деформациясына тұрақтылығын сипаттайтын және икемділік индексі деп аталатын H/E сияқты шаманы жабындардың тозуға төзімділігін бағалау үшін пайдалануға болады. Аса қатты жабындардың икемділік индексі $H/E \approx 0,1$ және одан жоғары болуы тиіс [2]. Ол үшін H қаттылығы жоғары жабынның салыстырмалы түрде төмен серпімді модулі E болуы керек.

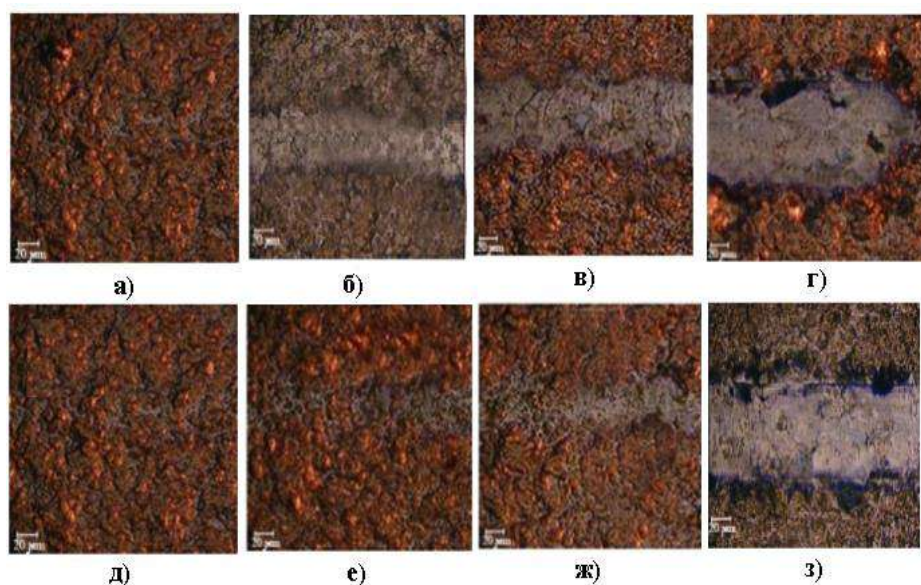
Кесу аймағындағы карбидті құралға қатайтатын жабындардың бұзылуы серпімді де, пластикалық деформациямен де байланысты болуы мүмкін [3], зерттелген КМНЖ-ның сыну кедергісінің белгілі бір бағасын келесі параметрлер негізінде жасауға болады: материалдың серпімді деформацияға төзімділігін бағалау үшін қолданылатын $H/E-1$ [4] және пластикалық деформация материалының кедергісін сипаттайтын $H/E-2$ [5]. Деформацияның белгілі бір түрі басым болған кезде, бұл параметрлерді жабын материалының тозуға төзімділігін бағалау үшін де қолдануға болады. Қатты және пластикалық деформацияға төзімділігі жоғары жабындар төмен серпімді модульде жоғары қаттылыққа ие болуы керек [6]. Жоғарыда көрсетілген H/E параметрлерінің және құр. Cu-7 ат.%с және құр. Cu-14 ат.% салыстыру жабындарының мәндері 11-кестеде келтірілген.

2-кесте. Мыс құрамы әртүрлі болғанда КМНЖ-ның физикалық-механикалық қасиеттері

№	Пластина	H (ГПа)	E (ГПа)	H ³ /E ²	H/E	W _p , %	μ
1	TiN-Cu-7 ат.% Cu жабындысымен	46	460	0,40	0,10	70	0,40
2	TiN-Cu-14 ат.% Cu жабындысымен	50	512	0,50	0,10	65	0,30

Алынған мәндер TiN-Cu - 14ат.% Cu жабыны бар балқытылған ЭО5 қорытпасының TiN-Cu-7 ат.% Cu жабынымен салыстырғанда, серпімді және пластикалық деформациялар ретінде жоғары кедергісін көрсетеді. Сонымен қатар, 11-кестеде салыстырылатын жабындарды индекстеу кезінде алынған пластикалық деформацияның (W_p) салыстырмалы жұмысын өлшеу нәтижелері келтірілген.

КМНЖ-ның адгезионды-когезионды беріктігі. ЭО5 балқытылған болат төсемдеріндегі жабындардың адгезиялық беріктігін Revetest аспабында скретч-тестілеу арқылы өлшеуге болады. 4-суретте мыс құрамы 7 ат.% және 14 ат.% болатын КМНЖ TiN-Cu бетінің суреттері көрсетілген. КМНЖ үшін құрамында мыс 7 ат.% бар сыни жүктемелердің мәні максималды болды. Алғашқы кішкентай жарықтардың пайда болуы $L_{c1} = 9Н$ кезінде байқалды, жүктеме жоғарылаған кезде бетінде жарықтардың айтарлықтай таралуы байқалмайды. Кішкентай көлденең жарықтар 30 Н аралығындағы жабынның сызаттарының шекарасында байқалады, бірақ олар сызаттың шетінен едәуір қашықтыққа таралмайды және жабынның бұзылуына әкелмейді. Бірлескен жойылу жабынның өсу бағытына перпендикуляр жазықтықта шытынау арқылы пайда болды. Жарықтардың таралуы жабын/төсемше бөлімінің шекарасынан да, созылу кернеулері максималды болатын сызаттардың шетінен де кетуі мүмкін. Деформация кезіндегі қисықтық радиусы сызаттардың шеттерінде минималды, ал осы аймақтағы созылу кернеулері максималды, көбінесе наноқұрылымды жабындардың біріккен бұзылуы осы аймақтан басталады. Жабынның бірлескен бұзылуымен байланысты шытынауудың алғашқы пайда болуы $L_{c2} \approx 20Н$ кезінде тіркелді. Алайда, шытынауудың пайда болуы жалғыз болғанын ескеру керек; әдетте, 35Н жүктемелерінде шытынауудың пайда болуы байқалды. 55 Н жүктемеде адгезияның бұзылу белгілері байқалмайды. Жабындама үшін $L_{c3} \approx 35Н$ жүктеме кезінде субстратқа алғашқы шытынау белгілері тіркелді. Қаптаманың субстратқа бөлек деламинациясы сызаттардың шеттерінде де анықталды. Мыс құрамы 14 ат.%-бен жабынды сынау кезінде басқа сурет байқалады.



4-сурет. Қаптау бетіндегі сызаттардың суреттері

Адгезия бұзылу басталғанға дейін жабындардың бетінде іс жүзінде жарықтар, чиптер немесе жергілікті когезиялық сынықтар байқалмады. Жабынға арналған L_{C3} критикалық жүктемесі, мыс мөлшері 7 ат.%. -дан тұратын жабынға қарағанда айтарлықтай төмен болды. Қаптау үшін сыни жүктеме $L_{C3} \approx 35$ Н болды.

Құрамында мыс 7 ат.% болғанда TiN-Cu инденторға жүктеме кезінде: 9Н (а); 20 Н (б); 35 Н (в); 55 Н (г); және құрамында мыс 14 ат.% болғанда инденторға жүктеме кезінде: 9Н (д); 20 Н (е); 35 Н (ж); 55 Н (з)

Қабатталу сипатына сүйене отырып, ығысу кернеулері бұзылуға негізгі үлес қосады деп болжауға болады. 4-суретте жүктеме жоғарылаған сайын жабындар негізінен сызаттардың шетінде жойылады, яғни жабынды төсемше материалына үлкен қысыммен сызаттардың жиектеріндегі қысу және созылу кернеулері бұзылуда маңызды рөл атқара бастайды. Бұл зерттелген жабындардың наноөлшемді құрылымымен түсіндіріледі, бұл дәнше шекараларының тармақталған желісі арқылы сызаттың өсуін тежеуге, сондай-ақ КМНЖ материалының тұтқырлығын сақтауға көмектеседі.

Қорытынды. Наноиндерттеу қасиеттерін зерттеу барысында TiN-Cu жабындының алынған мәндері - 14ат.% Cu жабыны бар балқытылған ЭО5 қорытпасының TiN-Cu-7 ат.% Cu жабынымен салыстырғанда, серпімді және пластикалық деформациялар ретінде жоғары кедергісін көрсетеді.

Бұл зерттелген жабындардың наноөлшемді құрылымымен түсіндіріледі, бұл дәнше шекараларының тармақталған желісі арқылы сызаттың өсуін тежеуге, сондай-ақ КМНЖ материалының тұтқырлығын сақтауға көмектеседі. Құрамында мыс 7 ат.% болғанда TiN-Cu инденторға жүктеме кезінде: 9Н (а); 20 Н (б); 35 Н (в); 55 Н (г); және құрамында мыс 14 ат.% болғанда инденторға жүктеме кезінде: 9Н (д); 20 Н (е); 35 Н (ж); 55 Н (з).

ӘДЕБИЕТТЕР

- [1] Knotek O., Löffler F., Krämer G. // Surface and Coatings Technology. 1992. V.54-55. – 476 p.
- [2] Блинков, И.В. Наноструктурирование и модифицирование свойств вакуумнодуговых покрытий TiN введением в их состав никеля [Текст] И.В. Блинков, А.О. Волхонский, Д.С. Белов, В.И. Блинков, Е.А. Скрылёва, Н.В. Швындина; Неорганические материалы. – 2015. – Т. 51. – № 2. – С. 163–170.
- [3] ESCA studies of some copper and silver selenides [Текст] / A. Romand, M. Roubin, J.P. Deloume // Journal of Electron Spectroscopy and Related Phenomena. – 1978. – Vol. 13. – P. 229–242.
- [4] Magnetron sputtering of hard nanocomposite coatings and their properties [Текст] / J. Musil, J. Vlcek // Surface and Coatings Technology. – 2001. – Vol. 142–144. – P. 557–566.
- [5] Handbook of Thin Film Materials. Vol.1: Deposition and Processing of Thin Films [Текст] / H.S. Nalwa // Marcell Dekker Inc., N.Y., USA, 2002.
- [6] On the significance of the H/E ratio in wear control: A nanocomposite coating approach to optimized tribological behavior [Текст] / A. Leyland, A. Matthews // Wear. – 2000. – Vol. 246. – P. 1–11.
- [7] Фортуна С.В., Шаркеев Ю.П. Особенности микроструктуры монослойных нитридных покрытий //Физическая мезомеханика. - 2000, 3. – С. 29-35.
- [8] Абашин М.И., Галиновский А.Л., Елисеев А.Н. Проблема качества износостойких покрытий //Научное издание МГТУ им. Баумана. -2014. – с. 78-83.

REFERENCES

- [1] Knotek O., Löffler F., Krämer G. // Surface and Coatings Technology. 1992. V.54-55. – 476 p.
- [2] Blinkov, I.V. Nanostrukturirovanie i modifitsirovanie svoistv vauumnodugovykh pokrytii TiN vvvedeniem v ikh sostav nikelya [Tekst] I.V. Blinkov, A.O. Volkhonskii, D.S. Belov, V.I. Blinkov, E.A. Skryleva, N.V. Shvyndina; Neorganicheskie materialy. – 2015. – Т. 51. – № 2. – S. 163–170.
- [3] ESCA studies of some copper and silver selenides [Tekst] / A. Romand, M. Roubin, J.P. Deloume // Journal of Electron Spectroscopy and Related Phenomena. – 1978. – Vol. 13. – P. 229–242.
- [4] Magnetron sputtering of hard nanocomposite coatings and their properties [Tekst] / J. Musil, J. Vlcek // Surface and Coatings Technology. – 2001. – Vol. 142–144. – P. 557–566.

[5] Handbook of Thin Film Materials. Vol.1: Deposition and Processing of Thin Films [Текст] / H.S. Nalwa // Marcell Dekker Inc., N.Y., USA, 2002.

[6] On the significance of the H/E ratio in wear control: A nanocomposite coating approach to optimized tribological behavior [Текст] / A. Leyland, A. Matthews // Wear. – 2000. – Vol. 246. – P. 1–11.

[7] Fortuna S.V., Sharkeev Yu.P. Osobennosti mikrostruktury monosloinykh nitridnykh pokrytii //Fizicheskaya mekhanika. - 2000, 3. – S. 29-35.

[8] Abashin M.I., Galinovskii A.L., Eliseev A.N. Problema kachestva iznosostoikikh pokrytii //Nauchnoe izdanie MGTU im. Baumana. -2014. – s. 78-83.

¹Р.Ж. Абуова*, ²Э.Б. Тен

¹ Satbayev University, Алматы, Казахстан

²Мәскеу болат және қорытпалар институты, Мәскеу, Ресей

*e-mail: ryskena@mail.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ХРОМОНИКЕЛЕВАНАДИЕВЫХ СТАЛЕЙ С КЕРАМИКО-МЕТАЛЛИЧЕСКИМ (TiN-Cu) НАНОСТРУКТУРНЫМ ПОКРЫТИЕМ ПРИМЕНЯЕМЫХ В МАШИНОСТРОЕНИИ

Аннотация. В данной статье рассматривается исследование наноиндентации, скретч-тестирования керамико-металлического наноструктурного покрытия на выплавленных хромоникелеванадиевых сталях. Методом наноиндентации, а именно анализ механического отклика поверхности покрытия TiN-Cu на вдавливание наносенсора атомно-силового микроскопа (АСМ) используют для непосредственного наблюдения таких явлений, как появление дислокаций, возникновение сдвиговой нестабильности, фазовых переходов и т.д. Методом скретч-тестирования изучены механизмы разрушения покрытия TiN-Cu, нанесенные на подложки в виде выплавленных новых образцов ЭО5 с разным содержанием меди (7%,14%). Показано, что разрушение покрытий начинается с образования трещин в вершинах навалов, которые образуются вдоль царапин вследствие пластического оттиснения материала подложки. При каждом увеличении нагрузки к индентору характер разрушения меняется.

Ключевые слова: шестерни, втулки, разряд дуги, катод, индентор, трение.

¹R. Abuova*, ²E.B. Ten

¹Satbayev University, Almaty, Kazakhstan

²Moscow Institute of Steel And Alloys, Moscow, Russia

*e-mail: ryskena@mail.ru

STUDY OF THE MECHANICAL PROPERTIES OF CHROMONICELEVANADIUM STEELS WITH CERAMIC-METALLIC (TiN-Cu) NANOSTRUCTURAL COATING USED IN MACHINE BUILDING

Abstract. This article examines the study of nanoindentation, scratch testing of a ceramic-metal nanostructured coating TiN-Cu on melted chromium-nickel-vanadium steels. The nanoindentation method, namely, the analysis of the mechanical response of the TiN-Cu coating surface to the indentation of the atomic force microscope (AFM) nanosensor, is used for direct observation of such phenomena as the appearance of dislocations, the occurrence of shear instability, phase transitions, etc. The mechanisms of destruction of the TiN-Cu coating deposited on substrates in the form of melted new EO5 samples with different copper (7%,14%) content were studied by the method of scratch testing. It is shown that the destruction of coatings begins with the formation of cracks in the tops of the piles, which are formed along the scratches due to plastic impression of the substrate material. With each increase in the load on the indenter, the nature of the destruction changes.

Keywords: gears, bushings, arc discharge, cathode, indenter, friction.

Е.К. Айтеннов*, М.И. Тулепов, Н.Ж. Нагыман

Казахский Национальный Университет им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан

*e-mail: erzhan-aytenov@mail.ru

ОБЗОР СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ВЗРЫВЧАТЫХ ВЕЩЕСТВ, МЕТОДОВ ОБНАРУЖЕНИЯ И АВТОМАТИЧЕСКОГО ОБНАРУЖЕНИЯ ВЗРЫВЧАТЫХ ВЕЩЕСТВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БЕСПРОВОДНОЙ СЕНСОРНОЙ СЕТИ

Аннотация. С каждым годом все больше свидетельств увеличения террористической активности, распространившейся по всему миру. В свете современных технологий и разнообразных угроз необходимо обнаруживать и предотвращать это с помощью надежных методов. Из-за большого размера традиционных систем обнаружения взрывчатых веществ, нецелесообразно использовать их в нынешних условиях в общественных местах, таких как железнодорожные вокзалы, аэропорты, автовокзалы и так далее. Необходимость ручного контакта - еще одна проблема в традиционных системах. Поэтому существует настоятельная необходимость в том, чтобы обнаружение взрывчатых веществ было включено в мобильную сеть, такую как беспроводная сенсорная сеть. Поскольку узлы беспроводной сенсорной сети могут быть скрыты от посторонних глаз, такая сеть является идеальным методом для автоматического обнаружения взрывчатых веществ в режиме реального времени. Реализация таких сетей может проложить путь для установки беспроводных сенсорных сетей в общественных местах для защиты жизни и имущества граждан. С этой целью мы рассмотрим литературу о современном состоянии взрывчатых веществ, их характеристике, методах обнаружения, включая использование беспроводных сенсорных сетей для автоматического обнаружения взрывчатых веществ в режиме реального времени. Эта статья дает представление о различных представлениях о взрывчатых веществах и методах обнаружения, которые могут помочь в дальнейших исследованиях по созданию системы защиты для обнаружения взрывчатых веществ.

Ключевые слова: Взрывчатые вещества, методы обнаружения взрывчатых веществ, беспроводная сенсорная сеть, характеристика взрывчатых веществ.

Введение. Большое внимание уделяется исследованиям, связанным с обнаружением взрывчатых веществ после террористических атак по всему миру. Мир располагает достаточными доказательствами этого насилия, и несколько тысяч человек погибли и еще больше получили ранения. Правительственные инфраструктуры и простые люди являются мишенями для террористов. Самодельные взрывные устройства (СВУ) используются для совершения терактов из отдаленного места с использованием мобильных телефонов и других устройств. Поэтому крайне важно иметь надежные системы обнаружения для защиты людей и имущества от опасных нападений. Обычные системы, используемые для обнаружения взрывчатых веществ, являются дорогостоящими и объемными. Кроме того, они нуждаются в ручном вмешательстве, помимо того, что они видны публично, что заставляет злоумышленников соответствующим образом менять свои планы. Создание автоматизированной сети обнаружения, которая может быть легко развернута, является очень важной задачей. Другими словами, сеть для обнаружения взрывчатых веществ может быть скрыта от глаз общественности, чтобы она автоматически выполняла свою работу по обнаружению взрывчатых веществ и информированию заинтересованных лиц. Однако создание такой надежной системы является очень сложной задачей. В последнее время в литературе были обнаружены некоторые попытки защитить интересы общественности и собственности путем развертывания датчиков для формирования беспроводной сенсорной сети, которая может обнаруживать СВУ и химические вещества, используемые в материалах. Тем не менее, это исследование можно считать находящимся в зачаточном состоянии, и есть много возможностей для исследований в области обнаружения взрывчатых веществ с использованием беспроводной сенсорной сети. В этом исследовании мы исследуем пути и

средства, чтобы предложить механизм и реализовать его с помощью возможного междисциплинарного изучения и использования необходимого оборудования. Из первоначального исследования следует, что предлагаемая система состоит из процессора, датчика и беспроводного приемопередающего оборудования. Система сможет собирать данные датчиков и выполнять обработку данных с использованием предложенной методологии, а также уведомлять сотрудников службы безопасности о любых подозрительных материалах. Наш вклад в эту работу включает обзор литературы, чтобы дать представление о различных взрывчатых веществах и методах их обнаружения. Мы намерены предложить механизм для БСС по обнаружению взрывчатых веществ. Данная статья структурирована следующим образом. Раздел 2 проливает свет на беспроводные сенсорные сети, их применение и проблемы. Раздел 3 посвящен обнаружению взрывчатых веществ в почве и воде. В разделе 4 подробно рассказывается о БСС и сенсорных сетях для обнаружения взрывчатых веществ. В разделе 5 рассмотрены коммерчески доступные технологии обнаружения взрывчатых веществ. В разделе 6 приводится спектрометрия подвижности ионов для исследования органических взрывчатых веществ. В разделе 7 содержится более подробная информация о категориях и методах обнаружения взрывчатых веществ. Раздел 8 посвящен характеристике взрывчатых веществ для методов обнаружения. В разделе 9 излагается подход к дискриминации материалов для обнаружения взрывчатых веществ, в итоге раздел 10 завершает документ, указав направление будущей работы.

Основная часть. Приложения и проблемы БСС. Сенсорные сети могут предлагать сенсорные, коммуникационные и вычислительные возможности. Использование такой сети стало повсеместным. Эти приложения применяются во многих различных областях, таких как образование, изучение среды обитания диких животных, наблюдение, сельское хозяйство, микрохирургия, образование детей и военные. Строгие энергетические ограничения бросают много проблем в БСС [1], [15], [17], [27], [33]. Причина этого заключается в том, что сенсорные узлы работают в необслуживаемых средах с питанием от батареи [2], [46]. Существуют некоторые другие приложения БСС, такие как геофизический мониторинг, точное сельское хозяйство, отслеживание стад животных, мониторинг трафика. Характеристики БСС включают в себя подверженность сбоям, ограниченную энергию, мобильность узлов, гетерогенность, сбои связи, проблемы масштабируемости, враждебную среду и так далее [3], [4]. Алгоритмы кластеризации могут быть использованы в БСС для различных приложений безопасности [12], [51]. Используя знания о развертывании, в БСС появились схемы управления ключами для безопасной связи [13]. Когда БСС состоит из тысяч узлов, связь в реальном времени требует надежной архитектуры, как описано в [14]. Узлы, расположенные по местам в БСС, могут легко участвовать в приложениях безопасности [16]. Синхронизация часов является одним из методов повышения эффективности в БСС, поскольку необходимо идентифицировать временные события [18], [49]. Маломощные беспроводные сенсорные сети не только уязвимы, но и подвержены влиянию ресурсов [19]. Распределенная локализация также помогает в БСС для лучшей и точной производительности в отслеживании целей и других приложениях [20], [21], [31]. БСС работают с различными протоколами маршрутизации и поддерживают распределенную маршрутизацию с требуемым качеством обслуживания [22], [44]. Более подробные исследования по качеству обслуживания БСС можно найти в [38]. Концепции гетерогенности, энергоэффективности и кластеризации БСС помогают использовать его для обнаружения взрывчатых веществ в экспериментах [23], [39], [42]. Безопасная маршрутизация при наличии атак исследована в [40]. Сетевые проблемы в БСС могут помочь охарактеризовать его для обнаружения взрывчатых веществ. Вопросы, связанные с сетевым взаимодействием, можно найти в [24]. Коммуникационные процедуры в БСС часто приводят к расхождениям между моделированием и основной правдой [25]. Беспроводные сенсорные сети могут быть развернуты различными способами, включая иерархические, где группы узлов выполняют различные задачи [26]. БСС поддерживает различные протоколы

MAC, такие как S-MAC, WiseMAC, адаптивный к трафику MAC, SIFT, D-MAC и Timeout – MAC. Существуют мультимедийные датчики, которые могут помочь в визуализации обнаружения взрывчатых веществ. Такую полезную информацию можно найти в [30]. Конфигурация мобильной ретрансляции изучена в [34] для обеспечения эффективной передачи огромных данных в мобильных сетях. Модель радиорегулярности в БСС исследована в [36], которая может помочь при использовании сети для обнаружения взрывчатых веществ. Энергоэффективная система наблюдения может быть выполнена с использованием БСС [37]. Такого рода возможности БСС могут быть использованы для создания новых возможностей обнаружения взрывчатых веществ. Самоорганизация также возможна с помощью БСС [41]. Распределенная обработка сигналов в БСС может повлиять на масштабируемость, эффективность полосы пропускания и на надежность [43]. Криптография с эллиптическими кривыми является одним из подходов к защищенным сетям связи. Лю и Нинг [45] исследовали настраиваемую библиотеку для БСС. Сенсорные узлы могут работать в сотрудничестве с открытыми узлами, как описано в [47]. Отслеживание целей является одной из важных функций БСС, которая также может быть изучена в контексте обнаружения взрывчатых веществ. Узлы в БСС могут формироваться в кластеры для эффективного и акустического сопровождения целей [50]. БСС используется для мониторинга среды обитания [52]. Эта функция может быть расширена для мониторинга окружающей среды и даже обнаружения взрывчатых веществ.

Обнаружение взрывчатых веществ в почве и в воде. Во многих странах взрывчатые вещества хранятся в почве и воде. Они находились под контролем соответствующих правительств. Однако поддержание таких сайтов и мониторинг их, помимо их обнаружения, играют ключевую роль в обслуживании этих сайтов. В обнаружении взрывчатых веществ могут участвовать электронные датчики. Уотсон и Макгуайр [4] исследовали поверхностную акустическую волну (ПАВ) для обнаружения взрывчатых веществ. Их исследование проводилось в контексте взрывчатых веществ, сброшенных правительством США в военных целях. Они предоставляют подробную информацию о системе анализа паров модели 7100 для количественного определения паров и, таким образом, обнаружения взрывчатых веществ. В экспериментах использовалась идентификация различных материалов, таких как 2,6-динитротолуол, 2,4-динитротолуол, гексагидро-1,3,5-тринитро-1,3, 5-триазин (гексоген) и 2,4,6-динитротолуол. Кристаллы ПАВ широко используются для экспериментов по обнаружению взрывчатых веществ. Кристаллы ПАВ подвергаются воздействию различных полимерных покрытий, относящихся к парам, которые должны быть охарактеризованы. Снижение чувствительности наблюдается при нанесении полимерных покрытий на кристаллы ПАВ. Для обнаружения взрывчатых веществ использовались различные методы. Они известны как калибровка, анализ почвы и анализ воды. Результаты показали, что эффективность методологии, используемой для экспериментов, может быть еще более улучшена. Это происходит потому, что результаты экспериментов не совпадают с основной истиной.

Датчики или БСС для обнаружения взрывчатых веществ. Сундрам [5], майор вооруженных сил Сингапура, провел эксперименты с БСС для обнаружения взрывчатых веществ. Основное внимание в его исследованиях было уделено самодельным взрывным устройствам (СВУ) в рамках наблюдения в общественных местах. Для экспериментов использовались инфракрасные и магнитные датчики. Среда, в которой проводились эксперименты, - это общественный торговый центр и улица поблизости. Модель угрозы содержит установку самодельного взрывного устройства. Была построена и размещена в окружающей среде коллекция датчиков. Испытуемым было предложено взять с собой взрывчатые вещества и направиться к сосуду. В датчиках использовались два типа детекторов. Это известные магнитные детекторы и инфракрасные детекторы. Магнитные датчики смогли обнаружить взрывчатку, в то время как инфракрасные датчики не могли сделать это правильно из-за фоновое инфракрасное излучение. Как показывают

результаты, эта технология может быть использована для защиты общественных зон и общественных мест, таких как аэропорты. Билекит [10] исследовал, как можно использовать датчики и системы, которые могут быть использованы для обнаружения взрывных устройств. Самодельные взрывные устройства (СВУ) и меры противодействия являются важным содержанием их исследований. Датчики-это устройства, которые могут воспринимать окружающую среду для сбора данных и анализа. В процессе работы сенсорные устройства могут быть запрограммированы на обнаружение взрывчатых веществ. Например, датчики могут быть химическими датчиками, электрохимическими датчиками, хроматографическими датчиками и так далее. Взрывчатых веществ насчитывается более сотни. Однако они имеют определенные общие характеристики, такие как геометрия, плотность материала, элементный состав и выбросы паров. Геометрия может быть проанализирована с помощью анализа формы изображения. Плотность материала отражает вероятность наличия взрывчатых веществ, поскольку взрывчатые вещества плотнее других материалов. Элементный состав может быть проанализирован с помощью анализа эмиссии паров. Выбросы паров могут осуществляться с использованием проб паров и их анализом [10]. Концентрация паров взрывчатых веществ может быть разделена на три категории, такие как А, В и С, в зависимости от концентрации воздуха при комнатной температуре.

По массе молекулы и концентрации воздуха при комнатной температуре можно определить взрывчатые вещества. Для идентификации взрывчатых веществ с определенной вероятностью могут использоваться такие методы обнаружения, как методы обнаружения навалом или трассировки. На основе этих факторов изготавливаются различные сенсорные устройства, которые могут помочь в обнаружении взрывчатых веществ [10]. Поскольку датчики в реальном мире могут быть громоздкими и не могут быть установлены без публичной видимости, важно найти альтернативы традиционным устройствам. Автоматическое обнаружение взрывчатых веществ на данный момент является весьма желательным исследованием в реальном мире. В связи с террористическими нападениями и тревожным характером их деятельности и прогнозируемым ущербом крайне важно иметь успешные сети, которые собирают контрразведывательные данные и принимают необходимые меры. В [28] была предпринята попытка автоматического обнаружения взрывчатых веществ с использованием БСС. Архитектура обнаружения была предложена, как показано на рис. 2.

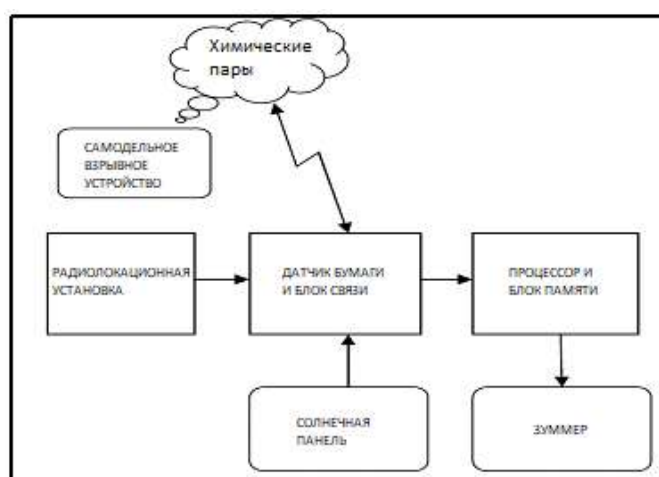


Рисунок 2. Архитектура обнаружения взрывчатых веществ [28]

Как видно на рис. 2, очевидно, что химические пары СВУ используются в качестве входных данных для системы. В архитектуре используются радиолокационный блок, датчик бумаги, блок связи, процессор и блок памяти, зуммер, солнечная панель. Модуль солнечной

панели используется для источника питания. Бумажный датчик используется для отслеживания паров различных взрывчатых веществ, используемых в экспериментах. Блок связи отвечает за связь с другими датчиками в сети. Процессор играет жизненно важную роль в обработке полученных данных. Для отслеживания движения светодиода используется радиолокационный блок. Зуммер используется для указания взрывчатых веществ при правильном подборе. Такого рода эксперименты в реальном мире стоят дорого. В нашей будущей работе мы намерены провести такой эксперимент с моделированием. Имитационное исследование может доказать концепцию, прежде чем реализовать технику в реальном мире.

Коммерчески доступные технологии обнаружения взрывчатых веществ. Тисенет [6] провел обзор коммерчески доступных технологий обнаружения взрывчатых веществ. Методы обнаружения взрывчатых веществ подразделяются на два типа. Это обнаружение следов паров/частиц и обнаружение объема. Методы массового обнаружения бывают двух типов. Это методы визуализации и ядерные методы.

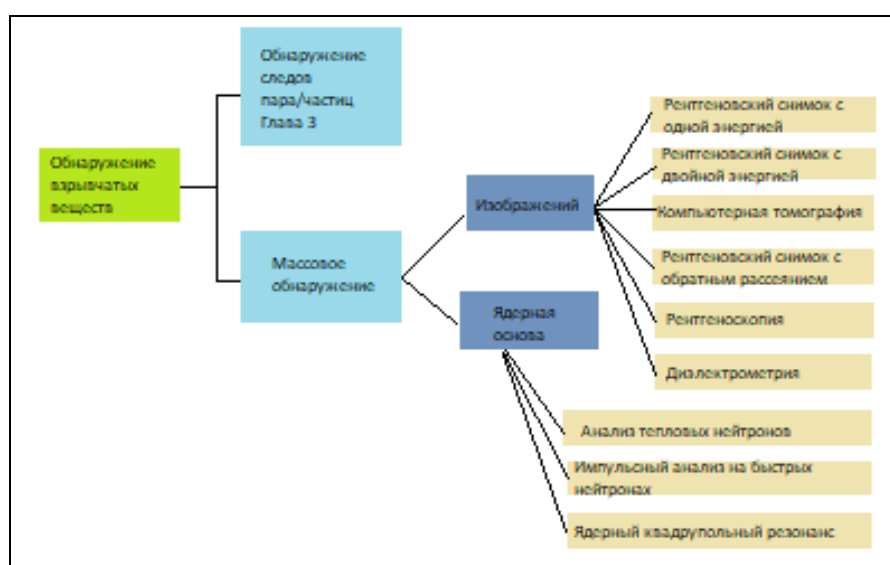


Рисунок 3. Технологии обнаружения взрывчатых веществ [6]

Основными технологиями объемного обнаружения изображений являются одноэнергетический рентгеновский снимок, двухэнергетический рентгеновский снимок, компьютерная томография, рентгенография с обратным рассеянием, рентгеноскопия и диэлектрометрия. Ядерные методы включают анализ тепловых нейтронов, импульсный анализ быстрых нейтронов, ядерный квадрупольный резонанс. Есть много преимуществ, связанных с обнаружением взрывчатых веществ. Некоторые из потенциальных применений включают проверку персонала на лету, проверку большого количества транспортных средств и отправленных товаров. Они также используются для поиска бомб, обработки особых ситуаций и защиты специальной инфраструктуры. Однако методы скрининга бросают вызов проблемам со здоровьем, которые необходимо учитывать.

Спектрометрия подвижности ионов для исследования органических взрывчатых веществ. Коюнку и др. [7] изучали органические взрывчатые вещества с помощью спектрометрии подвижности ионов (IMS). Они предложили аналитический метод и внедрили его. Метод состоит из трех этапов. На первом этапе исследование стандартных смесевых растворов ТЕТРИЛА, ПЭТН, ГЕКСОГЕНА и тротила производится с использованием IMS. На втором этапе для качественного анализа используются реальные остатки взрывчатых веществ. На третьем этапе были проведены эксперименты по отслеживанию остатков взрывчатых веществ. IMS, также известная как плазменная хроматография, является одним

из аналитических методов, позволяющих отделять молекулы ионизированного газа на основе подвижности. Система IMS нуждается в подходящем источнике ионов, чтобы хорошо функционировать. Бета-излучатель обычно используется в качестве источника ионов. В экспериментах преимущественно используются ионы реагентов. Ионы и молекулы реагентов участвуют в процессе изучения возможной динамики и характеристик взрывчатых веществ. Образцы остатков после взрыва использовались для экспериментов, в которых органические взрывчатые вещества изучались с помощью системы IMS. IMS может выполняться с меньшим объемом выборки по сравнению с другими методами.

Категории и методы обнаружения взрывчатых веществ. Дэвид и Льюис [8] исследовали различные методы обнаружения взрывчатых веществ и их категории. Особенно эти методы используются для защиты границ, аэропортов и так далее. Трассировка и объем-две основные категории методов обнаружения взрывчатых веществ. Обнаружение следов относится к методу обнаружения, который использует небольшие количества взрывчатых веществ. Эти взрывчатые вещества находятся в двух формах, таких как пар или твердые частицы. Первый находится в воздухе, в то время как второй представляет собой остаток взрывчатого вещества, который прилипает к поверхностям предметного помещения. Методы обнаружения объемных взрывчатых веществ позволяют обнаруживать макроскопические массы взрывчатых веществ, которые видны человеческому глазу, и они обладают высокой проникающей способностью для максимального разрушения.

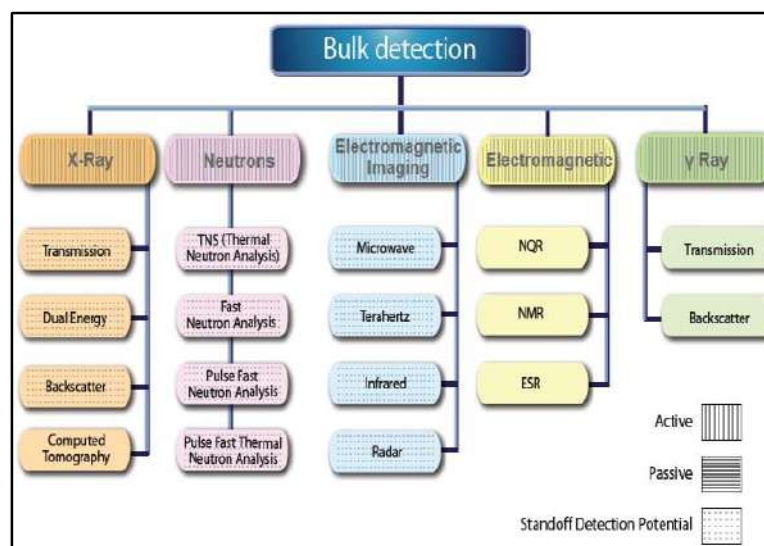


Рисунок 4. Методы массового обнаружения различных видов ВВ[8]

Как показано на рис. 4, очевидно, что существует пять категорий методов массового обнаружения. Опять же, в каждой категории есть методы с активным, пассивным и потенциалом обнаружения ВВ. Категории: Рентгеновские лучи, Нейтроны, Электромагнитная визуализация, Электромагнитные лучи и γ-лучи. Рентгеновские методы основаны на передаче, двойной энергии, обратном рассеянии и компьютерной томографии. Методы нейтронов включают термический, быстрый, импульсный быстрый и импульсный быстрый анализ тепловых нейтронов. Методы электромагнитной визуализации включают микроволновую, терагерцовую, инфракрасную и радиолокационную. Электромагнитные методы включают NQR, ЯМР и ЭПР, в то время как методы γ-лучей основаны на передаче и обратном рассеянии [8].

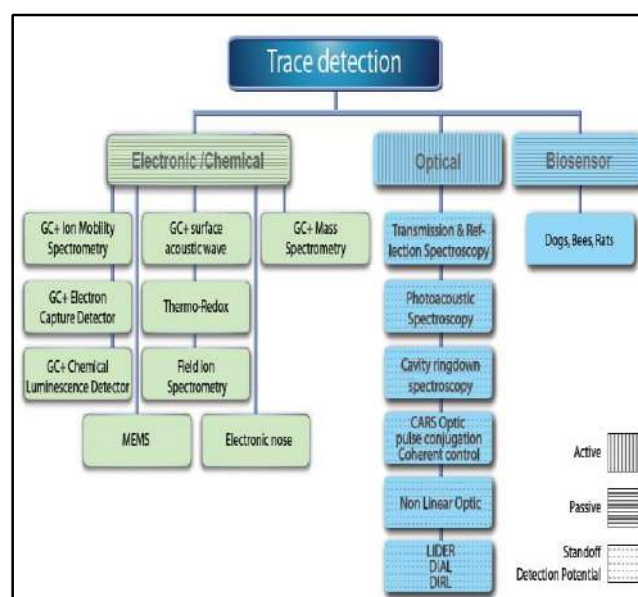


Рисунок 5. Методы обнаружения следов [8]

Как описано в [8], методы обнаружения следов подразделяются на электронные/химические, оптические и биосенсорные. Существует множество методов, относящихся к электронной/химической категории, такие как спектрометрия подвижности ионов GC+, поверхностная акустическая волна GC+, масс-спектрометрия GC+, детектор захвата электронов GC+, термоокислительный, детектор химической люминесценции GC+, полевая, ионная спектрометрия и электронный нос. Оптическая категория включает в себя спектроскопию пропускания и отражения, фотоакустический спектроскоп, кольцевую спектроскопию резонатора, когерентное управление сопряжением оптических импульсов CARS, нелинейную оптику, LLIDER, DIAL и DURL. Методы биосенсора основаны на экспериментах на собаках, пчелах и крысах. Эти методы подразделяются на три различных типа, таких как активный, пассивный и потенциал обнаружения ВВ [8]. Как обсуждалось в [9], самодельные взрывчатые вещества (ВВ) используются террористами, и методы обнаружения должны быть адаптированы для удовлетворения этого требования. На самом деле, многие нападения на США выявили этот факт.

Характеристика взрывчатых веществ для методов обнаружения. На самом деле очень важно охарактеризовать взрывчатые вещества до их обнаружения. Поскольку характеристика может помочь программам изучить особенности взрывчатых веществ. Характеристика может помочь исследователям автоматизировать процесс обнаружения. Мы считаем, что эта характеристика может помочь в разработке и развертывании БСС с целью обнаружения взрывчатых веществ интуитивно. Турн [11] исследовал криминалистические исследования для характеристики и обнаружения взрывчатых веществ. Для характеристики взрывчатых веществ необходимо изучать и анализировать различные свойства. Поэтому характеристику можно проводить с точки зрения электромагнитных, тепловых, акустических, механических, физических и химических свойств. Успешная характеристика взрывчатых веществ может помочь повысить точность обнаружения. Следы СВУ могут быть использованы для механической характеристики. Механическая характеристика взрывчатых веществ основана на следах, которые прилипают к поверхностям. Взрывы, произведенные в военных целях, могут быть использованы для сбора следов, а механическая характеристика основана на сцеплении следов с другими компонентами. Шероховатость и ориентация частиц подложки используются для механической характеристики. Физическая характеристика относится к чувствительности к детонации и удару. Существует множество

свойств, связанные с плотностью, морфологией кристаллов, размером частиц и площадью поверхности. Особенно данные морфологии играют жизненно важную роль в физической характеристике [11]. Что касается термической характеристики, то механические и тепловые возбуждения играют большую роль. Давление паров взрывчатых веществ чувствительна к температуре. Этот факт дает необходимое представление о происхождении индуцированного химического разложения взрывчатых веществ. Акустическая характеристика относится к эволюции повреждений. Определение повреждений изучается с помощью компьютерной томографии (КТ) и акустической эмиссии. Электромагнитная характеристика относится к терагерцовым (ТГц) откликам. На основе ТГц можно охарактеризовать взрывчатые вещества. Количественный анализ электромагнитных откликов может дать необходимую информацию для характеристики таких взрывчатых веществ. Наиболее передовые методы обнаружения, использующие эти характеристики, включают масс-спектрометрию, спектрометрию подвижности ионов, терагерцовую спектроскопию, инфракрасную спектроскопию, спектроскопию лазерного индуцированного пробоя, спектроскопию комбинационного рассеяния и спектроскопию комбинационного рассеяния с поверхностным усилением. В процессе обнаружения взрывчатых веществ сенсорные технологии играют жизненно важную роль. Существует множество датчиков, такие как датчики SAW, датчики QCM и датчики MEMS. Датчики на основе углеродных нанотрубок также были исследованы для обнаружения взрывчатых веществ [11].

Подход к различению материалов для обнаружения взрывчатых веществ. Взрывчатые вещества обычно перевозятся в багажных сумках, рюкзаках или подобных носителях. Поэтому одной из важных технологий для обнаружения такого материала является рентгенография. Иными словами, рентгеновская компьютерная томография (КТ) является наиболее известным способом получения материалов, которые хранятся в мешках и других контейнерах. Таким образом, внутренние вещи могут быть поняты программно. Затем можно использовать многоэнергетическую КТ (МЭТ), чтобы получить более подробную информацию об изучаемом материале [32].

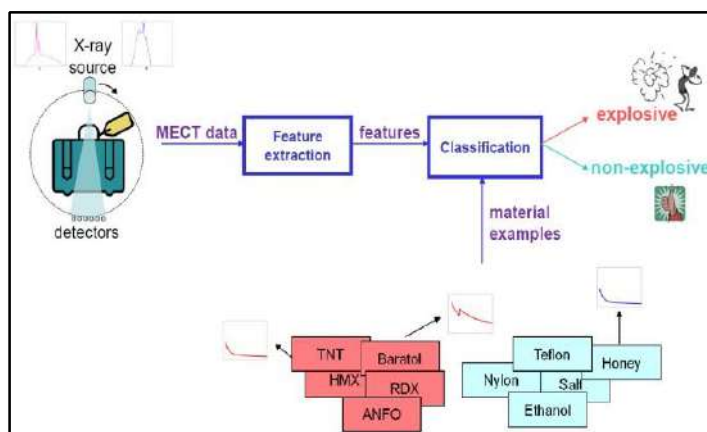


Рисунок 6. Перспектива машинного обучения для обнаружения взрывчатых веществ [32]

Как видно из рис.6, очевидно, что образцы материала помещаются в пакет, который подвергается воздействию источника рентгеновского излучения. Позже, как обсуждалось ранее, МЕСТ используется для извлечения более подробной информации, а данные МЕСТ отправляются для извлечения функций. Извлеченные элементы классифицируются на взрывчатые и невзрывчатые вещества. Обычные механизмы могут быть не в состоянии точно обнаружить. Однако с появлением новых технологий в области МЕСТ можно использовать для повышения точности обнаружения. Поскольку МЕСТ извлекает больше функций, которые могут помочь в увеличении объема обнаружения. Адаптивное изучение и

использование функций может помочь повысить производительность обнаружения. Однако результаты обнаружения в конечном счете ограничены фундаментальными ограничениями технологии МЕСТ [32]. В нашей будущей работе мы намерены изучить возможные способы повышения эффективности обнаружения для устранения ложных тревог и увеличения пропускной способности.

Технология рентгеновского излучения была использована для обнаружения взрывчатых веществ. Ребуфел [35] исследовал его подробнее. Рентгеновские технологии, основанные на двухэнергетической рентгенографии, могут обеспечить характеристику на более широком уровне. Дальнейшее совершенствование осуществляется с помощью рентгеновских детекторов на основе полупроводников. Они исследовали различные системы обнаружения взрывчатых веществ (EDSs), основанные на рентгеновских лучах. Детекторы CdTe/CdZnTe оказались лучше, чем их аналоги, такие как германиевые детекторы. Для некоторых конкретных конфигураций альтернативным методом, который оказался полезным, является обратное рассеяние. Локальная точная характеристика стала возможной с помощью спектрометрических детекторов. Как показано в [53], сложные биологические образцы могут быть изучены и различены с помощью различных методов, таких как масс – спектрометрия подвижности ионов с целью протеомики. Он может быть использован для изучения биофизических особенностей при обнаружении взрывчатых веществ.

Выводы и будущая работа. Человек добился огромного прогресса в научных изобретениях, используя естественные законы. Однако постоянно растущая угроза терроризма стала реальным препятствием на пути развития стран по всему миру. Террористы намеренно используют взрывчатые вещества, чтобы нарушить нормальную жизнь в странах. Иногда контрмеры оказывались неэффективными из-за адаптации новых механизмов или технологий. Поэтому неизбежно движение к исследованиям, которые могут обеспечить надежные механизмы защиты собственности и жизни общественности. С этой целью один из подходов заключается в том, чтобы иметь возможность обнаруживать взрывчатые вещества на ранней стадии и автоматически. Нынешние устройства обнаружения громоздки, и их наличие известно любому. Это помогает антисоциальным элементам соответствующим образом менять свои планы. Важным пониманием этого является наличие такой сети, как БСС, для автоматического обнаружения взрывчатых веществ. Поскольку сенсорные узлы, используемые в БСС, управляются скрытыми от глаз общественности, эта сеть более эффективна, когда существует совершенная методология, которая может быть использована в сенсорных узлах для автоматического обнаружения взрывчатых веществ. Мы намерены построить такую методологию в будущем с помощью имитационного исследования. До этого мы сочли полезным провести обзор современного состояния взрывчатых веществ, методов их обнаружения и определили необходимость предложенного механизма для ББ для обнаружения взрывчатых веществ в режиме реального времени. С этой целью в настоящей статье мы пролили свет на различные аспекты взрывчатых веществ, их характеристику, обнаружение и возможные технологии для принятия соответствующих мер.

REFERENCE

- [1] Daniele Puccinelli and Martin Haenggi. Wireless Sensor Networks: Applications and Challenges of Ubiquitous Sensing// *IEEE*. 2005. - p.12-17.
- [2] Youngmin Kim, Hyojeong Shin, and Hojung Cha. Y-MAC: An Energy-efficient Multi-channel MAC Protocol for Dense Wireless Sensor Networks.// *IEEE*. – 2008. - p.25-34.
- [3] Kay romar,rahul.p. Middl chanllege wsn.// *IEEE*. – 2008. - p.213-313.
- [4] Gary W. Watson and David S. McGuire. Detection Of Explosives In Soil And Waterwith An Electronic Nose, 1999 – p.1-10.
- [5] Joshua Sundram and Phua Poh Sim. Using Wireless Sensor Networks In Improvised Explosive Device Detection, 2007 – p.1-91.

- [6] Lisa Thiesan, David Hannum, Dale W. Murray, John E. Parmeter, Survey of Commercially Available Explosives Detection Technologies and Equipment// Sandia National Laboratories – 2005 – p.1-97.
- [7] H'ulya KOYUNCU, Ertan SEVEN and Ayla CALIMLI. Examination of Some Organic Explosives by IonMobility Spectrometry (IMS), 2005 – p.255-264.
- [8] J David and A M Lewis. Explosive Detection Equipment and Technology for Border Security, JRC scientific and technical reports, 2008 – p.1-62.
- [9] Dr. Ruth Doherty. Detection of Homemade Explosives (HMEs), 2009 – p.1-4.
- [10] ZbigniewBielecki, Jacek Janucki, Adam Kawalec, Janusz Mikołajczyk, Norbert Pałka, Mateusz Pasternak, Tadeusz Pustelny, Tadeusz Stacewicz, Jacek Wojtas. Sensors And Systems For The Detection Of Explosive Devices –An Overview, 2012 – p.3-28.
- [11] Marilyn Tourné, Developments in Explosives Characterization and Detection, Forensic Research, 2013 – p.1-10.
- [12] Ameer Ahmed Abbasi a, Mohamed Younis. A survey on clustering algorithms for wireless sensor networks// *Elsevier* 30 (1) – 2007 - p.32-44.
- [13] Wenliang Du,Jing Deng. A Key Management Scheme for Wireless Sensor Networks Using Deployment Knowledge// *IEEE* – 2004 - p.56-60.
- [14] Chenyang Lu Brian M. Blum Tarek F. Abdelzaher John A. Stankovic Tian He. RAP: A RealTime Communication Architecture for Large-Scale Wireless Sensor Networks// *IEEE* – 2008 - p.25-34.
- [15] I.F. Akyildiz, W. Su Y. Sankarasubramaniam, E. Cayirci. Wireless sensor networks: a survey// *ELsevier*. 38 (1) – 2002 - p.213-313.
- [16] Rong Peng and Mihail L. Sichitiu. Angle of Arrival Localization for Wireless Sensor Networks.// *ELsevier*. – 2007 - p.12-17.
- [17] Th. Arampatzis, J. Lygeros. A Survey of Applications of Wireless Sensors and Wireless Sensor Networks.// *IEEE*. -2005 - p.23-33.
- [18] Bharath Sundararaman, Ugo Buy, and Ajay D. Kshemkalyani. Clock Synchronization for Wireless Sensor Networks: A Survey.// *IEEE*. – 2005 - p.213-313.
- [19] Deepak Ganesan y , Deborah Estrin. Complex Behavior at Scale: An Experimental Study of LowPower Wireless Sensor Networks.//*IEEE*. – 2008 - p.12-17.
- [20] Koen Langendoen , Niels Reijers. Distributed localization in wireless sensor networks: a quantitative comparison.// *ELsevier*. 43 (1) – 2003 - p.25-34
- [21] Mihail L. Sichitiu and Vaidyanathan Ramadurai. Localization of Wireless Sensor Networks with a Mobile Beacon. //*ELsevier*. – 2003 - p.23-33.
- [22] Ze Li,Haiying Shen. A QoS-Oriented Distributed Routing Protocol for Hybrid Wireless Networks.// *ELsevier*. 13 (4), - 2014 - p.25-34.
- [23] Li Qing , Qingxin Zhu, Mingwen Wang. Design of a distributed energy-efficient clustering algorithm for heterogeneous wireless sensor networks.// *ELsevier*. 29 (1) – 2006 - p.2230–2237.
- [24] Ye, Wei Yu, Yan Zhao, Yonggang Estrin, D. Networking Issues in Wireless Sensor Networks.// *CENS*. – 2006 - p.23-33.
- [25] Wong, J L Kuang, Louane Potkonjak. Statistical Model of Lossy Links in Wireless Sensor Networks.// *CENS*. 2005 p.23-33.
- [26] Jason Hill, Mike Horton, Ralph Kling. THE PLATFORMS ENABLING WIRELESS SENSOR NETWORKS.// *CENS*. 47 (6) – 2004 - p.23-33.
- [27] E. Ilker Oyman and Cem Ersoy. Multiple Sink Network Design Problem in Large Scale Wireless Sensor Networks.// *IEEE*. – 1997 - p.213-313.
- [28] Avinash.Vanimireddy and D.Aruna Kumari. Detection of Explosives Using Wireless Sensor Networks// International Journal of Engineering Trends and Technology- Volume3Issue3 - 2012, p.1-4.
- [29] Ilker Demirkol, Cem Ersoy, and Fatih Alagoz. MAC Protocols for Wireless Sensor Networks: a Survey.// *Elsevier* – 2012 - p.25-34.
- [30] Ian F. Akyildiz , Tommaso Melodia, Kaushik R. Chowdhury. A survey on wireless multimedia sensor networks.// *ELsevier*. 51 (1) – 2007 - p.921–960.
- [31] Loukas Lazos and Radha Poovendran. SeRLoc: Secure Range-Independent Localization for Wireless Sensor Networks.// *IEEE* – 2004 - p.213-313.
- [32] Limor Eger PrakashIshwar, W. Clem Karl, Homer Pie, Material Discrimination Using Multi-Energy XRay Computed Tomography for Explosives Detection, p1-10.

- [33] Aleksandar Milenkovic, Chris Otto, Emil Jovanov. Wireless sensor networks for personal health monitoring: Issues and an implementation.// *ELsevier*. – 2006 - p.12-17.
- [34] Fatme El-Moukaddem, Eric Tormg, and Guoliang Xing. Mobile Relay Configuration in DataIntensive Wireless Sensor Networks.// *IEEE*. 12 (2) – 2013 - p.25-34.
- [35] Veronique REBUFFEL, Jean RINKEL, Joachim TABARY, Loick VERGER CEA-LETI, New Perspectives of X-ray Techniques for Explosive Detection Based on CdTe/CdZnTe Spectrometric Detectors// International Symposium on Digital Industrial Radiology and Computed Tomography, p1-8.
- [36] Gang Zhou, Tian He, Sudha Krishnamurthy, John A. Stankovic. Impact of Radio Irregularity on Wireless Sensor Networks.// *IEEE* – 2004 - p.12-17.
- [37] Tian He, Sudha Krishnamurthy, John A. Stankovic, Tarek Abdelzaher, Liqian Luo, Radu Stoleru, Ting Yan, Lin Gu. Energy-Efficient Surveillance System Using Wireless Sensor Networks.// *IEEE* – 2004 - p.213-313.
- [38] Dazhi Chen and Pramod K. Varshney. QoS Support in Wireless Sensor Networks: A Survey.// *IEEE* – 2004 - p.32-44.
- [39] Karim Seada, Marco Zuniga, Ahmed Helmy, Bhaskar Krishnamachari.// EnergyEfficient Forwarding Strategies for Geographic Routing in Lossy Wireless Sensor Networks. *ACM*. – 2004 - p.56-60.
- [40] Chris Karlof , David Wagner. Secure routing in wireless sensor networks: attacks and countermeasures.// *ELsevier*. 1 (1) – 2013 - p.293–315.
- [41] Katayoun Sohrabi, Jay Gao, Vishal Ailawadhi and Gregory J Pottie. Protocols for SelfOrganization of a Wireless Sensor Network // *IEEE*. – 1999 - p.12-17.
- [42] Joseph Polastre, Jason Hill, David Culler. Versatile Low Power Media Access for Wireless Sensor Networks.// *ACM*. – 2004 - p.23-33.
- [43] In-Jun Xiao, Alejandro Ribeiro, Zhi-Quan Luo, and Georgios B. Giannakis. Distributed Compression-Estimation Using Wireless Sensor Networks.// *ACM*. – 2006 - p.213-313.
- [44] Kemal Akkaya , Mohamed Younis. A survey on routing protocols for wireless sensor networks.// *ELsevier*. 3 (2) – 2005 - p.325–349.
- [45] An Liu, Peng Ning. TinyECC: A Configurable Library for Elliptic Curve Cryptography in Wireless Sensor Networks. *deement of science*. – 2004 - p.32-44.
- [46] Alejandro Ribeiro. Bandwidth-Constrained Distributed Estimation for Wireless Sensor Networks—Part II: Unknown Probability Density Function.// *IEEE* – 2006 - p.25-34.
- [47] Ian F. Akyildiz, Ismail H. Kasimoglu. Wireless sensor and actorq networks: research challenges.// *ELsevier*. 2 (1) – 2004 - p.351–367.
- [48] Mark A. Perillo and Wendi B. Heinzelman, Wireless Sensor Network Protocols, p.1-35.
- [49] Jeremy Elson. Wireless Sensor Networks: A New Regime for Time Synchronization.// *ACM*. – 2002 - p.56-60.
- [50] Wei-Peng Chen, Jennifer C. Hou. Dynamic Clustering for Acoustic Target Tracking in Wireless Sensor Networks, 3 (3), p.12-17.
- [51] Paolo Baronti b,c, Prashant Pillai a, Vince W.C. Chook a, Stefano Chessa b, Alberto Gotta b, Y. Fun Hu. Wireless sensor networks: A survey on the state of the art and the 802.15.4 and ZigBee standards.// *ELsevier*. 30 (1) – 2007 - p.1655–1695.
- [52] Alan Mainwaring¹ Joseph Polastre² Robert Szewczyk David Culler John Anderson. Wireless Sensor Networks for Habitat Monitoring.// *ACM* – 2002 - p.25-34.
- [53] John A. McLean, Brandon T. Ruotolo, Kent J. Gillig, David H. Russell, Ion mobility–mass spectrometry: a new paradigm for proteomics// Elsevier, International Journal of Mass Spectrometry 240 2005 – p.301–315.

Е.К. Айтенов*, М.И. Тулепов, Н.Ж. Нагыман

әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан

*e-mail: erzhan-aytenov@mail.ru

**СЫМСЫЗ СЕНСОРЛЫҚ ЖЕЛІНІ ҚОЛДАНА ОТЫРЫП, ЖАРЫЛҒЫШ ЗАТТАРДЫҢ
ҚАЗІРГІ ЖАҒДАЙЫНА, ЖАРЫЛҒЫШ ЗАТТАРДЫ АНЫҚТАУ ЖӘНЕ АВТОМАТТЫ
ТҮРДЕ АНЫҚТАУ ӘДІСТЕРІНЕ ӘДЕБИ ШОЛУ**

Андатпа. Жыл сайын бүкіл әлемге таралған террористік белсенділіктің артуының дәлелі артып келеді. Қазіргі заманғы технологиялар мен әртүрлі қауіп-қатерлер жағдайында оны сенімді әдістермен анықтап, алдын-алу қажет. Осыған байланысты жарылғыш заттарды анықтау белсенді

зерттеу саласы болып табылады. Осы мақсатта көптеген анықтау жүйелері пайда болды. Әр түрлі елдердегі мемлекеттік органдар жарылғыш заттарды анықтай алатын құрылғылармен жабдықталған. Алайда, көбінесе олар үлкен және көпшілік көзге көрінеді. Сондықтан оларды қазіргі жағдайда теміржол вокзалдары, әуежайлар, автовокзалдар және т.б. сияқты қоғамдық орындарда пайдалану орынсыз. Қол жұмысының керектігі- бұл дәстүрлі жүйелердегі тағы бір мәселе. Сондықтан жарылғыш заттарды табу сымсыз сенсорлық желі (ССЖ) сияқты мобильді желіге қосылуы қажет. ССЖ түйіндерін көзге көрінбейтін етіп жасыруға болатындықтан, мұндай желі нақты уақыт режимінде жарылғыш заттарды автоматты түрде анықтаудың тамаша әдісі болып табылады. Мұндай желілерді іске асыру азаматтардың өмірі мен мүлкін қорғау үшін қоғамдық орындарда ССЖ орнатуға жол ашуы мүмкін. Осы мақсатта біз жарылғыш заттардың қазіргі жағдайы, олардың сипаттамалары, анықтау әдістері, соның ішінде жарылғыш заттарды нақты уақытта автоматты түрде анықтау үшін сымсыз сенсорлық желілерді (ССЖ) пайдалану туралы әдебиеттерді қарастырамыз. Бұл мақалада жарылғыш заттарды анықтауға арналған қорғаныс жүйесін құру бойынша қосымша зерттеулерге көмектесетін жарылғыш заттар мен анықтау әдістері туралы әртүрлі түсініктер берілген.

Негізгі сөздер: жарылғыш заттар, жарылғыш заттарды анықтау әдістері, BSS, жарылғыш заттардың сипаттамасы.

E.K. Aitenov*, M.I. Tulepov, N.Zh. Nagyman
al-Farabi Kazakh national university, Almaty, Kazakhstan
*e-mail: erzhan-aytenov@mail.ru

A SURVEY ON THE PRESENT STATE-OF-THE-ART OF EXPLOSIVES, DETECTION METHODS AND AUTOMATIC EXPLOSIVE DETECTION USING WIRELESS SENSOR NETWORK

Abstract. Every year there is more and more evidence of an increase in terrorist activity that has spread around the world. In the light of modern technologies and a variety of threats, it is necessary to detect and prevent this with reliable methods. In this regard, the detection of explosives is an active area of research. For this purpose, many detection systems have appeared. Government agencies in various countries are equipped with devices that can detect explosives. However, they are often large in nature, and roads are also publicly visible. Therefore, it is not advisable to use them in the current conditions in public places, such as railway stations, airports, bus stations, and so on. Manual contact is another problem in traditional systems. Therefore, there is an urgent need for the detection of explosives to be integrated into a mobile network, such as the Wireless Sensor Network (BSS). Since the BSS nodes can be hidden from prying eyes, such a network is an ideal method for automatic detection of explosives in real time. The implementation of such networks can pave the way for the installation of BSSs in public places to protect the lives and property of citizens. To this end, we will review the literature on the current state of explosives, their characteristics, and detection methods, including the use of wireless sensor networks (BSS) for automatic detection of explosives in real time. This article provides an insight into the various concepts of explosives and detection methods that can help in further research on creating a defense system for detecting explosives.

Keywords: Explosives, methods of detection of explosives, WSN, characteristics of explosives.

Ө.Т. Тельман, А.Г. Исмаилова*, Н.А. Адилхан
әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан
*e-mail: Akmaral.Ismailova@kaznu.kz

ИТТРИЙДІҢ ЭКСТРАКЦИЯЛЫҚ БӨЛІНУІ

Аңдатпа. Технологияның көптеген салаларында, сондай-ақ химия өнеркәсібінде иттрийге және басқа да сирек металдарға деген сұраныс жыл сайын артып келеді. Қазақстан Республикасында иттрийлі топтың сирек жерлерінің шикізат көздері шоғырланған. Сирек кездесетін жерлерді алу және өңдеу технологияларын жетілдіру өнеркәсіптің өз шикізатына деген қажеттілігін қамтамасыз ету үшін, демек, жоғары технологиялар салаларын дамыту үшін қажет.

Иттрийді бөліп алу үшін жұмыста экстракциялық әдіс қолданылды. Экстрагенттер ретінде органикалық реагенттер және олардың оңай балқитын органикалық қосылыстары бар қоспалары зерттелді. Зерттеу нәтижелері бойынша Д2ЭГФҚ-ЖКҚ (ди-(2-этилгексил) фосфор қышқылы – жоғары карбон қышқылы) қоспасы иттрийдің сандық бөлінуін қамтамасыз ететін тиімді экстрагент ретінде таңдалды. Әр түрлі факторларға байланысты осы экстрагентпен иттрийдің бөлінуінің экстракциялық заңдылықтары зерттелді (pH , $V_{cy}:V_{org}$, C_{ex} , C_{Me} , $t^{\circ}C$). Экстракциядан кейінгі иттрийдің құрамы сулы фазада арсеназо I реактивімен фото-метриялық әдіспен анықталды. Органикалық фазадағы құрамы есептеу арқылы анықталды.

Қышқыл ортада иттрийдің бөліну дәрежесі 97,45% құрады. Сонымен қатар экстракцияны орындаудың оңтайлы шарттары келесідей болды: $pH=3,0$, сулы және органикалық фазалардың көлемдік қатынасы 1:10, экстрагенттегі Д2ЭГФҚ концентрациясы 10%, иттрийдің бастапқы концентрациясы $C_{Me}=10^{-4}$ М, экстракция температурасы 40-60 $^{\circ}C$. Алынған нәтижелер құрамында иттрий бар кендерді Д2ЭГФҚ-ЖКҚ экстрагентімен еріткеннен кейін алынған ерітінділерден иттрийді бөлудің тиімділігін көрсетеді.

Негізгі сөздер: иттрий, сирек жер металдары, экстракция, экстрагент, спектроскопиялық анықтау.

Кіріспе. Иттрий – лантанның химиялық аналогы. Иттрий сирек жер металдарының қатарына жатады. Сирек жер металдарының, иттрийді қоса алғанда жер қыртысындағы орташа қосынды мөлшері 10 $^{-2}$ % және шашыраңқы таралған [1].

Сирек жер металдары – бұл ХХІ ғасырдың алтыны. Иттрий және басқа да сирек жер металдары электроника, металлургия, атомдық энергетика, электротехника, ғарыштық және ракеталық техника, жоғары өткізгіштер өндірісі, оптикалық-талшықты байланыс, арнайы болат өндірісі, машина жасау, аспап жасау, химиялық, шынылы және керамикалық өндірістер және тағы да басқа салалардың дамуына ықпал жасап, олардың сапасына қойылатын талаптарды күшейтеді. Иттрий және тағы да басқа СЖМ жоғары техникалық салалардың дамуында үлкен маңызға ие. Олар электрондық және электрооптикалық салаларындағы, ақпараттық технологиялар, биомедицина, қоршаған ортаны қорғау, энергия үнемдеу салаларындағы материалдар өндірісінде негізгі рөл атқарады. Сонымен қатар, мұнай өндірісінде катализаторлар дайындауда, тұрақты магниттер, жоғары сапалы әйнектер, талшықты оптика, лазерлер, электромобильдер, кино- және фотоаппаратураларға ұзақ мерзімді эксплуатациялы аккумулятор батареяларын жасауда кеңінен қолданылады. Және СЖЭ-нің құны бойынша қолданылудың ауқымды облысы – люминофор өндірісі (иттрий өтімінің ауқымды нарығы), бұлар теледидар, компьютер мониторларын жасау, компактті лампалар жасауда кеңінен қолданылады [2,4].

Иттрий қазіргі таңда «Дәрумендердің дәрумені» ретінде қолданылады. «Болат дәрумендері» деп хром, ванадий, молибден және басқа да легирлеуші металдарды айтады. Иттрийдің аз мөлшерінің қосылуы осы «дәрумендердің» қасиетін одан ары жақсартады. Иттрий никель, хром, темір, молибден негізіндегі қорытпалардың отқа төзімділігін арттырады, баяу балқитын металдар – ванадий, тантал, вольфрам және олардың негізіндегі

қорытпалардың иілгіштік қабілетін өсіреді, титанды, мысты, магнийлі және алюминийлі қорытпаларды едәуір беріктендіреді. Жоғары коррозиялы беріктілікке ие жеңіл магний-иттрийлі қорытпадан (9% иттрий) ұшу аппараттарының әртүрлі бөлшектері мен түйіндерін дайындайды [3,4].

Елімізде иттрийдің шикізат қоры бар болуы және оны бөліп алу технологияларының жетілдіру жұмыстарының жүргізілуі Қазақстанның СЖМ-ды экспортқа шығарушы елдердің ішінде көшбасшы болуына мүмкіндік береді. Қазақстан үшін сирек металдардың кен орындарын игеру және олардың негізіндегі өндіріс – еліміздің индустриялық-инновациялық дамуының жаңа бағыты болып табылады, бұл республикада жоғары технологиялық өндірістерді құруға әкеледі және ол еліміздің әлемдегі СЖМ нарығында өз орнын табуға мүмкіндік береді.

Иттрий сирек жер металдарының қатарына жататындықтан, жер қыртысында жекелей емес, кен түрінде басқа да сирек жер металдарымен араласқан күйде кездеседі. Сондықтан, оны бөліп алудың барынша эффективті әдісін қолдану маңызды.

Сирек металдар - өндірісіндегі қазіргі жағдайдың ерекшелігі: нарықтық экономика жағдайларында тұтынушылардың сұраныстары уақыт бойынша да, өнім номенклатурасы бойынша да үнемі өзгеріп отыруда. Сонымен қатар, 3-4 сирек жер элементтерін алу үшін басқа да қалған элементтерді бір уақытта окшаулау арқылы барлық концентраттың толық бөлінуін жүргізуге тура келеді.

Өкінішке орай, табиғатта тек церий, тек лантан немесе тек иттрий бар кендер жоқ. Бұл СЖЭ-нің мәні болып табылады: табиғатта олар жеке емес, 17 элемент түрінде кездеседі [10].

Иттрийдің перспективалы шикізат көзі болып алюминий өндірісінің қызыл шламы, красноуфим монациті, апатит [5,7], пайдаланылған люминесцентті лампалар сияқты [8] т.б. өнеркәсіптік қалдықтар саналады.

СЖМ мен иттрий концентратының ұтымды технологиясын жасау үшін оны құрамында сапасы мен саны бойынша тұрақты емес бірнеше өнімі бар кешенді шикізат ретінде қарастыру керек [12].

Иттрийді ерітіндіден бөлу және концентрлеудің қазіргі таңда тұндыру, сорбциялық, экстракциялық, электрхимиялық және хроматографиялық әдіс-тәсілдері бар.

Иттрий және басқа да СЖМ-ды бөлудің заманауи сызбалары барынша эффективті әдістерді: сұйық экстракция, ион алмасу және ионды флотацияны қолдануға негізделген [1].

СЖМ-ның концентраттары немесе кальцирленген қалдықтар әдетте бейорганикалық қышқылдармен өңделеді, содан кейін сілтісіздендірілген ерітіндіден жеке сирек жер элементтері немесе осы металдардың қоспалары сұйық экстракция әдісімен бөлінеді. Экстракциялау үшін әртүрлі класты коммерциялық экстрагенттер пайдаланылады [10].

Сұйық экстракция кезінде ерітінді компонентті органикалық фазаға ион алмасу реакциялары (ион алмастырғыш экстрагенттер) немесе сольватация арқылы (нейтралды экстрагенттер, мысалы, ТБФ) бөлінеді. Флотация процесінде БАЗ бейорганикалық ионмен өзара әрекеттеседі және көбікпен бірге ерітіндіден жойылуы мүмкін. Гидрат түзілудің төменгі рН аймағында, металл катионы органикалық фазаға катионалмастырғыш реагенттермен ауысады [9].

СЖМ технологиясында әртүрлі экстракциялық жүйелер және барлық негізгі класстардағы (бейтарап экстрагенттер, органикалық қышқылдар және негіздер) экстрагенттер қолданылады [5]. Иттрийді экстракциялық бөлуде катионалмастырғыш экстрагенттерді қолдану тиімді [6].

Экстракция процесі таралу коэффициенті және бөліну дәрежесімен, сонымен қатар оңай автоматтандырылуымен ерекшеленеді. Әдістің жоғары сезімталдығы, концентрацияларының диапазонының кеңдігі, экспрестілігі сынды артықшылықтары объект құрамында өте аз концентрацияда кездесетін сирек және сирек жер металдарының концентрациясын бірнеше есе жоғарылатуға мүмкіндік туғызады. Сонымен қатар экстракция процесінің жұмысшы температураның төмен болуы, сұйытылған ерітіндіден бағалы

құраушыны немесе қажетсіз қоспаны бөліп алу тиімділігі, қайнау температурасы жақын заттарды бөлу және ректификациялы біріктіру мүмкіндігі сияқты және т.б. артықшылықтары бар. Экстракциялау үшін алынған экстрагенттер таңдамалылық, жылдам қалпына келу, бастапқы еріткіштен тығыздығы немесе тұтқырлығы бойынша өзгешелік, төмен ұшқыштық, улы болмау және т.б. осындай ерекшеліктерге ие болуы керек.

Зерттеу жұмысының негізгі мақсаты иттрийдің түрлі катионалмастырғыш экстрагенттермен экстракциясын қарастырып, олардың ішінде иттрийдің жақсы бөлінуін қамтамасыз ететін тиімді экстрагентпен оның экстракциялық заңдылықтарын зерттеу, тиімді жағдайды пайдаланып нақты объект құрамынан иттрийді бөліп алу.

Тәжірибелік бөлім. Экстракция процесі табиғаты әр түрлі органикалық экстрагенттермен жүргізілді, яғни құрамында (III) иттрий бар стандартты ерітіндінің нақты көлеміне белгілі көлемде экстрагент араластырылып, белгілі уақыт аралығында зерттеуге үлгі алынып отырды. Экстракция процесінен кейінгі металл концентрациясы спектрофотометриялық әдіспен анықталды.

Жұмыста иттрий оксидінің стандартты ерітіндісі пайдаланылды. Иттрийдің стандартты ерітіндісін [8] әдістемесі бойынша 110°C температурада кептіргіш шкафта тұрақты массаға дейін кептірілген иттрий оксидін хлорсутек қышқылы (1:1) ерітіндісінде 250-300°C температураға дейін қыздыру арқылы дайындадық.

Үш валентті иттрий өте әлсіз хромофорлы қасиеттерімен сипатталатындықтан, барлық сезімтал фотометриялық әдістер оны боялған органикалық реагенттермен анықтауға негізделген. Олардың ішінде құрамында азо- және арсенотоптары бар реагенттер маңызды болып келеді. Иттрий арсеназо I реагентімен анықталды.

Концентрациясы $C=1,21185 \cdot 10^{-4}$ моль/л иттрийдің ерітіндісі фотометриялық әдіспен градуирлеу графигін тұрғызу үшін таңдалынып алынды.

Әдістеме сипаттамасы: иттрийдің стандартты ерітіндісінен 2 мл, 4 мл, 6 мл, 8 мл және 10 мл аликвот алып сыйымдылығы 50 мл-лік 5 өлшем колбасына құяды. Әрбір колбаға 3 мл арсеназо I ерітіндісін және 10 мл буфер құйып, белгіге дейін сумен жеткізеді. Нөлдік ерітіндісіне қарасты әрбір колбадағы ерітіндінің оптикалық тығыздығы өлшенеді. Нөлдік ерітіндіде реагенттерді қосу реті дәл жоғарыдағыдай сақталады, тек иттрийдің стандартты ерітіндісі болмайды. Ерітінділердің оптикалық тығыздығы толқын ұзындығы $\lambda=590$ нм, $l=1$ см тең болатындай КФК-2МП (фотоэлемент Ф-26 және фотодиод ФД-24К) фотоколориметр қондырғысында өлшеніп, алынған нәтижелер бойынша градуирлеу графигі тұрғызылады.

Иттрийді экстракциялық әдіспен бөліп алуда экстракциялаушы реагент ретінде түрлі жеңіл балқитын органикалық қосылыстар мен олардың қоспалары (Д2ЭГФҚ, ЖКҚ, Д2ЭГДТФҚ, НҚ, ПгҚ, ТБФ, ТЭФҚ) сыналды, еріткіш ретінде керосин мен ЖКҚ қолданылды.

Тәжірибе барысы: сыйымдылығы 50-100 мл 5 стаканға концентрациясы $C=2,4237 \cdot 10^{-4}$ М болатын ерітіндіден 10 мл аликвот алып, әр стаканға 40 мл-ге дейін дистилденген су құйып, сәйкесінше рН келтіреді. рН келтіргеннен кейін сыйымдылығы 50 мл-лік өлшем колбаларына ауыстырып, белгіге дейін сумен жеткізіп, жақсылып араластырып концентрациясы $C=1,21185 \cdot 10^{-4}$ М жұмысшы ерітіндісін дайындайды.

Ерітіндіні бөлгіш воронкаға ауыстырып, үстіне 5 мл экстрагент құйып, воронканың тығынын жауып, 3-5 мин вертикальды шайқайды. Содан кейін тығынын ашып 20-30 мин күтеді.

Экстракцияны қатты экстрагентпен жүргізгенде ерітіндіні экстракциялық колбаға ауыстырып үстіне $\frac{V_{орг}}{V_{су}}=1:10$ қатынасы сақталатындай 5 г экстрагент қосылады. Ерітінді мен экстрагент қоспасы бар экстракциялық колбаны қыздыру пешінде экстрагент ерігенше қыздырып (ерітінді қайнап кетпеуі тиіс), 3 минуттай жақсылап араластырады, содан кейін қатты фаза ерітінді бетіне қатты таблетка түрінде қатқанша күтеді (30 минут).

Екі фаза толық бөлінгеннен кейін сулы фазаның тепе-теңдік рН өлшенеді. Ерітіндіден 10 мл аликвот алып, әдістеме бойынша бояп, фотометрде оптикалық тығыздығын өлшеп, әрі қарай экстракциялық шамаларға есептеулер жүргізіледі.

Зерттеу нәтижелері және талқылау. Иттрийді экстракциялық әдіспен бөліп алуда экстракциялаушы реагент ретінде түрлі жеңіл балқитын органикалық қосылыстар мен олардың қоспалары (Д2ЭГФҚ, ЖКҚ, Д2ЭГДТФҚ, НК, ПгҚ, ТБФ, ТЭФҚ) сыналды, еріткіш ретінде керосин мен ЖКҚ (жоғары карбон қышқылдары) қолданылды.

Металдардың сұйық экстракциясының кемшілілігі – фазалардың қиын бөлінуінде, соған орай иттрийдің аталған экстрагенттермен жеңіл балқитын органикалық еріткіштер (ЖКҚ) қатысында экстракция процесі қарастырылды. Бұл жағдайда металды тек қана сулы фазада емес, органикалық фазада да рентгенфлуоресцентті әдіспен анықтауға болады, ол әдістің талабы – алынған органикалық фаза қатты және гомогенді болу керек. Сол себепті қаттылық үшін жүйеге парафин қосылды.

Алдымен жоғарыда аталған экстрагенттер көмегімен иттрийдің стандартты ерітіндісінің экстракциясы зерттелініп, иттрийдің тиімді бөлінуін қамтамасыз ететін экстрагент таңдалып алынды. Иттрийдің әртүрлі экстрагенттермен максималды бөліну дәрежесі 1 – кестеде көрсетілген.

1-кесте. Иттрийдің әр түрлі экстрагенттермен максималды бөліну жағдайы

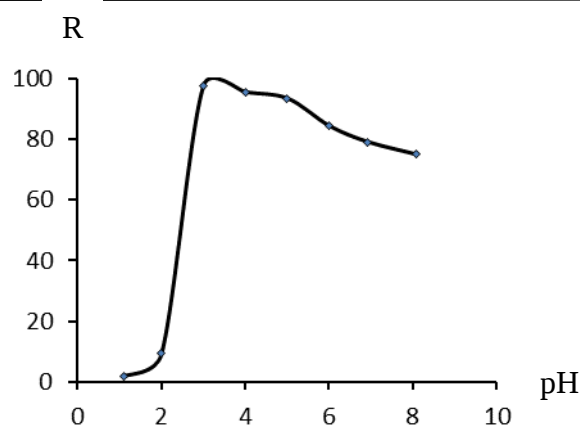
№	Экстрагент түрлері	Максималды бөліну дәрежесі, %
1	Нафтен қышқылдары	61,13
2	Пеларгон қышқылы	55,89
3	ЖКҚ	86,55
4	Д2ЭГДТФҚ	92,65
5	Д2ЭГФҚ	94,54
6	Триэтилэфир фосфор қышқылы	13,04
7	ТБФ	8,59
8	ЖКҚ+ Д2ЭГФҚ	97,45
9	Д2ЭГФҚ (10%) – ЖКҚ – парафин	90,46

Сонымен, зерттеу нәтижелері бойынша иттрийдің сандық толық бөлінуін қамтамасыз ететін тиімді экстрагент болып – Д2ЭГФҚ-ЖКҚ қоспасы таңдалынды, яғни оның қатысында иттрийдің максималды бөліну дәрежесі $R=97,45\%$ -ды құрайды.

Экстракция процесінің эффективті жүруіне бірнеше факторлар әсер етеді. Ондай факторларға процесс барысында қолданылатын экстрагенттің табиғаты, құрылым-құрамдық ерекшеліктері, металл концентрациясы, ерітіндінің қышқылдық ортасы, органикалық фаза экстрагент пен сулы фаза ерітіндінің қатынасы, жүйе температурасы және т.б. факторларды жатқызуға болады. Сондықтан, иттрийдің таңдалынып алынған тиімді экстрагентпен бөлінуіне бірнеше факторлардың әсеріне зерттеу жүргізілді.

Иттрийдің экстракциясына орта қышқылдығының (рН) әсері

Иттрийдің Д2ЭГФҚ-ЖКҚ экстрагентімен бөліну дәрежесінің ортаның қышқылдығына тәуелділік графигі 2-суретте келтірілген.



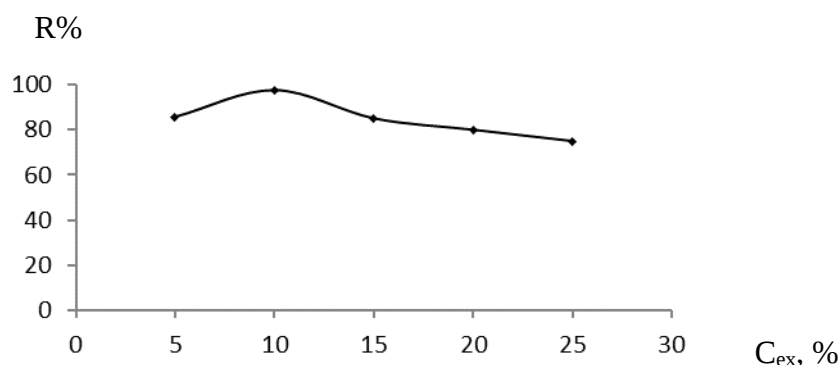
$$V_{\text{cy}}:V_{\text{орг}} = 1:10; C_{\text{ex}} = 10\%; C_{\text{Me}} = 10^{-4} \text{ M}, t^{\circ}\text{C} = 40-60$$

2-счета. Ортаның қышқылдығына (pH) байланысты иттрийдің Д2ЭГФҚ-ЖКҚ экстракциясы

2-счета иттрийдің Д2ЭГФҚ-ЖКҚ экстрагентімен сандық толық бөлінуі ортаның қышқылдығы $\text{pH} = 3,0$ болғанда максималды мәнге жететінін көреміз. Яғни, ортаның қышқылдығының бұл мәнінде экстрагенттің иттрийге селективтілігі артып, металдың сулы фазадан органикалық фазаға толық ауысуы жүзеге асырылады.

Иттрийдің Д2ЭГФҚ-ЖКҚ экстрагентімен бөліну дәрежесіне экстрагент концентрациясының әсері

Иттрийдің экстрагентпен сандық толық бөлінуіне экстрагент концентрациясы да әсер етеді. Д2ЭГФҚ-ның 5%, 10%, 15%, 20% және 25%-дық концентрациялары дайындалды. Иттрийдің Д2ЭГФҚ-ЖКҚ экстрагентімен экстракциялануына экстрагент концентрациясының әсері 3 – счета келтірілген.



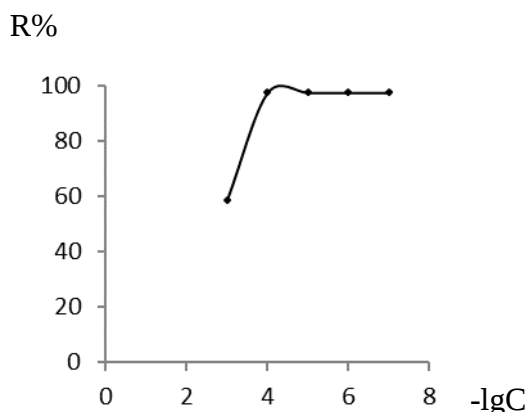
$$V_{\text{орг}}:V_{\text{cy}} = 1:10; \text{pH} = 3,0$$

3-счета. Бөліну дәрежесіне Д2ЭГФҚ (C_{ex}) концентрациясы әсері

3-счета бойынша иттрийдің толық бөліну дәрежесінің мәні экстрагенттің концентрациясы 10%-ға тең болғанда максималды болды.

Иттрийдің экстракциясына металл концентрациясының әсері

Экстракция процесіне металл концентрациясының әсері 4-счета көрсетілген.



$V_{\text{орг}}:V_{\text{cy}} = 1:10$; pH = 3,0; $C_{\text{ex}} = 10\%$

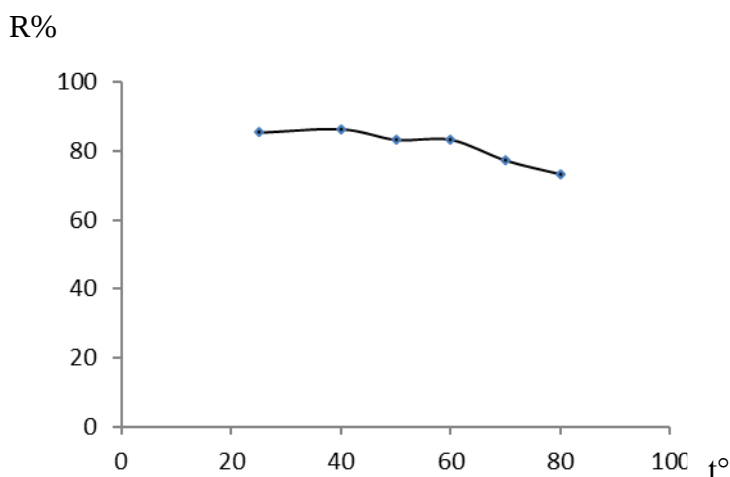
4-сурет. Экстракция процесіне металл концентрациясы әсері

4-сурет бойынша металл концентрациясы $C_{\text{ме}}=10^{-4}$ М болғанда иттрийдің толық бөлінуі жүреді. Ары қарай ерітіндіні сұйылтсақ тәуелділік аз өзгереді, яғни сұйылтқан сайын металл концентрациясы экстракция процесіне әсер етпейді, оптималды концентрация – $C_{\text{ме}}=10^{-4}$ М болып таңдалынды.

Экстракция процесіне температура ($t^{\circ}\text{C}$) әсері

Экстракция процесіне бірден-бір әсер ететін фактор – ол температура. Экстрагент қатты фазада болғандықтан, экстракция процесін жүргізуде ерітінді мен экстрагент гомогенді фазада болуы қажет. Сондықтан, экстрагентті сұйық фазаға ауыстыру үшін температура мәнін жоғарылатамыз. Температура 25-пен 80°C аралығында өзгерді.

Температураның әртүрлі мәндеріндегі иттрийдің бөлінуі 5 – суретте келтірілген.



$V_{\text{орг}}:V_{\text{cy}} = 1:10$; pH = 3,0; $C_{\text{ex}}=10\%$; $C_{\text{ме}} = 10^{-4}\text{M}$

5-сурет. Бөліну процесіне температура әсері

5-суретте көрініп тұрғандай, иттрийдің экстракциясының сандық толық жүру температурасы $40-60^{\circ}\text{C}$ аралығы, бұл температурада экстрагент қатты фазадан сұйық фазаға ауысып, металл ерітіндісі – экстрагент жүйесі гомогенденеді.

Сонымен, иттрий стандартты ерітіндісінен иттрийді бөліп алуына әртүрлі факторлардың әсерін зерттей отырып ықтималды мәндер нәтижелері 2-кестеде топтастырылған.

2-кесте. Иттрийдің бөлінуіне ықтималды жағдайлар

Экстрагент түрі	Д2ЭГФҚ-ЖКҚ
Ортаның қышқылдығы pH	3,0
Фазалар қатынасы $V_{\text{орг}}: V_{\text{су}}$	1:10
Экстрагент концентрациясы C_{ex}	10%
Металл концентрациясы C_{me}	10^{-4} М
Температура $t^{\circ}\text{C}$	40-60
Бөліну дәрежесі	97,45%

Зерттеуде алынған нәтижелер бойынша кен құрамынан иттрийді тиімді бөліп алуға мүмкіндік болады.

Осы мақсатта таңдап алынған ықтималды параметрлерді пайдала отырып, зерттеу объектісі Ақтөбе облысында орналасқан Ақтөбе фосфоритті бассейнінің орталық бөлігіндегі үлкен аумақты қамтыған Шиелісай кенінен алынған үлгінің экстракциясы жүргізілді. Кен батпақ түсті, ұнтақ тәрізді. Суда ерігіштігі өте нашар. Кеннің сыртқы көрінісі 6 – суретте көрсетілген.



6-сурет. Шиелісай кені

Кеннің құрамындағы иттрийдің сандық мөлшерін анықтау үшін рентгенқұрылымдық талдау жүргізілді. Зерттеу объектісінің элементтік құрамы 3 – кестеде көрсетілген.

3-кесте. Шиелісай кенінің элементтік құрамы

Элемент	Концентрация, %
Fe	5,87
Mn	0,08
Ca	49,19
K	0,52
Sr	1,02
P	14,99
Y	0,12
Ti	0,04
Cr	0,00
Al	20,36
Si	7,81

Зерттеу нысанынан иттрийді бөліп алу үшін жоғарыдағы зерттеу нәтижелері бойынша иттрийдің бөлінуіне ықтималды жағдайларды қолдана отырып, экстракция процесі жүргізілді. Ары қарай иттрийдің анықталуына кедергі келтіретін иондар бүркемеленіп, экстракция процесі иттрийдің бөліну дәрежесі $R=96,60\%$ нәтижесімен аяқталды.

Иттрийдің оңтайлы жағдайда толық бөлінуіне селективті экстрагент ретінде Д2ЭГФҚ-ЖҚК экстрагент қоспасы анықталды және үлгіге сынауда жақсы нәтиже көрсетті.

Қорытынды. Зерттеу жұмысында иттрийдің әртүрлі органикалық экстрагенттермен экстракциясы жүргізілді. Зерттеу нәтижесі бойынша экстрагенттер ішінен Д2ЭГФҚ-ЖҚК қоспасы ($R=97,45\%$) тиімді экстрагент болып табылды.

1. Иттрийдің Д2ЭГФҚ-ЖҚК қоспасымен экстракциясы процесіне әр түрлі сыртқы факторлардың әсері зерттелініп, иттрийдің тиімді бөлінуінің экстракциялық заңдылықтары орнатылды. Яғни, иттрийдің максималды бөліну дәрежесі ($R=97,45\%$) ортаның қышқылдығы $pH = 3$ және фазалар қатынасы $V_{орг}:V_{су} = 1:10$, экстрагент концентрациясы $C_{ex} = 10\%$ және металл концентрациясы $C_{Me} = 10^{-4}$ М жағдайында, температура $t^{\circ}C=40-60$ аралығында болған кезде анықталды.

2. СЖМ қоспасынан, яғни Ақтөбе фосфоритті бассейніндегі үлкен аумақта таралған Шиелісай кені құрамынан иттрийді экстракциялық әдіспен бөліп алу процесі жүргізілді. Таңдалып алынған тиімді жағдайларды қадағалай отырып жүргізілген экстракция процесі нәтижесінде кен құрамынан иттрий $96,60\%$ бөлінді.

3. Зерттеу нәтижелері бойынша сыналған Д2ЭГФҚ-ЖҚК экстрагент қоспасы кендер құрамында ілеспе күйінде кездесетін иттрийді тиімді бөліп алуға мүмкіндігі бар.

ӘДЕБИЕТТЕР

- [1] Букин В.И., Зими́на Г.В., Николаева И.И., Таук М.В. Разделение редкоземельных металлов жидкостной экстракцией // Цветные металлы. – 2015. – Вып.2. – С. 64-69.
- [2] Xiaochen S., Kun Y., Yawen Zh. Advances and prospects of rare earth metal-organic frameworks in catalytic applications // Journal of Rare Earths. – 2020, 38(8). – P. 801-818.
- [3] Кондратьев В.Б. Глобальный рынок редкоземельных металлов // Горная промышленность. – 2017. – №4(134). – С. 48-54.
- [4] Reddy, D. V. K., Rao, T. S., Taherunnisa, S., Suchocki, A., Zhydachevskyy, Y., Piasecki, M., & Reddy, M. R. Tunable white light by varying excitations in yttrium alumino bismuth borosilicate glasses co-doped with Dy^{3+} - Eu^{3+} for cool WLED applications // Journal of Non-Crystalline Solids. – 2019, 513. – P. 167-182.
- [5] Пягай И.Н., Медянкина И.С., Скачкова О.В., Пасечник Л.А., Скачков В.М., Сабирзянов Н.А., Яценко. С.П. Экстракционное извлечение иттрия из кислых растворов // Химическая технология. – 2016. – Т.17. – Вып.9. – С. 403-407.
- [6] Deqian, L. I. Development course of separating rare earths with acid phosphorus extractants: A critical review // Journal of Rare Earths. – 2019, 37. – Issue 5. – P. 468-486.
- [7] Вальков А.В., Сергиевский В.В., Степанов С.И., Чекмарев А.М. Красноуфимский монацит как сырье для производства редкоземельных элементов и удобрений // Цветные металлы. – 2012. – Вып.3. – С. 21-23.
- [8] Innocenzi, V., De Michelis, I., Ferella, F., & Vegliò, F. Secondary yttrium from spent fluorescent lamps: Recovery by leaching and solvent extraction // International Journal of Mineral Processing. – 2017, 168, 87–94.
- [9] Чиркст Д.Э., Литвинова Т.Е., Лобачёва О.Л., Луцкий Д.С., Тойкка М.А. извлечение церия (III) и иттрия (III) из нитратных сред методами ионной флотации и жидкостной экстракции // Вестник СПбГУ. – 2010. – Вып.3. – С. 135-138.
- [10] Swain, N., & Mishra, S. A review on the recovery and separation of rare earths and transition metals from secondary resources // Journal of Cleaner Production. – 2019, 220. – P. 884-898.
- [11] Локшин Э.П., Калинин В.Т., Тареева О.А. Извлечение редкоземельных элементов из промпродуктов и техногенных отходов переработки хибинского апатитового концентрата // Цветные металлы. – 2012. – Вып.3. – С. 75-80.
- [12] Valentina I., Ida D.M., Bernd K., Francesco V. Yttrium recovery from primary and secondary sources: A review of main hydrometallurgical processes // Waste Management. – 2014, 34. – Issue 7. – P.1237-1250.

REFERENCES

- [1] Bukin V. I. *et al.* (2015) *Non-ferrous metals*, 2, pp. 64-69.
- [2] Sun, X., Yuan, K. and Zhang, Y. (2020) 'Advances and prospects of rare earth metal-organic frameworks in catalytic applications', *Journal of Rare Earths*. Elsevier Ltd, 38(8), pp. 801-818. doi: 10.1016/j.jre.2020.01.012.
- [3] Kondratev V. B. (2017) 'Global Rare Earth Metals Market', 4(134), pp. 48-54.
- [4] Reddy, D. V. K. *et al.* (2019) 'Tunable white light by varying excitations in yttrium aluminobismuth borosilicate glasses co-doped with Dy 3+ -Eu 3+ for cool WLED applications', *Journal of Non-Crystalline Solids*. Elsevier, 513(January), pp. 167-182. doi: 10.1016/j.jnoncrysol.2019.03.011.
- [5] Pyagai I. N. *et al.* (2016) *Chemical Technology*, 17(9), pp. 403-407.
- [6] Li, D. (2019) 'Development course of separating rare earths with acid phosphorus extractants: A critical review', *Journal of Rare Earths*. Chinese Society of Rare Earths, 37(5), pp. 468-486. doi: 10.1016/j.jre.2018.07.016
- [7] Valkov A. V. *et al.* (2012) *Non-ferrous metals*, 3, pp. 21-23.
- [8] Innocenzi, V. *et al.* (2017) 'Secondary yttrium from spent fluorescent lamps: Recovery by leaching and solvent extraction', *International Journal of Mineral Processing*. Elsevier B.V, 168, pp. 87-94. doi: 10.1016/j.minpro.2017.09.017.
- [9] Chirkst D. E. *et al.* (2010) *Vestnik SPBU*, 3, pp. 135-138.
- [10] Swain, N. and Mishra, S. (2019) 'A review on the recovery and separation of rare earths and transition metals from secondary resources', *Journal of Cleaner Production*. Elsevier Ltd, 220, pp. 884-898. doi: 10.1016/j.jclepro.2019.02.094.
- [11] Lokshin E. P. *et al.* (2012) *Non-ferrous metals*, 3, pp. 75-80.
- [12] Innocenzi, V. *et al.* (2014) 'Yttrium recovery from primary and secondary sources: A review of main hydrometallurgical processes', *Waste Management*. Elsevier Ltd, 34(7), pp. 1237-1250. doi: 10.1016/j.wasman.2014.02.010.

A.T. Telman, A.G. Ismailova*, N.A Adilhan

al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

*e-mail: Akmaral.Ismailova@kaznu.kz

EXTRACTION OF YTTRIUM

Abstract. The demand for yttrium and other rare metals in many branches of technology, as well as in the chemical industry, is growing every year. The Republic of Kazakhstan possesses raw material sources of rare earths of the yttrium group. The improvement of technologies for the extraction and processing of rare earths is necessary to meet the needs of the industry for its own raw materials and, therefore, for the development of high-tech industries.

To extract yttrium, an extraction method was used in this work. Organic reagents and their mixtures with low-melting organic compounds were tested as extractants. According to the results of the study, a mixture of D2EHPA-HCA (di-(2-ethylhexyl) phosphoric acid and higher carboxylic acids) was chosen as an effective extractant providing the quantitative extraction of yttrium. The extraction patterns of yttrium extraction by this extractant were studied depending on various factors (pH, $V_w:V_{org}$, C_{ex} , C_{Me} , $t^\circ C$). The yttrium content after extraction was determined in the aqueous phase by the photometric method with the arsenazo I reagent. The content in the organic phase was determined by calculation.

In an acidic environment, the yttrium recovery rate was 97,45%. In this case, the optimal conditions for the extraction were as follows: pH = 3.0, the volumetric ratio of the aqueous and organic phases 1:10, the concentration of D2EHPA in the extractant 10%, the initial concentration of yttrium $C_{Me} = 10^{-4} M$, the temperature of the extraction 40-60°C. The results obtained show the efficiency of yttrium extraction from solutions obtained after dissolving yttrium-containing ores with the extractant D2EHPA-HCA.

Keywords: yttrium, rare earth metals, extraction, extractant, spectroscopic determination.

А.Т. Тельман, А.Г. Исмаилова*, Н.А. Адилхан

Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан

*e-mail: Akmaral.Ismailova@kaznu.kz

ЭКСТРАКЦИОННОЕ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ИТТРИЯ

Аннотация. Потребность в иттрии и других редких металлах во многих отраслях техники, а также в химической промышленности растет с каждым годом. Республика Казахстан располагает сырьевыми источниками редких земель иттриевой группы. Совершенствование технологий извлечения и переработки редких земель необходимо для обеспечения потребности промышленности в собственном сырье и, следовательно, для развития отраслей высоких технологий.

Для извлечение иттрия в работе использовался экстракционный метод. В качестве экстрагентов были испытаны органические реагенты и их смеси с легкоплавкими органическими соединениями. По результатам исследования в качестве эффективного экстрагента, обеспечивающего количественное извлечение иттрия, была выбрана смесь Д2ЭГФК-ВКК(ди-(2-этилгексил) фосфорная кислота – высшие карбоновые кислоты). Изучены экстракционные закономерности извлечения иттрия этим экстрагентом в зависимости от различных факторов (рН, $V_{\text{вода}}:V_{\text{орг}}$, C_{ex} , C_{Me} , $t^{\circ}\text{C}$). Содержание иттрия после экстракции определяли в водной фазе фотометрическим методом с реагентом арсеназо I. Содержание в органической фазе определяли расчетным способом.

В кислой среде степень извлечения иттрия составила 97,45%. При этом оптимальные условия проведения экстракции были следующими: рН = 3,0, объемные соотношения водной и органической фазы 1:10, концентрации Д2ЭГФК в экстрагенте 10%, исходная концентрация иттрия $C_{\text{Me}} = 10^{-4}$ М, температура проведения экстракции 40-60 $^{\circ}\text{C}$. Полученные результаты показывают эффективность извлечение иттрия из растворов, полученных после растворения иттрийсодержащих руд экстрагентом Д2ЭГФК-ВКК.

Ключевые слова: итрий, редкоземельные металлы, экстракция, экстрагент, фотометрическое определение.

¹M.R. Shautenov*, ²K.A. Nogaeva, ³G.E. Askarova, ¹Ye.I. Kuldeyev

¹Satbayev University, Almaty, Kazakhstan

²Kyrgyz State University of Geology, Mining and Development of Natural Resources named after U. Asanaliyev, Kyrgyzstan

³al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

*e-mail: Shautenov_m@mail.ru

ENRICHMENT IN A HYDROCONCENTRATOR

Annotation. The technological study of gold-bearing ores consists mainly of analysis and experiments necessary to determine the material composition of ores and the technology for extracting precious metals and other valuable components from them.

The ultimate goal of the study is to develop a technology for the maximum recovery of all commercially valuable components from economically viable ores while meeting safety requirements. Technological study of gold ores mainly consists of analysis and experiments necessary to determine the composition of the material, ores and technology for extracting precious ores, metals and other valuable components from them [1].

The ultimate goal of the study is to develop a technology to maximize the recovery of all commercially valuable components from economically viable ores while meeting safety requirements. The object of research is the Vasilkovskoye field.

The enrichment process is a single system in which the individual elements are interconnected. High results can be achieved only taking into account a systematic approach that takes into account the interaction of system elements, i.e. in this case, the whole complex of processes.

Keywords: ore, beneficiation, scheme, crushing, screening, classification.

The schemes and modes of concentration of gold-bearing ores depend significantly on their mineral composition, destruction, presence or absence of impurities that complicate the extraction of gold, as well as on the size of gold particles.

Research of gold-bearing ores at the stage of preliminary exploration is carried out, as a rule, on a laboratory scale. The developed technological schemes are checked by carrying out enlarged laboratory experiments in a closed loop.

Technological research is also carried out in the course of operational exploration. The obtained information about the material composition and technological properties of ores is used for operational quality control of raw materials sent to the factory and planning of processing results. At enterprises and institutes, research is carried out in order to improve the performance of ore processing at operating factories (reducing the loss of gold and other recoverable elements, improving the quality of concentrates, increasing the complexity of the use of raw materials, etc.). For this, new concentration and hydrometallurgical methods, more advanced schemes and treatment modes, new reagents and apparatuses are tested. Research is carried out both in laboratory and on a semi-industrial and industrial scale.

Despite the wide variety of technological studies, almost all of them are carried out in the following sequence:

- 1) familiarity with the relevant literature and reporting data;
- 2) sampling at a field or at a factory;
- 3) preparation of samples for research;
- 4) study of the material composition of ores;
- 5) technological experiments in the laboratory;
- 6) verification and refinement of the results obtained in the laboratory at semi-industrial continuously operating installations, experimental and industrial factories;
- 7) technical and economic assessment of work results and drawing up a report [3,7].

However, knowledge of traditional research methods does not yet guarantee success in technological research of gold and silver-bearing ores. The exceptional variety of ore material composition, different geographic and economic conditions of the deposit area, constantly increasing environmental requirements make each technological study unique and difficult. The object of research is often ores that have no analogues either among those processed by industry, or among those studied in laboratory conditions. There are frequent cases when a positive technological assessment of ores is possible only with the use of new processing methods. Certain difficulties arise in the study of foreign ores. Therefore, one of the indispensable conditions for creating an effective technology for processing gold and silver-containing ores is the creative attitude of performers to technological research.

The tasks of the integrated use of raw materials, the development of the processing of rare-metal ores necessitate the search for new effective methods to increase the extraction. Similar work is being carried out abroad. [6] Gravity beneficiation usually precedes flotation or cyanidation and is intended for those gold and silver particles that are not recoverable or are difficult to recover by these methods. These particles primarily include large particles of native metals. In recent years, the feasibility of gravitational extraction of small particles of gold and silver, especially those with surface coatings, has been proven.

The most common gravitational apparatus in gold recovery factories is a jigging machine; less often they use locks, drum (tube) concentrators, screw separators, concentration tables, short-cone hydrocyclones and a number of other devices. In some cases, for gold- or silver-bearing ores, concentration in heavy suspensions is effective. Technological processes for the production of gold have been improved over many centuries. Methods such as washing sand, disintegration by hand in stone mortars, millstones have been known since ancient times. Enrichment was carried out on primitive gutters, and gold was captured on the skins of wild animals.

Modern technology for processing gold-bearing ores includes two main stages: beneficiation and metallurgy. When enrichment, a combination of sequential technological operations is used: crushing, screening, crushing, disintegration and washing (for placers). gravity, flotation. Metallurgical processing of ores and concentrates includes cyanidation processes (or other leaching methods), amalgamation, roasting, smelting, sorption methods for extracting gold from pulp and solutions, extraction methods for concentrating gold from leaching solutions, precipitation of gold from solutions with reducing agents (cementation), electrolysis gold and leaching of difficult forms of gold and refining production [9,10].

In recent years, a typification of the ores of the deposits has been carried out, taking into account the technological factors of gold extraction. The classification is based on the separation of ores according to the size of the extracted gold: very coarse more than 0.3 mm finely dispersed less than 10 microns. The characteristics of the geometric forms of gold have been determined: isometric, lamellar, scaly, stick, indefinite, dendroid, crystalline. The concepts of surface cleanliness are highlighted: clean, partially covered with a film and with a continuous film. The boundaries of the persistence of mineral raw materials are indicated, when gold is considered difficult to recover: finely dispersed gold; in sulfides; antimony gold; arsenic gold; gold associated with clay and carbonaceous matter.

The processing of gold-bearing raw materials at all historical stages of the development of gold production was determined by: the presence in the ores of accompanying useful components of industrial importance; the content of oxidized and sulphide minerals in ores; the presence of components that complicate the processing technology; phase composition and size of gold particles [11, 13].

The main raw materials for gold production are:

- gold ores and placers;
- non-ferrous metal ores and polymetallic mineral raw materials;
- secondary raw materials (industrial and household scrap, waste);
- technogenic raw materials.

For the extraction of free gold, gravitational methods of concentration are used both from ore and from the products of its processing (tailings, cyanidation, cinders), using various gravitational devices for this. Until the 80s of the XX century. For the extraction of free gold, gravity was very often combined with amalgamation, but since the 80s in Russia, the use of amalgamation has been prohibited by law. Flotation methods are commonly used to recover gold from refractory and complex ores, complex ores and sulfide ores.

When processing gold-bearing refractory ores of the Vasilkovskoye deposits, the gravitational enrichment method is used. The ores are resistant to arsenic (arsenopyrite) and finely dispersed gold, a significant part of which is associated with both sulfides (mainly arsenopyrite) and rock-forming minerals. The most effective apparatus for the extraction of gold and heavy minerals is currently the jigging and enrichment of concentration tables and a centrifugal concentrator, which is used abroad - in Canada, the USA, Russia and other countries with a developed mining industry.

Evaluation of the gravitational concentration of coarse-crushed ore (up to 40-60mm) performed using fractional analysis revealed the possibility of separating the ore into heavy and light fractions. In the heavy fraction with a density of +2900 kg / m³ at a yield of 10.2%, up to 25% of all gold is extracted and up to 45% of sulfur and arsenic in the heavy fraction, in comparison with ore, is enriched in gold 2.4 times in sulfur and arsenic in 4.8 times. The results of gravitational enrichment methods (on a screw separator, a jigging machine, a concentration table) are shown in Tables 1-3.

Table 1. Results of enrichment experiments on a screw separator

Products	Output		Gold content, g / t	Gold weight, g	Distribution%
	g	%			
1 concentrate	43.0	2.15	21.5	0.4622	13.39
2 concentrate	65.0	3.15	7,6	0.2470	7.15
Tails	1892.0	94.6	2.9	2.7434	79.46
Ore	2000	100	3.5	3.4526	100

Table 2. Results of dressing experiments on a jigging machine

Products	Output		Gold content, g / t	Gold weight, g	Distribution%
	g	%			
1 concentrate	32	1.6	77	0.1232	5.76
2 concentrate	51	2.55	5.7	0.1454	6.8
Tails	1917	95.85	1.95	1.8690	87.44
Ore	2000	100	2.3	2.1376	100

Table 3. Results of enrichment experiments on a concentration table

Products	Output		Gold content, g / t	Gold weight, g	Distribution%
	g	%			
1 concentrate	29.0	1.45	11	0.1595	4.57
2 concentrate	48.0	2.4	4.5	0.1080	3.1
Tails	1923	96.15	3.35	3.2210	92.33
Ore	2000	100	3.5	3.4885	100

Studies have established the following: the gold extracted from the concentration products of the free particle has a size ranging from 10 to 50 microns, and the main part has a size less than 20 microns, this indicates that the bulk of the studied ore is very finely dispersed. In a series of initial jigging experiments, there was a desire to obtain richer gravity concentrates at a lower yield, which

was achieved by increasing the pulsation frequency and reducing the stroke of the diaphragm. The resulting primary concentrates were cleaned twice on a concentration table. In these experiments, the table concentrate yield was maintained at the level of 0.9-1.1%. The following results were obtained, shown in table 4.

Table 4. Results of experiments on jigging and cleaning on a concentration table.

No. of experiments	Yield of primary concentrate by jigging, %	The output of the cleaned concentrate, %	Gold content, g / t		Recovery of gold into concentrate, %
			In ore	In concentrate	
1	6.3	0.97	9.6	108	11.10
2	4.17	1.5	2.4	21.4	13.43
3	5.25	1.32	3.8	24.5	11.43

The results of the experiments, given in Table 4, were obtained at a diaphragm oscillation frequency of 295 per minute, a water flow rate of 5.22 dm³ / min and a diaphragm stroke of 10 mm. To improve the yield of the primary concentrate, the jigging mode was changed:

- the frequency of oscillations of the diaphragm is 224 per minute;
- aperture travel 6 and 4mm;

The water consumption is left unchanged. The refining operation was performed on a concentration table.

We also studied the concentration in centrifugal concentrators used for processing coarse-grained sands in the exploration of gold-bearing placer deposits [14, 19]. In recent years, centrifugal concentrators such as centrifuges have been recommended for use in concentrator schemes for the extraction of fine free gold from various products [16, 19, 22]. In Russia, work on centrifugal concentrators began in the 1950s at the All-Union Research Institute of Gold and Rare Metals (VNII-1) (29). However, the centrifugal separators developed at that time did not find application due to the complexity of the design and low technological parameters.

The following tasks are solved with the help of centrifugal apparatus:

- fine and fine gold lost by other devices is recovered;
- the uniformity of raw materials in terms of size and material composition is achieved;
- the content of the useful component in the raw material increases.

The pioneer of centrifugal separators is the centrifugal separator V.M. Man'kov, A.I. Chernysheva (USSR AS No. 878339, class B03B5 / 32, 1973), in which for the first time in the world the principle of a rotating double-walled conical bowl and with inter-reef water supply through slotted openings is implemented.

Work on the creation of centrifugal apparatuses for capturing fine gold during the enrichment of gold-bearing ores was also carried out in Canada and the USA. Designed by: Earl J. Young horizontal centrifuges, patented in Canada in 1981 and 1983 (No. 1.110.206 and 1.153.336) and the USA in 1981 and 1982 (4.265.743 and 4.347.130).

Double-wall centrifugal concentrators Falcone by Steve McAlister, tested in the field in British Columbia and patented in 1995 in the US Bureau of Certification No. 5.462.513. The development is based on the McNicol centrifuge, invented in 1935 in Australia.

The currently recommended industrial concentrator is a hemispherical bowl lined with a corrugated rubber insert [26, 25]. The bowl is mounted on a special platform (platform), which receives rotation from an electric motor through a V-belt transmission. The concentrator works periodically. To unload the concentrate captured by the corrugated rubber surface, the bowl is stopped and rinsed.

When working on coarse gold-bearing sands, the concentrator provides a reduction rate of up to 1000 times when recovering gold with a grain size of plus 0.25 mm to 96-98%. The concentrator-

centrifuge of continuous operation provides for the unloading of heavy grains settled on the wall of the rotor along spiral grooves upward due to the rotation of the pulp and the imposition of vibrations. The tailings are discharged using a siphon. The performance of such a concentrator is much lower.

A design of a centrifugal separator with periodic unloading of concentrate without stopping the rotation of the bowl has been proposed [25]. The fundamental difference of this design is that the concentrate is discharged through a system of slot-like holes evenly spaced on the side surface of the bowl. In the working position, the holes are closed with an elastic diagram, and when rinsing, they open and the concentrate is automatically discharged from the bowl by centrifugal force and water.

An effective design of centrifugal separators is the RS-400 rotary separator designed for mining drilling exploration samples and finishing sluice concentrates. A distinctive feature of the rotary separator is the provision of complex movement of the bowl with simultaneous rotation around its geometric center.

Attempts to use the RS-400 rotary separator for the processing of lock concentrates at concentrate concentrates have not yielded positive results due to low operational reliability, insufficiently high technological parameters and the inability to control the concentration modes.

Further development of centrifugal separators is the development of P.A. Bragin with employees of centrifugal-vivid concentrators, which provide an increase in the efficiency of material separation by creating a fluidized bed of material in a rotating conical bowl. Industrial designs of concentrators TsVK-460, TsVK-500, TsVK-900 and TsVK-1000 have been developed. Centrifugal concentrators of the company Nelson Concentrate (Knelson) are considered to be among the most advanced ones. They are available in a wide range of models with working body diameters from 3 "to 48". The productivity of the apparatuses is from several kg / h to 90 t / h [25, 26].

The fundamental difference between Knelson concentrators from other centrifugal concentrators is that in a weakly conical rotor, the settled mineral bed is additionally loosened with water supplied through perforations in the side wall of the rotor. These concentrators form the backbone of the intensive gravity technology offered by Intertech Corporation in mineral processing. The prospects for their use are associated with the processing of technogenic raw materials. This is evidenced by the results of the operation of concentrators at OJSC Norilsk Mining Company when extracting platinoids from various man-made materials and encouraging results of tests of concentrators at one of the dredges in Russia.

There are many more alternative installations, centrifuges "Itomak", Knudsen and Neff, jigging machines Gekko, "Goldfield", as well as concentrators Orokon, rotary separators, centrifugal-vibration concentrators of the "Grant" company (Naro-Fominsk, Russia), centrifugal devices with floating bed (Titan-TsKPP), concentrators A.B. Leitis, OKTB "Rotor", centrifugal-bubbling concentrator IRGIREDMET and centrifugal-jigging machines of SKB "GOM" and others.

Known centrifugal separator of the Tula plant "Rotor". Separator of JSC "Rotor" with a bowl diameter of 630 mm, made of ordinary ferrous metal, tested at the Gaiskaya concentrating plant on the sands of a short-cone hydrocyclone after removing the metal scrap. High efficiency of the separator and the possibility of obtaining a coarse concentrate containing up to 85 g / t of gold have been shown. The further development of this separator was the manufacture of a bowl from polyurethane and the improvement of the system for automatic regulation of feed and concentrate discharge.

The Krasnoyarsk State Academy of Nonferrous Metals and Gold has developed the KITsM centrifugal apparatus. This apparatus is distinguished by the centrifugal method of loosening the material layer. The cylindrical part of the rotor is made of an elastic material-tire, which is deformed by rollers for periodic even loosening of the material. There is a high extraction of fine (less than 0.04 mm) particles of noble metals.

The first Kazakhstan samples of laboratory (with a capacity of 500-1000 kg / hour for solid) centrifugal apparatus were manufactured in 1992 (CRITS "NTK", Stepnogorsk).

In 1993-1994. tests of laboratory samples of devices for enrichment of gold ores were carried out in the operating mode of the factories of NJSC "Altynalmas" - mines Aksu, Bestube, Zholymbet, AKBakai.

Centrifugal apparatus (the Kazakh version of the AGK aero hydroconcentrators) is a type of centrifuge, when in centrifugal fields in liquid or air-liquid media there is a separation of minerals by specific gravity. By the way, air at high pressures behaves like a liquid. Since the chemical composition and internal structure of minerals remain unchanged, this type of gravitational enrichment is usually called mechanical processing of minerals.

The first, like all subsequent ones, prototypes of Kazakhstani centrifugal apparatuses were developed, manufactured and tested in Stepnogorsk, Akmola region in the Kazakh-Russian engineering center "New Technologies to Kazakhstan", then in the Stepnogorsk engineering center and now in KRITS NTK LLP.

The disadvantages of existing centrifugal concentrators include the complexity of the design and operation, the need to stabilize the characteristics of the initial feed. The low efficiency of collecting plate-shaped particles in the Knelson centrifugal concentrator is noted. At the same time, the maximum losses of gold are observed in the smallest and largest grain sizes.

Adequate compaction of particles, loosening of the suspension by a counterflow of water (for example, in a Knelson separator) does not provide an increase in the efficiency of separating particles by their density, since this countercurrent carries out small classes of heavy fractions into the tailings.

The inconsistency of data on the use of centrifugal concentrators indicates the need for a more detailed study of this undoubtedly effective separation process. The tasks of improving centrifugal concentrators can be to simplify the design, reduce the metal and energy consumption, and increase the operational reliability of the apparatus.

Determination of geometric dimensions and structural elements of the developed apparatus.

As you know, the main working body of a centrifugal hydroconcentrator is a bowl, in which the process of stratification of the initial material by density is carried out.

The bowl of known hydroconcentrators has the following drawback: the design provides only the movement of the initial material in a mixture with loosening water along the generatrix of the cone and, due to the decomposition of the acting forces on the inclined plane, has an increased speed, and since the inter-reef space is filled with a "bed" (such a surface can be considered practically smooth), then the movement of the mixture approaches laminar, and therefore the stratification of the flow is insufficient. For example, in the case of gravitational concentration of gold-bearing ores, this leads to the fact that fine, dusty, and especially plate-like gold is carried away with the flow into the tailings.

In the apparatus we are developing, this drawback is eliminated by the fact that in the more often a hydroconcentrator containing a working surface in the form of a truncated conical surface with a downward-oriented cone top, on the inner side of which there are corrugated walls with holes evenly spaced along the circumference of each riffle, the working surface is made prefabricated and consisting of successively alternating from bottom to top cylindrical, conical and cylindrical surfaces, while the ratio of the diameters of the upper and lower cylinders of the working surface is 1.2 ... 1.5, the ratio of the height of the upper and lower cylinders of the working surface is 1.2 ... 1.5, and the ratio between the diameter of the upper cylinder of the working surface and the height of the bowl is 1.4 ... 1.5.

Experimental studies have established the optimal ratios between the structural elements of the bowl, which may vary slightly depending on the type of ore to be concentrated.

Optimum design parameters of the bowl:

- 1) The ratio of the diameters of the upper D3 and lower D1 cylinders $D3 / D1 = 1.2 \dots 1.5$;
- 2) The ratio of the heights of the upper H3 and lower H1 cylinders $H3 / H1 = 1.1 \dots 1.15$;
- 3) The ratio between the diameter of the upper cylinder D3 of the working surface and the height of the bowl Nchash: $D3 / Nchashi = 1.4 \dots 1.5$;

- 4) Angle of opening of the cone: $\alpha = 130 \dots 200$;
- 5) Number of holes $\varnothing 1.5$ mm per 1 m of area: 2000 2500 pcs;
- 6) Specific water consumption (m^3) per 1 ton of dry material: 1.0... 1.5 m^3
- 7) Centrifugal acceleration on the upper cylinder: 70... 95.

Figure 1 shows the developed centrifugal hydroconcentrator.

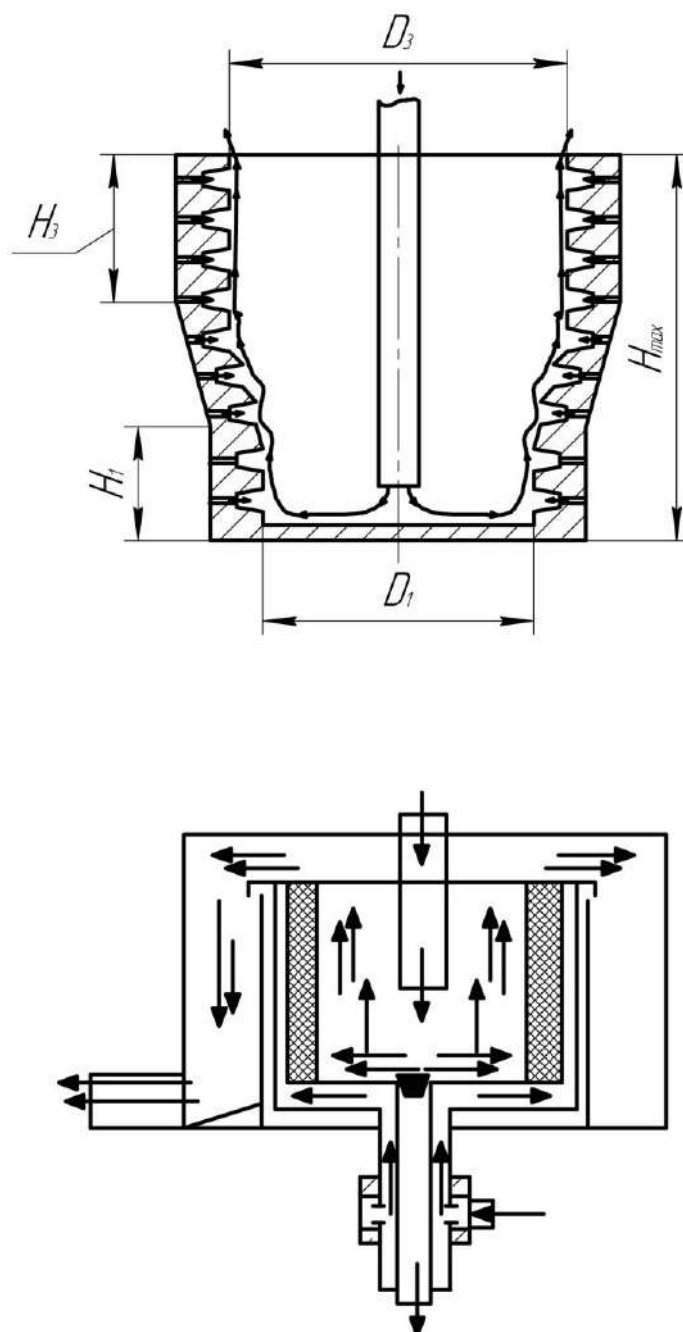


Figure 1. Centrifugal hydro concentrator

The centrifugal concentration of the separated minerals according to their density is accompanied by an internal supply of turbulizing water in the bowl of the hydroconcentrator.

The results of the study on gravity concentration in this apparatus in comparison with the used in production the "Knelson" concentrator are shown in Table 5.

Table 5. Results of gravitational concentration of gold-bearing ores on centrifugal hydroconcentrators (Kazakhstan and Knelson).

Fortification products	Kazakhstan hydroconcentrator				Hub and Knelson			
	Weight, kg	Output, %	Content Au, %	Extraction of Au, %	Weight, kg	Output %	Content Au, %	Extraction of Au, %
Akbaqay Gold Plant. Table concentrate (13.2 g / t Au)								
Concentrate	0.7	0.40	2391.0	72.2	0.95	0.92	1001.3	69.69
Tails	174.3	99.6	3.7	27.8	102.01	99.08	4.04	30.31
Food	175.0	100	13.2	100	102.96	100	13.2	100
Akbaqay Gold Refinery, stagnant tailings (2.1 g / t Au)								
Concentrate	0.84	2.1	20.6	20.6	0.73	0.9	42.2	18.3
Tails	39.16	97.9	1.7	79.4	81.36	99.1	1.73	81.7
Food	40.0	100	2.1	100	82.09	100	2.1	100
Aksu gold mine, current flotation tailings (0.85 g / t Au)								
Concentrate	0.97	0.27	16.3	5.2	0.13	0.05	14.2	1.54
Tails	364.03	99.730.894.8	0.8	94.8	249.87	99.95	0.65	98.46
Food								
Weathered crust gold ore								
Concentrate	0.96	0.8	283.5	56.7	-	-	-	-
Tails	119.04	99.2	1.75	43.3	-	-	-	-
Food	120.0	100	4.0	100	-	-	-	-

Due to the high intensity of the centrifugal field and the counteraction of the flow of fluidizing water, productivity is significantly increased and the capture of gold particles up to several microns in size is ensured, increasing the efficiency of the process. Compared to other devices, this separator consumes 5 times less energy, is environmentally friendly and ensures the production of concentrates with a higher content of the component. Separators are used to recover gold and silver of all forms - free and in intergrowths with sulfides. An important factor - hydroconcentrators can be used in modular installations for enrichment of gold ores of low-volume deposits. These installations are mobile and do not require large capital expenditures; they can be quickly assembled and dismantled.

REFERENCES

- [1] Bocharov V.A., Abryutin D.V. Technology of gold-bearing ores - M.: MISiS., 2011.
- [2] Mitrofanov S.I., Barsky L.A., Samygin V.D. Research of Mineral Resources for Washability.- Moscow: Nedra, 1974.
- [3] Metallurgy of noble metals / ed. Chugaeva L.V. -M.: Metallurgy, 1987.
- [4] Kotlyar Yu.A., Meretukov M.L. Metallurgy of noble metals.-M., 2002.
- [5] Meretukov I.N., Orlov A.M. Metallurgy of precious metals. Foreign experience.- M.: Metallurgy, 1991.
- [6] Ludeyshchikov V.V. Extraction of gold from refractory ores and concentrates.-Moscow: Nedra, 1968.
- [7] Ludeyshchikov V.V. Technology for the extraction of gold and silver from refractory ores. / JSC "Irgiredmet" .- Irkutsk, 1999.-P.786.
- [8] Zelenov V.I. Methods of research of gold-bearing ores - M.: Nedra, 1978.-302 p.
- [9] Nalimov VV, Chernova NA Statistical methods of planning extreme experiments.-M.: Nauka, 1965.
- [10] Shokhin V.N., Lopatin A.G. Gravitational methods of mineral processing.-M.: Nedra, 1993.
- [11] Leonov S.B., Belkova O.N. Research of minerals for washability.-M.: Internet Engineering, 2001.
- [12] Shupov L.P. Applied Mathematical Methods in Mineral Processing, Moscow: Nedra, 1972.
- [13] Raivich I. D. Gravitational washability of crushed non-ferrous metal ores and calculation of the

results of their gravitational washability. Tutorial. –Alma-ata, 1985.

[14] Raivich I. D. Methodical guide to students' research work.-Almaty: KazPTI, 1981.

[15] Experience of mechanochemical treatment of refractory gold-containing pyrite concentrates and products of their processing. Novosibirsk, 1978.

[16] Kulebakin V.G. Transformations of sulfides upon activation.

[17] Novosibirsk: Publishing house "Science", 1983.

[18] 7. Sazhin Yu.G., Abdykirova G.Zh., Fetisova R.P., Bitteev A.B. Influences mechanoactivation grinding for the opening of finely dispersed gold // Proceedings of the VI congress of enrichment companies of the CIS countries.-2007, T1.-P.185-186.

[19] Baybatsha A.B., Dyusembaeva K.Sh., Sazhin Yu.G., Abdykirova G.Zh., Micro-and nanogold and the technology of its extraction.-Almaty, 2009.

[20] Sazhin Yu.G. Calculations of ore preparation schemes and selection of equipment for crushing, screening, grinding and classification.-Almaty, 2005.

[21] Handbook of ore beneficiation. Preparatory processes.-M.: Nedra, 1982.

[22] Milovanov L.V., Krasnov B.P. Wastewater treatment methods, - M.: Nedra, 1967.

[23] Methods for neutralization of effluents and water circulation in the processing of gold-bearing ores - Moscow, 1979.

[24] Handbook of ore dressing. Basic processes.-M.: Nedra, 1983.

[25] Enrichment of gold-bearing sands and conglomerates // Zamyatin OV, Sannikova NP. M.: Nedra, 1975.

[26] Kogotkova E.A., Volarovich G.P., Sedelnikova G.V. The role of small gold deposits in expanding the mineral resource base of the gold mining industry in foreign countries // Tr. TsNIGRI.-Issue-203.-M., 1985.

[27] Bath M.D. Some factors influencing gold recovery by concentration // Journal of South African Institute of Mining and Metallurgy.-1973.-№73.-P.363-378.

[28] Lopatin A.G., Zolin S.N. Application of centrifugal gravity concentration for finishing gold-bearing concentrates // Non-ferrous metals.-1973.-№11 ..- P.77-78.

¹М.Р. Шаутенов*, ²К.Ә. Ногаева, ³Г.Е. Аскарова, ¹Е.И. Кульдеев

¹Satbayev University, Алматы, Қазақстан

²Ү.Асаналиев атындағы Қырғыз мемлекеттік геология, тау-кен және табиғи ресурстарды дамыту университеті, Қырғызстан

³Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан

*e-mail: Shautenov_m@mail.ru

ГИДРОКОНЦЕНТРАТОРДАҒЫ БАЙЫТУ

Аннотация. Құрамында алтын бар кендерді технологиялық зерттеу негізінен кендердің материалдық құрамын және олардан бағалы металдар мен басқа да бағалы компоненттерді бөліп алу технологиясын анықтауға қажетті талдаулар мен эксперименттер жүргізуден тұрады.

Зерттеудің түпкі мақсаты - қауіпсіздік талаптарын сақтай отырып, экономикалық тиімділігі жоғары кендерден барлық өндірістік құнды компоненттерді максималды алу технологиясын жасау. Алтын құрамы бар кендерді технологиялық зерттеу негізінен материалдың құрамын анықтау үшін қажетті анализдер мен тәжірибелер жүргізуден тұрады. кендер және олардан бағалы кендерді алу технологиясы, металдар мен басқа да бағалы компоненттер.

Зерттеудің түпкі мақсаты - қауіпсіздік талаптарын сақтай отырып, экономикалық тиімділігі жоғары кендерден барлық коммерциялық құнды компоненттерді максималды бөліп алу технологиясын жасау. Васильковское кен орнының зерттеу объектілері болып табылады.

Байыту процесі - бұл жеке элементтер өзара байланысты болатын біртұтас жүйе. Жүйе элементтерінің өзара әрекеттесуін ескеретін жүйелік тәсілді ескере отырып қана жоғары нәтижеге қол жеткізуге болады, яғни бұл жағдайда процестердің толық ауқымы.

Негізгі сөздер: кен, байыту, схема, ұсату, ұсату, елеу, жіктеу.

¹М.Р. Шаутенов*, ²К.Ә. Ногаева, ³Г.Е. Аскарова, ¹Е.И. Кульдеев

¹Satbayev University, Алматы, Казахстан

²Кыргызский Государственный Университет геологии, горного дела и освоения природных ресурсов
имени У. Асаналиева, Кыргызстан

³Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан

*e-mail: Shautenov_m@mail.ru

ОБОГАЩЕНИЕ В ГИДРОКОНЦЕНТРАТОРЕ

Аннотация. Технологическое изучение золотосодержащих руд состоит в основном из анализа и экспериментов, необходимых для определения вещественного состава руд и технологии извлечения из них драгоценных металлов и других ценных компонентов.

Конечная цель исследования - разработать технологию максимального извлечения всех промышленно ценных компонентов из экономически жизнеспособных руд при соблюдении требований безопасности. Технологическое изучение золотых руд в основном состоит из анализа и экспериментов, необходимых для определения состава материала. руды и технология извлечения из них драгоценных руд, металлов и других ценных компонентов [1].

Конечная цель исследования - разработать технологию максимального извлечения всех коммерчески ценных компонентов из экономически жизнеспособных руд при соблюдении требований безопасности. Объект исследования - Васильковское месторождение.

Процесс обогащения представляет собой единую систему, в которой отдельные элементы взаимосвязаны. Высоких результатов можно достичь только с учетом системного подхода, учитывающего взаимодействие элементов системы, т.е. в данном случае весь комплекс процессов.

Ключевые слова: руда, обогащение, схема, дробление, дробление, грохочение, классификация.

¹C. Kussainov*, ²M. Baimakhanbetov

¹Institute of Cybernetics and Information Technologies, Satbayev University, Almaty, Kazakhstan

²Informational - analytical center, Kazakhstan

*e-mail: chingiz.kussainov@satbayev.university

FORECASTING CURRENCY INFLATION FOR INFLATION RISK ANALYSIS OF FINANCIAL INVESTMENT

Abstract. The need for improving methods of financial investment analysis in order to reduce risks leads researchers to exploit the modern scientific advancements especially in IT domain. Financial analytics require the ability to model and forecast future value of investigated financial parameters like currency inflation. In this paper, we analyzed the monthly inflation rate of Kazakhstan currency, using historical data from 1995 to 2020 by applying wide spread statistical and machine learning methods. The results show that the proposed research approach generates a solid forecasting accuracy and can be proposed to be included into financial investment analysis methods that could reduce inflation risk.

Keywords: time series, machine learning, neural networks, inflation, financial indicators, investment projects, investment analysis.

Introduction. Fundamentally in practice, investment analysts in order to evaluate investment projects use the net present value (hereinafter NPV) as the main financial indicator.[1] Also, for ease of calculating NPV, majority of analysts often omit an important element such as a currency inflation indicator or use it as a constant value.

$$NPV = \sum_{t=0}^n \frac{CF_t}{(1+N_{ir})^t} \quad (1)$$

Where CF_t is cash flow, N_{ir} is a discount rate that is usually used as nominal interest rate.[2] Since the real interest rate parameter is very difficult to predict as inflation rate varies over a monthly period depending on the economic situation of a considering country. However, financial modeling with the constant rate might deliver ineffective financial predictions especially in countries with weak economies. Nevertheless, a fairly large amount of historical data is being collected around the world and available for analysis on the public domain, including currency inflation data. Which in turn might contribute to the study and analysis of data using modern computer modeling and machine learning methods. There is an equation that considers link between inflation rate and interest rates [3]:

$$R_{ir} = \frac{1+N_{ir}}{1+I_r} - 1 \quad (2)$$

Where R_{ir} is real interest rate, N_{ir} is nominal interest rate and I_r is Inflation rate. The goal of this work is to forecast the inflation rate of the given equation to consider inflation risk. As inflation rate changes over a monthly time period it is recommended to apply a time series analysis method. Time series analysis is a statistical technique that deals with time series data or trend analysis. We shall examine 3 main broadly used methods to analyze and forecast inflation rate: Holt-Winter's method, SARIMA and Neural networks. Holt-Winter's smoothing method is widely applied for predicting

time series that consist of seasonality and changing tendencies. [4] Holt-Winter's method uses additive and multiplicative functions to forecast.[5] SARIMAX is extended version of ARIMA that stands for Autoregressive Integrated Moving Average model, which is a well known forecasting time series model.[6] ARIMA with seasonal component that is more powerful than ARIMA is called SARIMA.[7] SARIMA is also used in many different areas for forecasting heat demand[8], production industry [9], power market prices[10] and etc. Artificial Neural Network (ANN) inspired by the brain neural network and was used to forecast time series in general[11],[12] and forecast financial data in specific[13]. ANN is considered as an alternative to statistical forecasting modeling. ANN consists of at least three layers of nodes: input, hidden and output. Except for the input nodes, each node is a neuron that uses a non-linear activation function. ANN uses a supervised learning method that divides input data into training and testing sets. The root mean-square error (RMSE)[14] is used to assess the accuracy of forecast and to compare the results of 3 forecasting models.

Methodology. Inflation indicators are considered mainly as an annual indicator, but calculations are made for each month of the year. Since inflation indicators in Kazakhstan can only be obtained for 25 years, this annual interval is a very poor indicator for data analysis. In this regard, it was decided to analyze monthly inflation rates for time series that gave us 300 records of inflation data[15]. In order to use the ARIMA model following non seasonal values of p, d and q must be correctly set. Akaike's Information Criterion (AIC) is mainly used to identify the parameters of an ARIMA model.

$$AIC(p) = n \ln \left(\frac{RSS}{n} \right) + 2K \quad (2)$$

Where RSS is the residual sums of squares and n is the number of data points. The model with the minimum AIC value will be chosen as the best forecasting model.[7] For supervised learning with ANN data from April 1995 to May 2015 was used as the training set, while data from May 2015 to May 2020 was used as the testing set.

In order to analyze and forecast time series data the following algorithm was proposed and used in Python programming language:

1. Load and prepare a dataset
 - a. import data
 - b. visualize data
2. Check data for stationarity
 - a. Dick-Fuller test check[16]
 - b. Checking for seasonality / trend / cycles by decomposing data [17]
3. Divide dataset into training and testing sets
4. Using library for time series analysis methods
 - a. Set SARIMAX parameters and run a model:
 - i. S: Seasonality. It is necessary to set up four seasonal elements affecting the time series.
 - ii. AR: Autoregressive. A model that uses a dependent relationship between an observation and a number of lagging observations.
 - iii. I: Integrated. Using differentiation of raw observations (for example, subtracting an observation from an observation at a previous time step) to make the time series stationary.
 - iv. MA: Moving Average. A model that uses the relationship between observation and residual error from a moving average model applied to lagging observations.
 - v. Set parameters and fit data to model[18]
 - b. Set Holt-Winters' parameters and run a model:
 - i. Check for additive and multiplicative trend and seasonal parameters
 - ii. Set parameters and fit data to a model
 - c. Set ANN parameters and run a model
 - i. Import tensorflow.keras library

- ii. Choose model and layer for ANN
- iii. Set ANN parameters and fit data to model
- 4. Evaluate models
 - a. Evaluation metric selection: root mean square error (RMSE) and mean square error (MSE)
 - b. Model validation

Results. In this section the results of the algorithm will be provided.

Step 1. The very first step is to prepare, load t and visualize the dataset it as shown in Figure 1

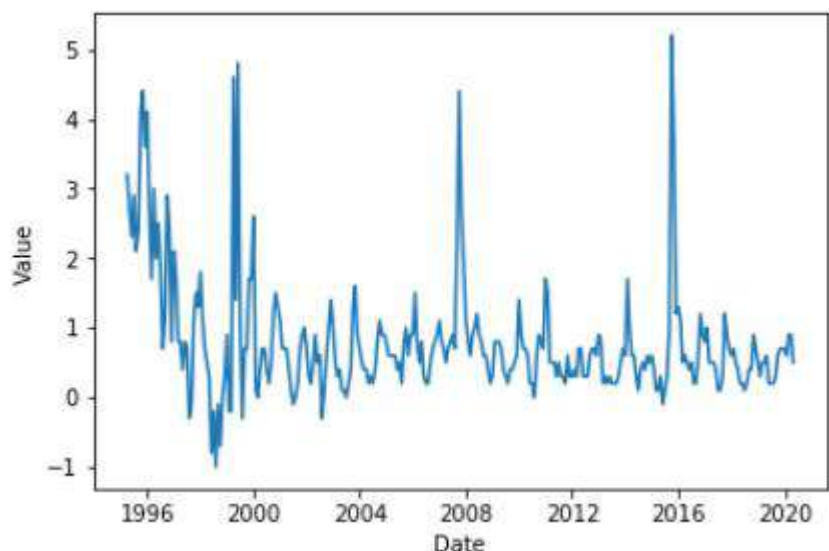


Figure 1. Dataset visualization

Step 2. After loading the data, the second significant step is to check time series for stationarity in order to use ARIMA models [11]. Results of Dickey-Fuller Test show that time series are stationary as p-value is lower than significance level of 0.05 and the Test statistic is lower than any of the critical values as shown in Table 1.

Table 1. Results of Dickey-Fuller Test:

Test Statistic	-4.681174
p-value	0.000091
#Lags Used	11.000000
Number of Observations Used	290.000000
Critical Value (1%)	-3.453102
Critical Value (5%)	-2.871559
Critical Value (10%)	-2.572108
dtype:	float64

Step 3.a. In this step, the dataset is divided into training and testing sets and ARIMA parameters are automatically set by searching with a minimum AIC for the training set shows following parameters: SARIMAX(2,0,0)x(0,1,1,12).

Table 2. Results of diagnostics for SARIMAX(2,0,0)x(0,1,1,12)

	coef	std err	z	P> z	[0.025	0.975]
ar.L1	0.5372	0.043	12.498	0.000	0.453	0.621
ar.L2	0.1881	0.035	5.381	0.000	0.120	0.257
ma.S.L12	-0.8171	0.076	-10.817	0.000	-0.965	-0.669
sigma2	0.6153	0.046	13.328	0.000	0.525	0.706

According to results of diagnostics for SARIMAX parameters in Table 2 for all $P>|z|$ show less than 0.05, thus proving that model is statistically significant.

Step 4.a. By applying most efficient parameters according to the AIC model, MSE and RMSE were 0.107 and 0.326 respectively. Results of comparing the predictions and testing dataset values is given on Figure 2.

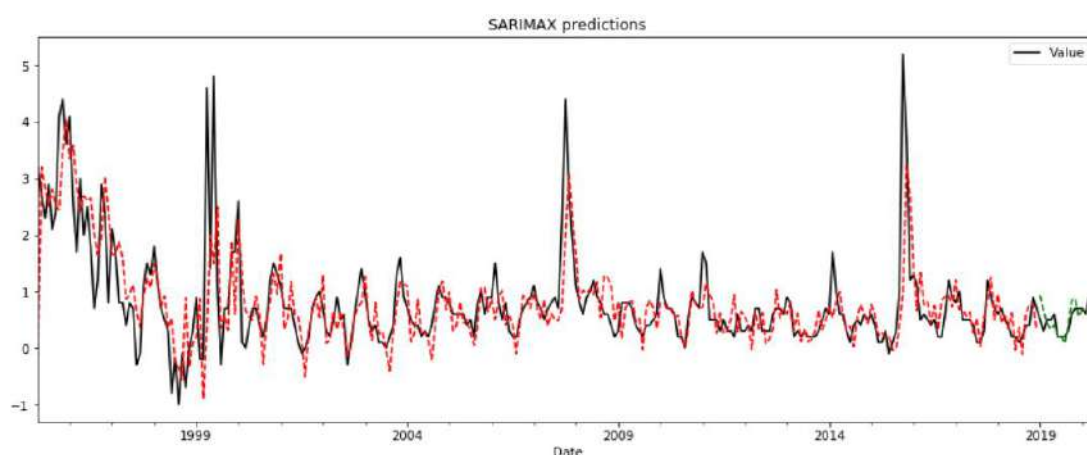


Figure 2. SARIMAX predictions on dataset

Step 3.b. By setting additive value to seasonal and trend parameters and setting seasonal period to 12, we configured the forecasting model. Holt-Winter's predictions are illustrated in Figure 3.

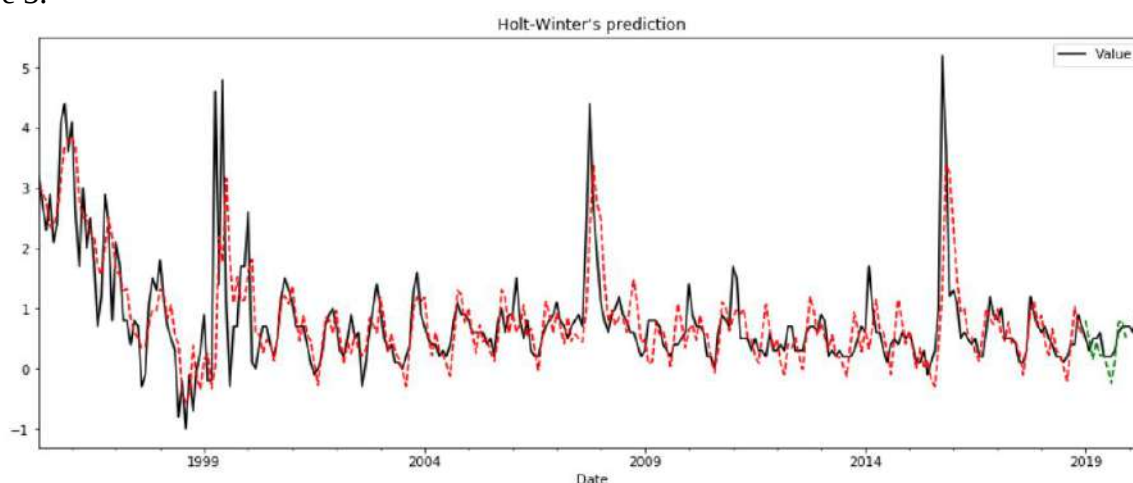


Figure 3. Holt-Winter's prediction on dataset

Step 4.b. Results for the test set of MSE and RMSE values of Holt-Winter's were 0.117 and 0.343. respectively

Step 3.c. Sequential model and Dense layer were used for the ANN forecasting model. ANN predictions are illustrated in Figure 4.

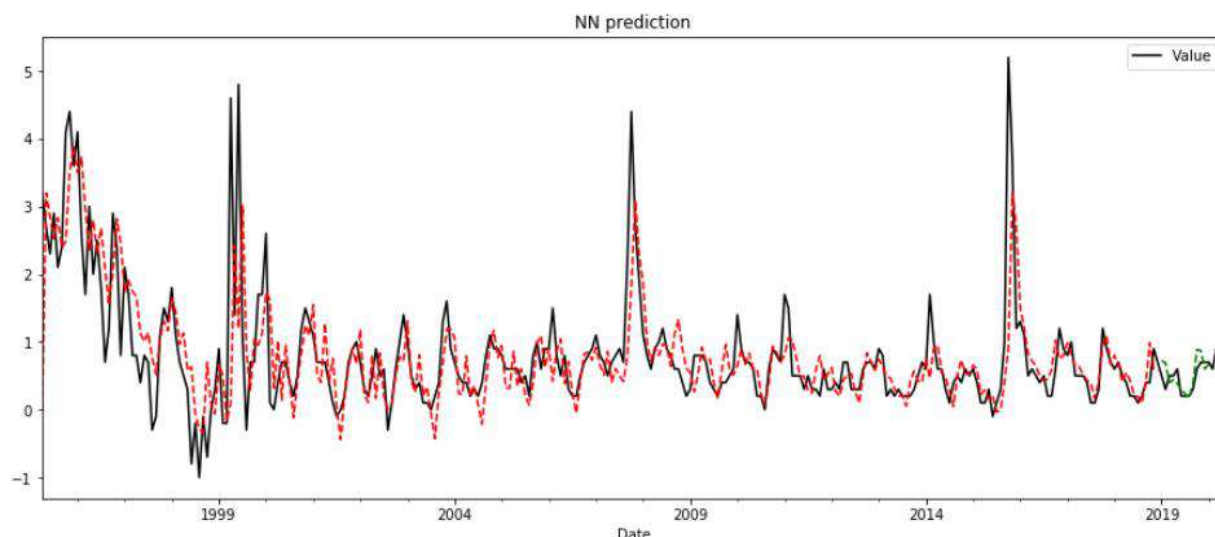


Figure 4. NN prediction on dataset

Step 4.c. Results for the test set of MSE and RMSE values of the Neural Network model were 0.092 and 0.303. respectively

Conclusion. As can be seen all 3 models showed good forecasting abilities of monthly currency inflation. RMSE of Holt-Winter's and SARIMAX models delivered very close results with slightly better results of the SARIMAX model. On the other hand, the Neural Network model showed best results on RMSE, but did not show significant progress than statistical models. All 3 models can be applied to forecast monthly inflation time series. These models can help analysts to assess real values and analyze more precisely of investment projects by assessing inflation risk. For future studies, we will be considering two main factors of improving forecasting models. First factor is the length of time series that was quite short and the second factor is the impact of pandemic that's making some changes to economics of all the countries around the world, which leads to the newest data to be included for future improvement of forecasting accuracy. Neural networks can adjust its working model parameters with forthcoming data, whereas statistical methods of time series might need remodeling the whole structure as they severely depend on new data.

REFERENCES

- [1] Osborne MJ. A resolution to the NPV–IRR debate? *Q Rev Econ Finance*. 2010;50: 234–239.
- [2] Gardiner PD, Stewart K. Revisiting the golden triangle of cost, time and quality: the role of NPV in project control, success and failure. *Int J Project Manage*. 2000;18: 251–256.
- [3] Ross, S.A., R.W. Westerfield, J.F. Jaffe, B.D. Jordan. *Corporate Finance*. NY: McGraw-Hill; 2011.
- [4] Majumder MMR, Hossain MI, Hasan MK. Indices prediction of Bangladeshi stock by using time series forecasting and performance analysis. 2019 International Conference on Electrical, Computer and Communication Engineering (ECCE). IEEE; 2019. doi:10.1109/ecace.2019.8679480
- [5] Elmunim NA, Abdullah M, Hasbi AM, Bahari SA. Short-term forecasting ionospheric delay over UKM, Malaysia, Using the Holt-Winter method. 2013 IEEE International Conference on Space Science and Communication (IconSpace). IEEE; 2013. doi:10.1109/iconspace.2013.6599443
- [6] M. P. Time Series Analysis with Matlab. Arima and Arimax Models. Createspace Independent Publishing Platform; 2016.
- [7] Chen P, Niu A, Liu D, Jiang W, Ma B. Time series forecasting of temperatures using SARIMA: An example from Nanjing. *IOP Conf Ser Mater Sci Eng*. 2018;394: 052024.

- [8] Fang T, Lahdelma R. Evaluation of a multiple linear regression model and SARIMA model in forecasting heat demand for district heating system. Appl Energy. 2016;179: 544–552.
- [9] Chen K-Y, Wang C-H. A hybrid SARIMA and support vector machines in forecasting the production values of the machinery industry in Taiwan. Expert Syst Appl. 2007;32: 254–264.
- [10] Olsson M, Soder L. Modeling real-time balancing power market prices using combined SARIMA and Markov processes. IEEE Trans Power Syst. 2008;23: 443–450.
- [11] Zhang GP, Qi M. Neural network forecasting for seasonal and trend time series. Eur J Oper Res. 2005;160: 501–514.
- [12] Hill T, O'Connor M, Remus W. Neural network models for time series forecasts. Manage Sci. 1996;42: 1082–1092.
- [13] Kaastra I, Boyd M. Designing a neural network for forecasting financial and economic time series. Neurocomputing. 1996;10: 215–236.
- [14] Egrioglu E, Aladag CH, Yolcu U, Basaran MA, Uslu VR. A new hybrid approach based on SARIMA and partial high order bivariate fuzzy time series forecasting model. Expert Syst Appl. 2009;36: 7424–7434.
- [15] Kazakhstan Inflation Rate. In: Trading economics [Internet]. 02.2021 [cited 2 May 2021]. Available: <https://tradingeconomics.com/kazakhstan/inflation-cpi>
- [16] Ali MU, Abbasi SG, Abbas M, Dastgeer G. Impact of inflation, exchange rate and interest rate on the Private Sector Credit of Pakistan. J account finance emerg econ. 2020;6: 1133–1138.
- [17] De Gooijer JG, Hyndman RJ. 25 years of time series forecasting. Int J Forecast. 2006;22: 443–473.
- [18] Tsay RS. Time series and forecasting: Brief history and future research. J Am Stat Assoc. 2000;95: 638–643.

¹Ч. Кусаинов*, ²М.Баймаханбетов

¹Кибернетика және ақпараттық технологиялар институты, Satbayev University, Алматы, Қазақстан

²Ақпараттық-аналитикалық орталық, Қазақстан

*e-mail: chingiz.kussainov@satbayev.university

ҚАРЖЫ ИНВЕСТИЦИЯЛАРЫНЫҢ ИНФЛЯЦИЯЛЫҚ ТӘУЕКЕЛДЕРІН ТАЛДАУ ҮШІН ВАЛЮТАЛЫҚ ИНФЛЯЦИЯНЫ БОЛЖАУ

Андатпа. Тәуекелдерді азайту мақсатында қаржылық инвестицияларды талдау әдістерін жетілдіру қажеттілігі зерттеушілерді заманауи ғылыми жетістіктерді, әсіресе IT саласында, қолдануға итермелейді. Қаржылық аналитика валюта инфляциясы сияқты қызығушылықтың қаржылық параметрлерінің болашақ құнын модельдеу және болжау мүмкіндігін талап етеді. Бұл мақалада кең таралған статистикалық және машиналық оқыту әдістерін қолдана отырып, 1995 жылдан бастап 2020 жылға дейінгі тарихи деректерді пайдалана отырып, қазақстандық валютаның ай сайынғы инфляция деңгейіне талдау жасаймыз. Нәтижелер көрсеткендей, ұсынылған зерттеу әдісі болжамдардың жақсы дәлдігін қамтамасыз етеді және инфляция қаупін азайтуға мүмкіндік беретін қаржылық инвестицияларды талдау әдістеріне енгізу үшін ұсынылуы мүмкін.

Негізгі сөздер: уақыт тізбегі, машиналық оқыту, нейрондық желілер, инфляция, қаржылық көрсеткіштер, инвестициялық жобалар, инвестицияларды талдау.

¹Ч. Кусаинов*, ²М.Баймаханбетов

¹Институт кибернетики и информационных технологий, Satbayev University, Алматы, Казахстан

²Информационно-аналитический центр, Казахстан

*e-mail: chingiz.kussainov@satbayev.university

ПРОГНОЗ ВАЛЮТНОЙ ИНФЛЯЦИИ ДЛЯ АНАЛИЗА ИНФЛЯЦИОННЫХ РИСКОВ ФИНАНСОВЫХ ИНВЕСТИЦИЙ

Аннотация. Необходимость совершенствования методов анализа финансовых вложений с целью снижения рисков побуждает исследователей использовать современные научные достижения особенно в области IT. Финансовая аналитика требует способности моделировать и прогнозировать

будущую стоимость исследуемых финансовых параметров, таких как валютная инфляция. В этой статье мы анализируем ежемесячный уровень инфляции казахстанской валюты, используя исторические данные с 1995 по 2020 годы, применяя широко распространенные статистические методы и методы машинного обучения. Результаты показывают, что предлагаемый исследовательский подход обеспечивает хорошую точность прогнозов и может быть предложен для включения в методы анализа финансовых вложений, которые могут снизить риск инфляции.

Ключевые слова: временные ряды, машинное обучение, нейронные сети, инфляция, финансовые показатели, инвестиционные проекты, инвестиционный анализ.

.

Е.Н. Сейткулов*, Р.М. Оспанов, Б.Б. Ергалиева

Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Нур-Султан, Казахстан

*e-mail: yerzhan.seitkulov@gmail.com

ОБ ОДНОМ МЕТОДЕ ХРАНЕНИЕ ИНФОРМАЦИИ НА ЗАДАННОЕ ВРЕМЯ

Аннотация. Статья посвящена проблеме хранения информации на заданное время. Предложен криптографический протокол, обеспечивающий зашифрование сообщений, расшифрование которых будет возможно не ранее заданного времени. Протокол представляет собой эффективную комбинацию протокола распределенной генерации ключей, протокола проактивного разделения секрета, асимметричного алгоритма шифрования, алгоритма электронной цифровой подписи. На основе такого криптографического протокола можно разработать и внедрить практический сервис шифрования данных на заданное время. Это одно из важных проблем в вопросах обеспечения безопасности функционирования критически важных информационных систем, оперирующие с большими объемами конфиденциальной информации. В частности, в качестве применения, разработанные практические методы и протоколы позволят выработать альтернативную модель функционирования сервиса хранения информации на заданной время. Рассмотрена упрощенная модель функционирования сервиса хранения информации на заданное время на основе этого протокола.

Ключевые слова: хранение, информация, криптографический протокол, шифрование, эллиптические кривые.

Введение. В 1994 году Тимоти Мэй (Timothy C. May) в работе [1, chapter 14.5] впервые ввел в рассмотрение задачу отправки секретного сообщения в будущее. Эта задача заключается в зашифровании сообщений, расшифрование которых возможно только лишь по истечении заданного времени в будущем.

Существуют интересные практические приложения решения этой задачи. Например, можно обеспечить “запечатывание” дневников, записей, других каких-либо данных на какой-нибудь определенный срок, причем таким образом, чтобы даже автор этих данных не смог бы их “распечатать” раньше заданного срока. Полезным практическим приложением может являться защита важных данных, которые были получены в результате каких-нибудь научных исследований или экспериментов, до тех пор, пока они не будут завершены и опубликованы. Это может быть необходимым для предотвращения утечки информации или давления со стороны каких-либо заинтересованных лиц. Например, при проведении торгов можно скрыть предложения цены участниками торгов до завершения торговой сессии. Другой случай, это когда при голосовании можно обеспечить защиту промежуточных данных голосования до их завершения с целью исключения влияния на ход голосования. Область применения решения задачи отправки секретного сообщения в будущее может быть весьма обширна и включает в себя не только аукционы и голосование, а также электронная коммерция, финансовые рынки и их регулирование, право.

Исследования в этом направлении ведутся с 1994 года. За прошедшее время было получено описание целого ряда интересных подходов к решению задачи шифрования в будущее. Так например, в 1996 году Ривест, Шамир и Вагнер (R. L. Rivest, A. Shamir, D. A. Wagner) в работе [2] для решения этой задачи применили так называемые “шарады” с временным замком (“time-lock puzzles”). В 1997 году Беллар и Голдвассер (M. Bellare, S. Goldwasser) в работе [3] описали схему шифрования с частичным условным депонированием ключей (partial key escrow protocol). В 2005 году Блейк и Чан (I. F. Blake, A. C.-F. Chan) в работе [4] использовали билинейные отображения на GDH группах (Gap Diffie-Hellman groups). В 2006 году Рабин и Торп (M.O. Rabin and C. Thorpe) в работе [5] построили криптографический протокол, который обеспечивает зашифрование сообщений, расшифрование которых будет

гарантированно не ранее заданного точного времени, даже если это расшифрование окажется нежелательным для отправителя. В основе этого протокола лежат протокол распределенной генерации ключей Педерсена (Pedersen distributed key generation), протокол проверяемого порогового разделения секрета Фельдмана (Feldman verifiable threshold secret sharing) и алгоритм шифрования Эль-Гамала. Рабин и Торп отметили различие между существующими протоколами, подобным их, в которых время с момента зашифрования до момента расшифрования фиксировано, и другими протоколами, в которых дается лишь оценка этого времени или находится нижний предел оценки. Разработанное ими решение задачи шифрования в будущее получило название Time-Lapse Cryptography (TLC). Авторы TLC получили патент [6] на свое изобретение. В 2009 году в [7] была представлена реализация TLC на языке Erlang 5.6.5 на серверах под управлением Debian 4.0 Linux на четырехъядерных процессорах Intel Xeon, 2.0 ГГц. В 2015 году Сейткулов Е.Н., Оспанов Р.М., Майманов Е.М. в работе [8] представили криптографический протокол зашифрования данных на заданное время, основанный на TLC. В основе этого протокола вместо протокола распределенной генерации ключей Педерсена, протокола проверяемого порогового разделения секрета Фельдмана и алгоритма шифрования Эль-Гамала используются, соответственно, протокол распределенной генерации ключей, основанный на дискретном логарифмировании на эллиптических кривых [9], протокол проверяемого порогового разделения секрета Педерсена и алгоритм шифрования Эль-Гамала на эллиптических кривых. Протокол получил название Elliptic Curve Time-Lapse Cryptography (ECTLC). Time-Lapse Cryptography (TLC) был также использован в работах [10], [11], [12], [13]. Также в основе протокола шифрования на заданное время возможно применение новых более эффективных алгоритмов и алгоритмов, расширяющих его функциональные возможности. В частности, для обеспечения зашифрования данных на достаточно продолжительное время можно применить протокол проактивного разделения секрета (proactive secret sharing) [14]. К настоящему времени разработаны различные варианты проактивного разделения секрета, такие как, например, в работах [15], [16], [17].

В данной статье рассматривается криптографический протокол, обеспечивающий зашифрование сообщений, расшифрование которых будет возможно не ранее заданного времени. На основе такого криптографического протокола можно разработать и внедрить практический сервис шифрования данных на заданное время. Это одно из важных проблем в вопросах обеспечения безопасности функционирования критически важных информационных систем, оперирующие с большими объемами конфиденциальной информации. В частности, в качестве применения, разработанные практические методы и протоколы позволят выработать альтернативную модель функционирования сервиса хранения информации на заданное время.

Методы. В основе рассматриваемого протокола лежат протоколы TLC и ECTLC. Рассматриваемый протокол осуществляется при помощи Сервиса (Time-Lapse Cryptography Service), состоящего из n участников $P_1, \dots, P_n$. Каждый участник Сервиса P_i может быть представлен автономным компьютером (сервером), безошибочно и секретно выполняющим вычисления, предусмотренные протоколом, надежно хранящим все свои секретные данные, имеющим безопасный способ резервного копирования данных для аварийного восстановления. Все участники Сервиса могут приватно и секретно обмениваться информацией между собой, образуя сеть. Предполагается использование в составе Сервиса небольшой сети менеджеров, которые действуют как “команда управления” Сервисом. В задачи этой команды входит создание расписания открытых и соответствующих закрытых ключей, создаваемых Сервисом; ведение внутренней доски объявлений для использования участниками Сервиса; ведение открытой доски объявлений для пользователей Сервиса. Каждый менеджер будет вести собственные копии этих двух досок объявлений. Участники

и пользователи Сервиса будут смотреть на сообщения, размещенные на каждом из копий досок объявлений, и определять правильные значения большинством записей. Каждый участник Сервиса сопровождает каждое сообщение цифровой подписью. Действия всех участников протокола синхронизируются при помощи общедоступных и надежных часов таких, как предоставляемых NIST.

Протокол представляет собой эффективную комбинацию протокола распределенной генерации ключей, протокола проактивного разделения секрета, асимметричного алгоритма шифрования, алгоритма электронной цифровой подписи. Протокол предусматривает использование согласованных параметров асимметричного алгоритма шифрования таких, как, например, простое число p , порождающий элемент g простого порядка q в случае алгоритма шифрования Эль-Гамала, или модуль эллиптической кривой простое число p , уравнение эллиптической кривой, коэффициенты уравнения a и b из поля F_p , точка эллиптической кривой G простого порядка q в случае алгоритма шифрования Эль-Гамала на эллиптических кривых. Поэтому необходимо будет осуществить исследование и выбор наиболее эффективных для разрабатываемого протокола указанных выше алгоритмов, протоколов и параметров.

Основные этапы протокола предполагаются следующими:

1) Генерация ключей при помощи протоколов распределенной генерации ключей и проактивного разделения секрета. Сервис может генерировать ключевые структуры на периодической основе; например, каждый день он может создавать ключи со сроком службы 1 неделю, или каждые 30 минут создавать ключи со сроком службы 2 часа. Такое расписание размещается менеджерами на открытой доске объявлений. Кроме того, Сервис может принимать запросы от пользователей генерировать новые ключи с заданным сроком службы; менеджеры принимают эти запросы и размещают их на открытой доске объявлений. Участники Сервиса создают ключи согласно протокола, подписывают их и опубликовывают подписанные ключевые структуры на открытой доске объявлений.

2) Зашифрование данных при помощи открытых ключей, сгенерированных Сервисом, с заданным сроком.

3) Расшифрование данных при помощи закрытых ключей, которые генерируются Сервисом при достижении заданного срока.

Результат. Далее рассмотрим упрощенную модель функционирования сервиса хранения информации на заданное время на основе вышеописанного протокола.

Участники в рассматриваемой модели:

1) Портал приема заявок от клиентов на хранение конфиденциальной информации;
2) Клиент – пользователь портала;
3) Сервис – три распределенных сервера, удаленных друг от друга. Предполагается, что серверы не вступают в сговор между собой, то есть не передают друг другу конфиденциальные информации.

Общее описание модели:

- Клиент осуществляет стандартный вход в портал;
- Клиент отправляет порталу запрос на шифрование данных;
- Портал отправляет запрос Клиента Сервису с указанием идентификатора клиента, времени отправки запроса и времени, раньше которого нельзя расшифровывать данные Клиента.

Шаг 1. Каждый сервер Сервиса получает запрос, генерирует собственный закрытый ключ, вычисляет собственный открытый ключ и отправляет его другим серверам Сервиса (Рис. 1).

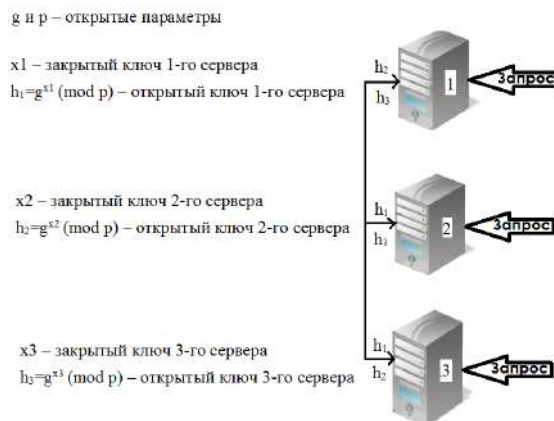


Рисунок 1. Шаг 1.

Шаг 2: Каждый сервер Сервиса получает открытые ключи остальных серверов, вычисляет общий открытый ключ, сохраняет его в своей базе данных с привязкой к указанному в запросе идентификатору Клиента и временным параметрам и отправляет вычисленный общий открытый ключ h порталу (Рис. 2).

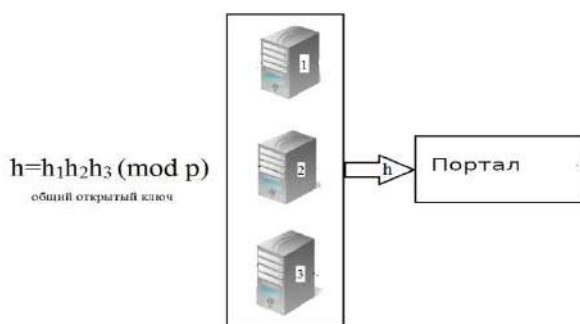


Рисунок 2. Шаг 2.

Шаг 3:

- Портал отправляет полученный открытый ключ h Клиенту;
- Клиент генерирует симметричный ключ s для шифрования данных, зашифровывает свои данные этим ключом, зашифровывает симметричный ключ полученным открытым ключом h по схеме Эль-Гамала и отправляет зашифрованные данные и зашифрованный симметричный ключ Порталу (Рис. 3).

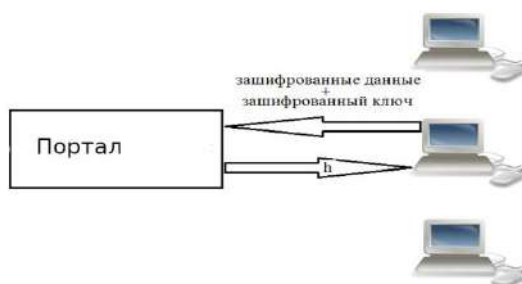


Рисунок 3. Шаг 3.

Шаг 4: Портал сохраняет полученные зашифрованные данные и зашифрованный ключ в своей базе данных с привязкой к указанным в запросе идентификатору Клиента и временным параметрам.

Шаг 5: Портал при достижении времени, раньше которого нельзя расшифровывать данные Клиента, или позже этого времени отправляет запрос Сервису на получение закрытого ключа с указанием идентификатора Клиента, открытого ключа и временных параметров (Рис. 4).



Рисунок 4. Шаг 5.

Шаг 6:

- Каждый сервер Сервиса получает запрос, отправляет собственный закрытый ключ остальным серверам.
- Каждый сервер Сервиса получает закрытые ключи остальных серверов, вычисляет общий закрытый ключ, сохраняет его в своей базе данных с привязкой к соответствующему общему открытому ключу и отправляет закрытый ключ Порталу (Рис. 5).

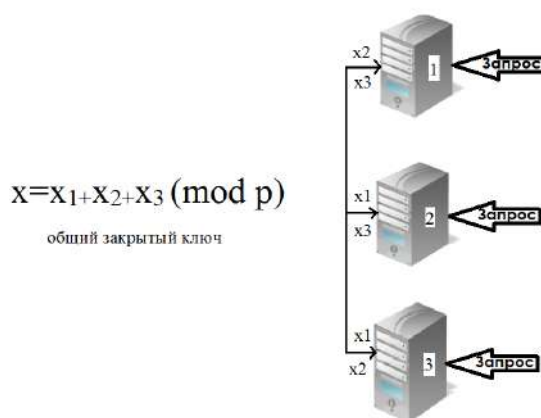


Рисунок 5. Шаг 6.

Шаг 7: Портал получает закрытый ключ, расшифровывает этим ключом симметричный ключ, и расшифровывает данные Клиента.

Обсуждение. В данной работе представлен протокол, обеспечивающий зашифрование сообщений, расшифрование которых будет возможно не ранее заданного времени. В основе его лежит один из подходов к решению задачи отправки секретных сообщений в будущее, известный как Time-Lapse Cryptography (TLC), описанный в [5], [6]. Протокол представляет собой эффективную комбинацию протокола распределенной генерации ключей, протокола

проактивного разделения секрета, асимметричного алгоритма шифрования, алгоритма электронной цифровой подписи. Рассмотрена упрощенная модель функционирования сервиса хранения информации на заданное время на основе представленного протокола. Конечной целью наших исследований является разработка и внедрение практического сервиса шифрования данных на заданное время. Для этого предстоит решить целый ряд задач. Во-первых, нами ведется работа над программной реализацией протокола. Во-вторых, необходимо решить задачу развертывания безопасной и надежной распределенной сети участников сервиса, обеспечивающих генерацию ключей. В-третьих, в перспективе разработать аппаратно-программную реализацию сервиса. В-четвертых, в перспективе рассмотреть возможность использования новых более эффективных алгоритмов и алгоритмов, расширяющих функциональные возможности сервиса. В-пятых, необходимо подробное исследование криптографической стойкости протокола.

Источник финансирования. Данная работа выполнена при финансовой поддержке грантового финансирования МЦРИАП, No AP06850817.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] May, T.C. (1994) *The Cyphernomicon: Cypherpunks FAQ and More*, v. 0.666, September 10, 1994.
- [2] Rivest, R. L., Shamir, A., Wagner, D. A. (1996) "Time-lock puzzles and timed-release crypto", *Technical Report MIT/LCS/TR-684*, MIT.
- [3] Bellare, M., Goldwasser, S. (1997) "Verifiable partial key escrow", *ACM Conference on Computer and Communications Security*, pp. 78–91.
- [4] Blake, I. F., Chan, A. C.-F. (2005) "Scalable, server-passive, user-anonymous timed release public key encryption from bilinear pairing", *Proceedings of 25th IEEE International Conference on Distributed Computing Systems*, pp. 504 – 513.
- [5] Rabin, M.O., Thorpe, C.A. (2006) "Time-lapse cryptography", *Technical report TR-22-06*, Harvard University School of Engineering and Computer Science.
- [6] Rabin, M.O., Thorpe, C.A. (2007) "Method and apparatus for time-lapse cryptography", *U.S. Patent 8,526,621*.
- [7] Thorpe, C.A., Barrientos, M., Rabin, M.O. (2009) "Implementation of A Time-Lapse Cryptography Service", *IEEE Symposium on Security and Privacy*, Oakland.
- [8] Сейткулов Е.Н., Оспанов Р.М., Майманов Е.М. Сервис шифрования данных на заданное время // "Информационная безопасность в свете Стратегии Казахстан-2050": сборник трудов III международной научно-практической конференции (15-16 октября 2015г., Астана). - Астана, 2015. - 400 с. - С. 308-317.
- [9] Tang, C., Chronopoulos, A.T. (2005) "An Efficient Distributed Key Generation Protocol for Secure Communications with Causal Ordering", *Proceedings of IEEE ICPADS 2005, The 11th International Conference on Parallel and Distributed Systems*, 20-22 July 2005, Volume 2, Fukuoka, Japan, pp. 285 - 289.
- [10] Doku, R., Rawat, D. B., Liu, C. (2020) "On the Blockchain-Based Decentralized Data Sharing for Event Based Encryption to Combat Adversarial Attacks", *IEEE Transactions on Network Science and Engineering*, doi: 10.1109/TNSE.2020.2987919.
- [11] Alvarez, R., Nojournian, M. (2019) "Comprehensive Survey on Privacy-Preserving Protocols for Sealed-Bid Auctions", *Computers and Security (C&S), Elsevier*, vol 88, pp. 101502-101515.
- [12] Sun, J., Liu, N. (2017) "Incentivizing Verifiable Privacy-Protection Mechanisms for Offline Crowdsensing Applications", *Sensors*. 2017; 17(9):2024. <https://doi.org/10.3390/s17092024>
- [13] Luong, N. C., Hoang, D. T., Wang, P., Niyato, D., Han, Z. (2017) "Applications of Economic and Pricing Models for Wireless Network Security: A Survey", *IEEE Communications Surveys and Tutorials*, vol. 19, no. 4, 7994586, pp. 2735-2767. <https://doi.org/10.1109/COMST.2017.2732462>
- [14] Herzberg, A., Jarecki, S., Krawczyk, H., Yung, M. (1995) "Proactive secret sharing or: How to cope with perpetual leakage", In: Coppersmith D. (eds) *Advances in Cryptology — CRYPTO' 95*. CRYPTO 1995. Lecture Notes in Computer Science, vol 963. Springer, Berlin, Heidelberg. pp. 339–352. https://doi.org/10.1007/3-540-44750-4_27
- [15] Baron, J., ElDefrawy, K., Lampkins, J., Ostrovsky, R. (2015) "Communication-Optimal Proactive

Secret Sharing for Dynamic Groups”, *Cryptology ePrint Archive*, Report 2015/304, 2015, Available at: <https://eprint.iacr.org/2015/304> (Accessed: 1 June 2021)

[16] Brendel, J., Demirel, D. (2017) “Efficient Proactive Secret Sharing”, *Cryptology ePrint Archive*, Report 2017/719, 2017, Available at: <https://eprint.iacr.org/2017/719> (Accessed: 1 June 2021)

[17] Low, A., Krishna, D., Zhang, F., Wang, L., Zhang, Y., Juels, A., Song, D. (2019) “Proactive Secret Sharing in Dynamic Environments”, EECS Department University of California, *Berkeley Technical Report No. UCB/EECS-2019-62*, May 17, 2019, Available at: <http://www2.eecs.berkeley.edu/Pubs/TechRpts/2019/EECS-2019-62.pdf> (Accessed: 1 June 2021)

REFERENCES

[1] May, T.C. (1994) *The Cyphernomicon: Cypherpunks FAQ and More*, v. 0.666, September 10, 1994.

[2] Rivest, R. L., Shamir, A., Wagner, D. A. (1996) “Time-lock puzzles and timed-release crypto”, *Technical Report MIT/LCS/TR-684*, MIT.

[3] Bellare, M., Goldwasser, S. (1997) “Verifiable partial key escrow”, *ACM Conference on Computer and Communications Security*, pp. 78–91.

[4] Blake, I. F., Chan, A. C.-F. (2005) “Scalable, server-passive, user-anonymous timed release public key encryption from bilinear pairing”, *Proceedings of 25th IEEE International Conference on Distributed Computing Systems*, pp. 504 – 513.

[5] Rabin, M.O., Thorpe, C.A. (2006) “Time-lapse cryptography”, *Technical report TR-22-06*, Harvard University School of Engineering and Computer Science.

[6] Rabin, M.O., Thorpe, C.A. (2007) “Method and apparatus for time-lapse cryptography”, *U.S. Patent 8,526,621*.

[7] Thorpe, C.A., Barrientos, M., Rabin, M.O. (2009) “Implementation of A Time-Lapse Cryptography Service”, *IEEE Symposium on Security and Privacy*, Oakland.

[8] Sejtikulov E.N., Ospanov R.M., Majmanov E.M. Servis shifrovaniya dannyh na zadannoe vremya // “Informacionnaya bezopasnost' v svete Strategii Kazahstan-2050”: sbornik trudov III mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii (15-16 oktjabrja 2015g., Astana). - Astana, 2015. - 400 s. - S. 308-317.

[9] Tang, C., Chronopoulos, A.T. (2005) “An Efficient Distributed Key Generation Protocol for Secure Communications with Causal Ordering”, *Proceedings of IEEE ICPADS 2005, The 11th International Conference on Parallel and Distributed Systems*, 20-22 July 2005, Volume 2, Fukuoka, Japan, pp. 285 - 289.

[10] Doku, R., Rawat, D. B., Liu, C. (2020) “On the Blockchain-Based Decentralized Data Sharing for Event Based Encryption to Combat Adversarial Attacks”, *IEEE Transactions on Network Science and Engineering*, doi: 10.1109/TNSE.2020.2987919.

[11] Alvarez, R., Nojoumian, M. (2019) “Comprehensive Survey on Privacy-Preserving Protocols for Sealed-Bid Auctions”, *Computers and Security (C&S)*, Elsevier, vol 88, pp. 101502-101515.

[12] Sun, J., Liu, N. (2017) “Incentivizing Verifiable Privacy-Protection Mechanisms for Offline Crowdsensing Applications”, *Sensors*. 2017; 17(9):2024. <https://doi.org/10.3390/s17092024>

[13] Luong, N. C., Hoang, D. T., Wang, P., Niyato, D., Han, Z. (2017) “Applications of Economic and Pricing Models for Wireless Network Security: A Survey”, *IEEE Communications Surveys and Tutorials*, vol. 19, no. 4, 7994586, pp. 2735-2767. <https://doi.org/10.1109/COMST.2017.2732462>

[14] Herzberg, A., Jarecki, S., Krawczyk, H., Yung, M. (1995) “Proactive secret sharing or: How to cope with perpetual leakage”, In: Coppersmith D. (eds) *Advances in Cryptology — CRYPTO’ 95*. CRYPTO 1995. Lecture Notes in Computer Science, vol 963. Springer, Berlin, Heidelberg. pp. 339–352. https://doi.org/10.1007/3-540-44750-4_27

[15] Baron, J., ElDefrawy, K., Lampkins, J., Ostrovsky, R. (2015) “Communication-Optimal Proactive Secret Sharing for Dynamic Groups”, *Cryptology ePrint Archive*, Report 2015/304, 2015, Available at: <https://eprint.iacr.org/2015/304> (Accessed: 1 June 2021)

[16] Brendel, J., Demirel, D. (2017) “Efficient Proactive Secret Sharing”, *Cryptology ePrint Archive*, Report 2017/719, 2017, Available at: <https://eprint.iacr.org/2017/719> (Accessed: 1 June 2021)

[17] Low, A., Krishna, D., Zhang, F., Wang, L., Zhang, Y., Juels, A., Song, D. (2019) “Proactive Secret Sharing in Dynamic Environments”, EECS Department University of California, *Berkeley Technical Report No. UCB/EECS-2019-62*, May 17, 2019, Available at: <http://www2.eecs.berkeley.edu/Pubs/TechRpts/2019/EECS-2019-62.pdf> (Accessed: 1 June 2021)

Е.Н. Сейтқұлов*, Р.М. Оспанов, Б.Б. Ергалиева

Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Нұр-Сұлтан, Қазақстан

*e-mail: yerzhan.seitkulov@gmail.com

БЕРІЛГЕН УАҚЫТТА АҚПАРАТТЫ САҚТАУ БІР ӘДІС ТУРАЛЫ

Аннотация. Мақала белгілі бір уақытқа ақпаратты сақтау мәселесіне арналған. Хабарламалардың шифрлануын қамтамасыз ететін криптографиялық протокол ұсынылды, олардың шифрын ашу берілген уақыттан ерте мүмкін болмайды. Протокол - бұл таратылған кілттерді құру хаттамасының, құпияны проактивті бөлу протоколының, асимметриялық шифрлау алгоритмінің, электрондық цифрлық қолтаңба алгоритмінің тиімді үйлесімі. Осындай криптографиялық протоколдың негізінде белгілі бір уақытқа деректерді шифрлаудың практикалық қызметін жасауға және енгізуге болады. Бұл құпия ақпараттың үлкен көлемімен жұмыс істейтін аса маңызды ақпараттық жүйелердің жұмыс істеу қауіпсіздігін қамтамасыз ету мәселелеріндегі маңызды проблемалардың бірі. Атап айтқанда, қолдану ретінде әзірленген практикалық әдістер мен протоколдар белгілі бір уақытқа ақпаратты сақтау қызметі жұмысының балама моделін жасауға мүмкіндік береді. Осы протокол негізінде белгілі бір уақытқа ақпаратты сақтау қызметі жұмысының жеңілдетілген моделі қарастырылады.

Негізгі сөздер: сақтау, ақпарат, криптографиялық протокол, шифрлау, эллиптикалық қисықтар.

Y.N. Seitkulov*, R.M. Ospanov, B.B. Yergaliyeva

L.N. Gumilyov Eurasian National University, Nur-Sultan, Kazakhstan

*e-mail: yerzhan.seitkulov@gmail.com,

ON ONE METHOD OF STORING INFORMATION FOR A SPECIFIED TIME

Abstract. The article is about the problem of storing information for a specified time. A cryptographic protocol is proposed that provides encryption of messages, the decryption of which will be possible no earlier than a specified time. The protocol is an effective combination of a distributed key generation protocol, a proactive secret sharing protocol, an asymmetric encryption algorithm, and an electronic digital signature algorithm. On the basis of such a cryptographic protocol, you can develop and implement a practical data encryption service for a specified time. This is one of the most important problems in ensuring the security of the operation of critical information systems that operate with large amounts of confidential information. In particular, as an application, the developed practical methods and protocols will allow us to develop an alternative model for the operation of the information storage service at a specified time. A simplified model of the operation of the information storage service for a specified time based on this protocol is considered.

Keywords: storage, information, cryptographic protocol, encryption, elliptic curves.

¹Е.Ж. Айтхожаева, ²С. Тынымбаев, ²А.К. Мукашева, ²Р.Ш. Бердибаев,
¹С. Әділбекқызы*

¹Satbayev University, Алматы, Казахстан

²Алматинский университет энергетики и связи имени Г. Даукеева, Алматы, Казахстан

*e-mail: sairani.02.95@mail.ru

БЫСТРОДЕЙСТВУЮЩЕЕ УСТРОЙСТВО ПРИВЕДЕНИЯ ЧИСЕЛ ПО МОДУЛЮ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КРАТНЫХ МОДУЛЯ

Аннотация. Рассматривается аппаратная реализация быстродействующего устройства приведения чисел по модулю. Использован модифицированный алгоритм деления со сдвигом делимого, где на каждом шаге участвуют $n+3$ старших разрядов сначала делимого, а затем получаемых остатков. Сдвиг приводимого числа на каждом шаге на три разряда влево в сторону старших разрядов позволяет ускорить процесс приведения по модулю за счет уменьшения количества шагов приведения по модулю. Основным блоком устройства является блок формирователей частичных остатков, в которых используется вычитание модуля P и кратных модуля P . Для сокращения аппаратных затрат и получения большего быстродействия в ФЧО для определения вычитаемых кратных модуля применены схемы сравнения, что позволяет минимизировать число сумматоров.

Ключевые слова: приведение по модулю, кратные модуля, формирователь частичных остатков

Введение. Разработка быстродействующих операционных блоков аппаратных криптопроцессоров для асимметричного шифрования является актуальной задачей, несмотря на их высокую стоимость. Аппаратная реализация любых криптографических систем является лучшим решением по сравнению с программной реализацией этих же систем. Ниже приведены основные объясняющие причины [1]:

- аппаратные криптопроцессоры характеризуются более высокой производительностью, так как аппаратная реализация криптографических алгоритмов, как и любых других алгоритмов, обеспечивает лучшее быстродействие, чем программная реализация. При этом повышается и производительность центрального процессора компьютера, который не тратит свои ресурсы на криптографические преобразования;

защитить аппаратные устройства всегда гораздо проще от проникновения извне, чем программы, аппаратная реализация криптоалгоритма гарантирует его целостность;

- шифрование и хранение ключей осуществляются не в оперативной памяти компьютера (передатчика информации), в которую могут проникнуть злоумышленники, а в самой плате шифратора.

Этот перечень далеко не полный, поэтому предпочтительнее реализовывать средства криптографической защиты информации в виде специализированных аппаратных процессоров. Эти процессоры встраиваются в линию связи. Вся передаваемая по линии связи информация будет проходить через криптопроцессор, который выполняет шифрование. Таким образом, на выходе криптопроцессора будет зашифрованная информация, которая подлежит передаче по линии связи.

Низкое быстродействие асимметричных систем по сравнению с симметричными системами сужает их область применения, несмотря на такое преимущество, как отсутствие необходимости передачи секретного ключа. Низкое быстродействие – это следствие необходимости выполнения сложных операций. Одним из решений этой проблемы является разработка методов ускорения базовых операций асимметричных криптоалгоритмов. При этом наиболее критичной по времени и наименее разработанной базовой операцией является операция приведения по модулю. При аппаратной реализации приведения по модулю для увеличения быстродействия можно использовать различные теоретико-числовые методы вычисления остатка при делении на модуль P , что приводит к различным структурам устройств [2–13].

Основная часть. На рисунке 1 приведена структурная схема устройства, реализующего данный подход. Используется модифицированный алгоритм деления со сдвигом делимого, где на каждом шаге участвуют $n+3$ старших разрядов сначала делимого, а затем получаемых остатков. В состав устройства входит $(2n+3)$ -разрядный сдвигающий регистр на три разряда влево $РгА$ ($2n$ разрядов основных, 3 разряда дополнительных), блок формирования кратных модуля P , формирователь частичных остатков (ФЧО), блок синхронизации Бл.СИНХ, в состав которого входит вычитающий счетчик $СчТИ$. На входы Бл.СИНХ подается сигнал «ПУСК», тактовый сигнал $ТИ$, двоичный код числа сдвигов $K=n/3$, где n разрядность модуля.

Устройство работает следующим образом. По сигналу «ПУСК» приводимое $2n$ -разрядное число принимается в старшие разряды регистра $РгА$, а n -разрядный модуль P принимается в блок формирования кратных модуля P , где вырабатываются $P \div 7P$ и $\bar{P} \div 7\bar{P}$, в счетчик записывается код K . Содержимое старших n разрядов $РгА$ представляет собой начальный остаток R_0 .

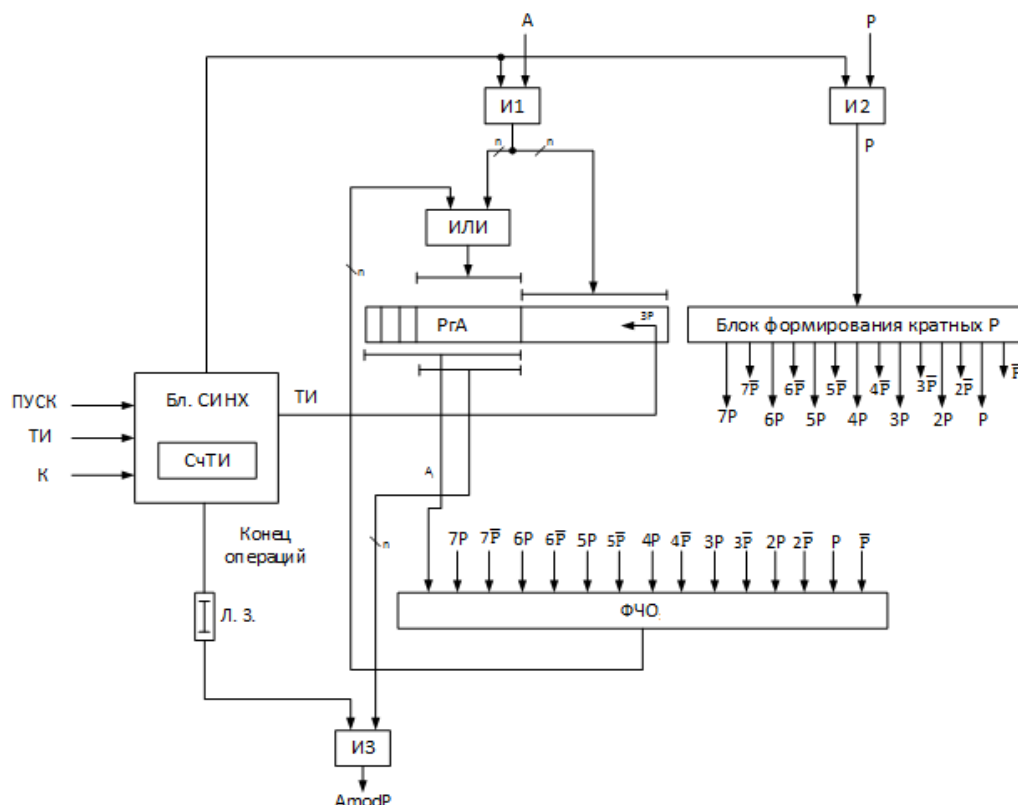


Рисунок 1. Структурная схема устройства приведения числа по модулю со сдвигом приводимого числа на три разряда за такт

После приема операндов с выхода Бл.СИНХ на вход сдвига $РгА$ подается первый тактовый импульс $ТИ1$, который сдвигает на три разряда содержимое регистра $РгА$. И в старших $n+3$ разрядах $РгА$ формируется значение $A_1 = 8R_0 + a_{n-1}a_{n-2}a_{n-3}$, которое передается на входы ФЧО. На другие входы передаются значения кратных модуля $P \div 7P$ и $\bar{P} \div 7\bar{P}$. На выходах ФЧО формируется остаток R_1 , который передается через схему ИЛИ в старшие основные разряды регистра $РгА$.

К моменту окончания формирования частичного остатка R_1 из Бл.СИНХ поступает тактовый импульс $ТИ2$, который сдвигает содержимое регистра $РгА$ на три разряда влево, формируя значение A_2 , которое подается на входы ФЧО и на выходе формируется частичный остаток R_2 . С приходом каждого тактового импульса формируется A_i и выполняется формирование очередного остатка R_i .

После поступления каждого ТИ показания счетчика СчТИ уменьшается на единицу. При СчТИ=0 Бл.СИНХ вырабатывает сигнал «Конец операции», который задерживается на элементе задержки Л.З. на время записи последнего частичного остатка РгА. Этот частичный остаток является результатом. Результат из регистра РгА выводится на выход блока схем ИЗ, задержанным сигналом «Конец операции».

Функциональная схема блока формирования кратных модуля Р, состоящая из одного регистра, трех сумматоров и трех блоков инверторов, приведена на рисунке 2. Код модуля Р до начала операции принимается в регистр РгР. Сумматоры СМ1, СМ2, СМ3 служат для вычисления, соответственно, значений кратных $3P$, $5P$ и $7P$. Соответствующие блоки инверторов 1, 2, 3 служат для формирования инверсных кодов $3\bar{P}$, $5\bar{P}$ и $7\bar{P}$. Значения $2P$ и $2\bar{P}$ получаются путем сдвига P и $\bar{P}$ на один разряд влево в сторону старших разрядов, а значения $4P$ и $4\bar{P}$ путем сдвига P и $\bar{P}$ на два разряда влево в сторону старших разрядов. Значения $6P$ и $6\bar{P}$ получаются путем сдвига $3P$ и $3\bar{P}$ на один разряд влево в сторону старшего разряда.

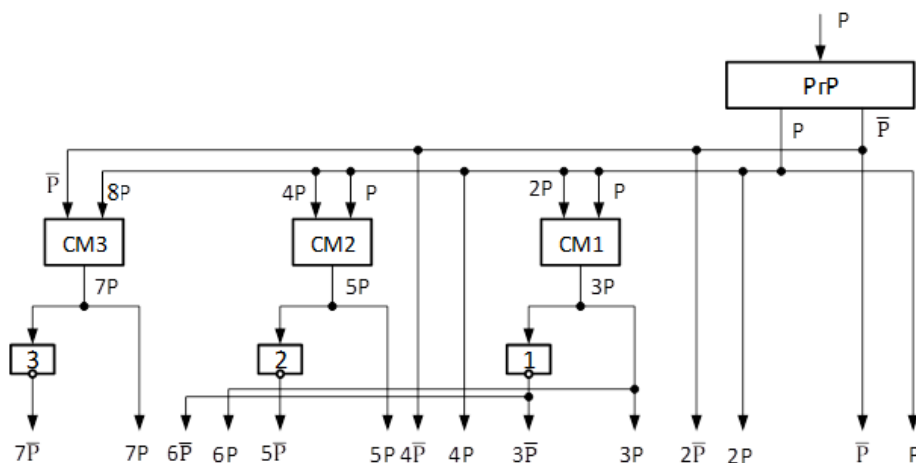


Рисунок 2. Функциональная схема блока формирования кратных модуля Р

Основным блоком устройства является ФЧО, который формирует остаток R_i . На рисунке 3 приведена функциональная схема ФЧО.

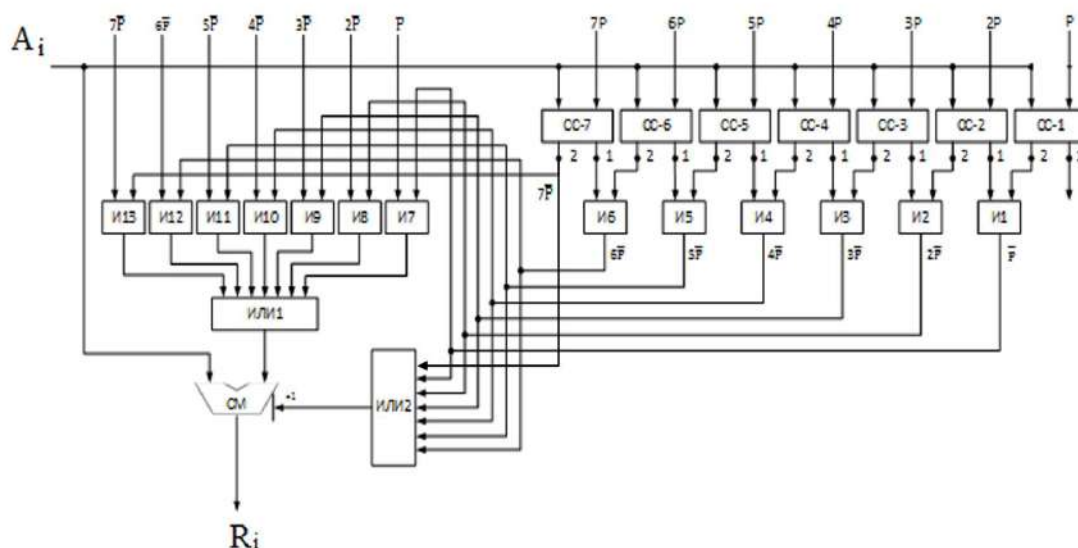


Рисунок 3. Функциональная схема ФЧО

ФЧО состоит из семи схем сравнения СС1÷СС7, сумматора СМ, логических схем И1÷И6, блоков логических схем ИЛИ1, И7÷И13, схемы ИЛИ2. Значение предыдущего остатка R_{i-1} , сдвинутое влево на три разряда с сторону старших разрядов, с присоединенным к нему очередными тремя младшими битами приводимого числа A , определяет значение

$$A_i = 8R_{i-1} + a_{n-2i+1}a_{n-2i}a_{n-2i-1}.$$

Предыдущим остатком в начале операции является значение n основных старших разрядов $2n$ -разрядного приводимого числа A . Значение A_i подается на левые входы сумматора СМ и на левые входы схем СС1÷СС7, где A_i сравнивается одновременно со значениями $P \div 7P$, соответственно. В зависимости от результата сравнения на сумматоре СМ выполняется вычитание или P , или одного из кратных модулей P , что позволяет получить остаток $R_i < P$.

При выполнении операции приведения по модулю на каждом шаге возможен случай, когда текущее приводимое число A_i будет меньше модуля P .

Ниже описывается работа ФЧО, когда текущее приводимое число A_i меньше модуля P .

Если A_i меньше модуля P текущий вычисляемый остаток R_i будет равен A_i . И текущее приводимое число A_i , подаваемое на вход СМ, должно быть выдано на выход сумматора СМ (выход R_i) без изменения. Исключение изменения A_i (вычитания $P \div 7P$) на сумматоре СМ обеспечивается тем, что при сравнении на выходах 2 всех схем СС-1÷СС-7 формируются сигналы «0». Эти сигналы через схемы И1÷И6 блокируют передачу инверсных значений $P \div 7P$ через блоки схем И7÷И13 на правые входы сумматора СМ. На выходе схемы ИЛИ2 также формируется сигнал «0». Вычитание на сумматоре СМ не выполняется. A_i без изменения поступает на выход ФЧО.

Но если A_i не меньше модуля P , то необходимо на сумматоре СМ обеспечить выполнение вычитания одного из кратных модуля P . Должно вычитаться то значение кратное модулю P , которое даст наименьший положительный остаток. Для этого используются схемы сравнения СС-1÷СС-7, на которых выполняется одновременно сравнение текущего A_i с $P \div 7P$, соответственно. В зависимости от значений сигналов на выходах 1 и 2 схем сравнения СС-1÷СС-7 определяется нужное для вычитания кратное модуля P .

Ниже описывается работа ФЧО, когда текущее приводимое число A_i больше модуля P .

Схема СС-1 сравнивает A_i с P и формирует на выходе 2 сигнал «1». Схема СС-2 сравнивает A_i с $2P$. Если A_i меньше $2P$, то формируется на выходе 2 сигнал «0», а на выходе 1 сигнал «1». В этом случае все остальные схемы СС-3÷СС7 формируют на выходах 2 сигнал «0», а на выходе 1 сигнал «1». Таким образом, только на входах схемы И1 все сигналы равны «1», что приводит к тому, что на выходе И1 сигнал равен «1». Этот единичный сигнал подается на управляющий вход блока схем И7, разрешая прохождение $\bar{P}$ на правый вход сумматора СМ. Этот же единичный сигнал формирует через схему ИЛИ2 сигнал «1», который подается на вход «+1» сумматора. На сумматоре СМ выполняется вычитание $A_i - P$ (операция $R_i = A_i + \bar{P} + 1$).

Когда на выходе 2 схемы СС-2 сигнал «1», а на выходе 1 сигнал «0», то это означает, что A_i больше $2P$. И в этом случае необходимо определить, какое из кратных модуля P ($2P \div 7P$) должно использоваться при вычитании на сумматоре СМ для определения текущего частичного остатка R_i , который должен быть меньше A_i . Работа схем сравнения СС-3÷СС-7 позволяет это сделать. Если на выходе 1 схемы СС-3 сигнал «1», а на выходе 2 сигнал «0», то это означает, что A_i меньше $3P$. И, с учетом того, что на выходе 2 схемы СС-2 сигнал «1», на оба входа схемы И2 подаются единичные сигналы. При этом с выходов 2 схем СС-3÷СС-7 и с выхода 1 схемы СС-2 нулевые сигналы блокируют работу схем И7, И9÷И13 через схемы И1, И3÷И6. Единичный сигнал с выхода схемы И2 подается на управляющий вход блока схем И8, разрешая прохождение только $2\bar{P}$ на правый вход сумматора СМ. Этот же единичный сигнал формирует через схему ИЛИ2 сигнал «1», который подается на вход «+1» сумматора. На сумматоре СМ выполняется вычитание $A_i - 2P$ (операция $R_i = A_i + 2\bar{P} + 1$).

Если A_i не только больше $2P$, но и больше $3P$, то и на выходе 2 схемы СС-3 сигнал «1», а на выходе 1 сигнал «0». И в этом случае необходимо определить, какое из кратных модуля P ($3P \div 7P$) должно использоваться при вычитании на сумматоре СМ для определения текущего частичного остатка R_i , который должен быть меньше A_i . Схемы сравнения СС-4÷СС-7, сравнивая A_i с $4P \div 7P$, соответственно, определяют необходимое кратное модуля P для вычитания. Если на выходе 1 схемы СС-4 сигнал «1», а на выходе 2 сигнал «0», то это означает, что A_i меньше $4P$. И, с учетом того, что на выходе 2 схемы СС-3 сигнал «1», на оба входа схемы И3 подаются единичные сигналы. При этом с выходов 2 схем СС-4÷СС-7 и с выходов 1 схем СС-2 и СС-3 нулевые сигналы блокируют работу схем И7, И8, И10÷И13 через схемы И1, И2, И4÷И6. Единичный сигнал с выхода схемы И3 подается на управляющий вход блока схем И9, разрешая прохождение только $3\bar{P}$ на правый вход сумматора СМ. Этот же единичный сигнал формирует через схему ИЛИ2 сигнал «1», который подается на вход «+1» сумматора. На сумматоре СМ выполняется вычитание $A_i - 3P$ (операция $R_i = A_i + 3\bar{P} + 1$).

Если A_i не только больше $2P$, $3P$, но и больше $4P$, то и на выходе 2 схемы СС-4 сигнал «1», а на выходе 1 сигнал «0». Схемы сравнения СС-5÷СС-7, сравнивая A_i с $5P \div 7P$, соответственно, определяют необходимое кратное модуля P для вычитания на сумматоре СМ для определения текущего частичного остатка R_i , который должен быть меньше A_i . Если на выходе 1 схемы СС-5 сигнал «1», а на выходе 2 сигнал «0», то это означает, что A_i меньше $5P$. И, с учетом того, что на выходе 2 схемы СС-4 сигнал «1», на оба входа схемы И4 подаются единичные сигналы. При этом с выходов 2 схем СС-5÷СС-7 и с выходов 1 схем СС-2÷СС-4 нулевые сигналы блокируют работу схем И7÷И9, И11÷И13 через схемы И1÷И3, И5÷И6. Единичный сигнал с выхода схемы И4 подается на управляющий вход блока схем И10, разрешая прохождение только $4\bar{P}$ на правый вход сумматора СМ. Этот же единичный сигнал формирует через схему ИЛИ2 сигнал «1», который подается на вход «+1» сумматора. На сумматоре СМ выполняется вычитание $A_i - 4P$ (операция $R_i = A_i + 4\bar{P} + 1$).

Если A_i не только больше $2P$, $3P$, $4P$, но и больше $5P$, то и на выходе 2 схемы СС-5 сигнал «1», а на выходе 1 сигнал «0». Схемы сравнения СС-6÷СС-7, сравнивая A_i с $6P \div 7P$, соответственно, определяют кратное модуля P , вычитаемое из A_i . Если на выходе 1 схемы СС-6 сигнал «1», а на выходе 2 сигнал «0», то это означает, что A_i меньше $6P$. И, с учетом того, что на выходе 2 схемы СС-5 сигнал «1», на оба входа схемы И5 подаются единичные сигналы. При этом с выходов 2 схем СС-6÷СС-7 и с выходов 1 схем СС-2÷СС-5 нулевые сигналы блокируют работу схем И7÷И10, И12, И13 через схемы И1÷И4, И6. Единичный сигнал с выхода схемы И5 подается на управляющий вход блока схем И11, разрешая прохождение только $5\bar{P}$ на правый вход сумматора СМ. Этот же единичный сигнал формирует через схему ИЛИ2 сигнал «1», который подается на вход «+1» сумматора. На сумматоре СМ выполняется вычитание $A_i - 5P$ (операция $R_i = A_i + 5\bar{P} + 1$).

Если A_i больше $6P$, то на выходах 2 схем СС-1÷СС6 единичные сигналы, а на выходах 1 нулевые сигналы. Кратное модуля P , необходимое для вычитания из A_i , определяется по результату сравнения на схеме СС-7. Если на выходе 1 схемы СС-7 сигнал «1», а на выходе 2 сигнал «0», то это означает, что A_i меньше $7P$. И, с учетом того, что на выходе 2 схемы СС-6 сигнал «1», на оба входа схемы И6 подаются единичные сигналы. При этом с выхода 2 схемы СС-7 и с выходов 1 схем СС-2÷СС-6 нулевые сигналы блокируют работу схем И7÷И11, И13 через схемы И1÷И5. Единичный сигнал с выхода схемы И6 подается на управляющий вход блока схем И12, разрешая прохождение только $6\bar{P}$ на правый вход сумматора СМ. Этот же единичный сигнал формирует через схему ИЛИ2 сигнал «1», который подается на вход «+1» сумматора. На сумматоре СМ выполняется вычитание $A_i - 6P$ (операция $R_i = A_i + 6\bar{P} + 1$).

При условии A_i больше $7P$ на выходе 2 СС-7 формируется сигнал «1», который подается на вход схемы ИЛИ2 и на управляющий вход блока схем И13, что приводит к выполнению сумматором СМ операции $R_i = A_i + 7\bar{P} + 1$. При этом с с выходов 1 схем СС-2÷СС-7 нулевые сигналы блокируют работу схем И7÷И12 через схемы И1÷И6.

Для лучшего понимания и наглядности все рассмотренные выше случаи сведены в таблицу 1, в которой приведены условия выполнения и выполняемые сумматором СМ в ФЧО операции по результатам сравнения на схемах СС-1÷СС-7 текущего приводимого числа A_i со значением кратных модуля P ($P \div 7P$).

Таблица 1. Выполнение операции по результатам сравнения A_i с кратными модуля $P \div 7P$

№ п/п	Соотношения	Сигналы «1» на выходах схем СС-1÷СС-7	Выполняемые операции в СМ
1	$A_i < P$	СС-1, выход 1 ($A_i < P$)	$R_i = A_i$
2	$P \leq A_i < 2P$	СС-1, выход 2 ($A_i \geq P$) СС-2, выход 1 ($A_i < 2P$)	$R_i = A_i + \bar{P} + 1$
3	$2P \leq A_i < 3P$	СС-1, выход 2 ($A_i \geq P$) СС-2, выход 2 ($A_i \geq 2P$) СС-3, выход 1 ($A_i < 3P$)	$R_i = A_i + 2\bar{P} + 1$
4	$3P \leq A_i < 4P$	СС-1, выход 2 ($A_i \geq P$) СС-2, выход 2 ($A_i \geq 2P$) СС-3, выход 2 ($A_i \geq 3P$) СС-4, выход 1 ($A_i < 4P$)	$R_i = A_i + 3\bar{P} + 1$
5	$4P \leq A_i < 5P$	СС-1, выход 2 ($A_i \geq P$) СС-2, выход 2 ($A_i \geq 2P$) СС-3, выход 2 ($A_i \geq 3P$) СС-4, выход 2 ($A_i \geq 4P$) СС-5, выход 1 ($A_i < 5P$)	$R_i = A_i + 4\bar{P} + 1$
6	$5P \leq A_i < 6P$	СС-1, выход 2 ($A_i \geq P$) СС-2, выход 2 ($A_i \geq 2P$) СС-3, выход 2 ($A_i \geq 3P$) СС-4, выход 2 ($A_i \geq 4P$) СС-5, выход 2 ($A_i \geq 5P$) СС-6, выход 1 ($A_i < 6P$)	$R_i = A_i + 5\bar{P} + 1$
7	$6P \leq A_i < 7P$	СС-1, выход 2 ($A_i \geq P$) СС-2, выход 2 ($A_i \geq 2P$) СС-3, выход 2 ($A_i \geq 3P$) СС-4, выход 2 ($A_i \geq 4P$) СС-5, выход 2 ($A_i \geq 5P$) СС-6, выход 2 ($A_i \geq 6P$) СС-7, выход 1 ($A_i < 7P$)	$R_i = A_i + 6\bar{P} + 1$
8	$7P \geq A_i$	СС-1, выход 2 ($A_i \geq P$) СС-2, выход 2 ($A_i \geq 2P$) СС-3, выход 2 ($A_i \geq 3P$) СС-4, выход 2 ($A_i \geq 4P$) СС-5, выход 2 ($A_i \geq 5P$) СС-6, выход 2 ($A_i \geq 6P$) СС-7, выход 2 ($A_i \geq 7P$)	$R_i = A_i + 7\bar{P} + 1$

Пример.

Пусть $A = 2602_{10} = \{ a_{11}a_{10}a_9a_8a_7a_6a_5a_4a_3a_2a_1a_0; 1 \ 0 \ 1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 1 \ 0 \ 1 \ 0 \ 1 \ 0_2 \};$

$P=55_{10}=110111_2$; $2P=110_{10}$, $3P=165_{10}$; $4P=220_{10}$; $5P=275_{10}$; $6P=330_{10}$; $7P=385_{10}$.

$n=12$, $n=6$. Первоначальное значение СчТИ равно $K=n/3=2_{10}=10_2$.

Значение нулевого (начального) остатка R_0 составляют старшие шесть разрядов числа A , т.е. $R_0=101000_2=40_{10}$. Для наглядности вычисления по определению остатка выполнены в десятичной системе счисления и приведены в таблице 2.

Таблица 2. Вычисления по приведению числа А по модулю Р

Тактовые импульсы	Изменения значения СчТИ	Выполняемые действия в регистре А и в формирователе частичных остатков (ФЧО)
ТИ1	$SчТИ - 1_{10} = 10_2 - 01_2 = 01_2 = 1_{10}$	В регистре А: $A_1 = 8R_0 + a_5a_4a_3 = 8 \cdot 40 + 5 = 325_{10}$. В ФЧО: так как $275 < 325 < 330$ ($5P < A_1 < 6P$), то $R_1 = A_1 - 5P = 325 - 275 = 50_{10}$
ТИ2	$SчТИ - 1 = 01_2 - 01_2 = 00_2 = 0_{10}$ Конец операции	В регистре А: $A_2 = 8R_1 + a_2a_1a_0 = 8 \cdot 50 + 2 = 402_{10}$. В ФЧО: так как $385 < 402$ ($7P < A_2$), то $R_2 = R_1 - A_2 - 7P = 402 - 385 = 17_{10}$

Проверка:

$$R = A - \left\lfloor \frac{A}{P} \right\rfloor \cdot P = 2602 - \left\lfloor \frac{2602}{55} \right\rfloor \cdot 55 = 2602 - 47 \cdot 55 = 2602 - 2585 = 17_{10}$$

Заключение. Устройство приведения чисел по модулю с использованием кратных модуля и сдвигом приводимого числа на каждом шаге на три разряда влево в сторону старших разрядов позволяет ускорить приведение по модулю за счет уменьшения в три раза количества шагов приведения по модулю, но при этом увеличиваются аппаратные затраты. Для сокращения аппаратных затрат и получения большего быстродействия в ФЧО для определения вычитаемых кратных модуля применены вместо сумматоров схемы сравнения. Если для этих целей в ФЧО применить сумматоры, то для этого потребовалось бы семь сумматоров, что приводит к большим аппаратным затратам.

Дальнейшим направлением исследования является моделирование разработанного устройства приведения по модулю. В качестве среды для проектирования и отладки проекта могут быть использованы программные продукты САПР (Quartus Prime Lite Edition или Vivado Design Suite), которые позволяют построить модели устройства и проверить его работоспособность с иллюстрацией на временных диаграммах, а также получить временные характеристики моделируемого устройства. САПР позволяют выполнить, как функциональное, так и временное моделирование, т.е. проверить правильность работы цифрового устройства и работу с учетом задержки распространения сигналов в реальной программируемой логической интегральной схеме.

Быстродействующее устройство может использоваться как в криптопроцессорах, так и в цифровых вычислительных устройствах.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Айтхожаева, Е.Ж. Аспекты аппаратного приведения по модулю в асимметричной криптографии [Текст] / Е.Ж. Айтхожаева, С.Т. Тынымбаев // Вестник Национальной Академии Наук Республики Казахстан. -2014. -№5 (375). -С. 88-93.
- [2] Панкратова, И.А. Теоретико-числовые методы криптографии [Текст]: Учебное пособие. / И.А. Панкратова // Томский государственный университет. Томск: ТГУ, 2009. -120 с.
- [3] Ковтун, М. Обзор и классификация алгоритмов деления и приведения по модулю больших целых чисел для криптографических приложений / М. Ковтун, В. Ковтун // Компания Сайфер. -2017. (<http://docplayer.ru/30671408-Obzor-i-klassifikaciya-algoritmov-deleniya-i-privedeniya-po-modulyu-bolshih-celyh-chisel-dlya-kriptograficheskikh-prilozheniy.html>).
- [4] Умножитель по модулю: пат. 2299461 С1 Рос. Федерация. МПК G06F 7/523, G06F 7/72 / Петренко В.И., Кузьминов Ю.В.; заявитель и патентообладатель Петренко В.И., Кузьминов Ю.В. - №2005130895/09; заявл. 05.10.2005; опубл. 20.05.2007, Бюл. №14.
- [5] Устройство для формирования остатка по произвольному модулю: пат. 2368942 С2 Рос. Федерация. МПК G06F 7/72, H03M 7/18 / Петренко В.И., Сидорчук А.В., Кузьминов Ю.В.; заявитель и патентообладатель Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Ставропольский военный институт связи РВ"- № 2007124282/09; заявл. 27.06.2007; опубл. 27.09.2009. Бюл. №27.
- [6] Устройство для формирования остатка по произвольному модулю от числа: пат. 2445730 С2

Рос. Федерация. МПК H03M 7/18, G06F 7/72 / Копытов В.В., Петренко В.И., Сидорчук А.В.; заявитель и патентообладатель Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Ставропольский военный институт связи РВ"- № 2010106685/08; заявл. 24.02.2010; опубл. 20.03.2012 Бюл. № 8.

[7] Орлов, С. А. Организация ЭВМ и систем [Текст]: фундаментальный курс по архитектуре и структуре современных компьютерных средств 3-изд / С.А. Орлов, Б.Я. Цилькер -. СПб.: Питер Пресс, 2014. -688 с.: ил.

[8] Устройство для формирования остатка по заданному модулю: пат. 2421781 C1 Рос. Федерация. МПК G06F 7/72, H03M 7/18 / Захаров В.М., Столов Е.Л., Шалагин С.В.; заявитель и патентообладатель Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования Казанский государственный технический университет им. А.Н. Туполева - №2009138613/08; заявл. 19.10.2009; опубл. 20.06.2011, Бюл. №17.

[9] Method and apparatus for efficient modulo multiplication: pat. 8417756 B2 United States. Int. Cl. G06F 7/38 / Pisek E., Henige T.M.; Assignee: Samsung Electronics Co., Ltd., - № 12/216,896; Filed 11.07.2008; Date of Patent 09.04.2013.

[10] Method and apparatus for modulus reduction: pat. 8862651 B2 United States. Int. Cl. G06F 7/38, G06F 7/72, H04L 9M32, H04L 9/30/ Lambert R.J.; Assignee: Certicom Corp., Mississauga -№ 12/609,772; Filed 30.10.2009; Date of Patent 14.10.2014.

[11] Method for arbitrary-precision division or modular reduction: pat. 9042543 B2 United States. Int. Cl. H04L 9/00, H04L 9M32 / Bockes M., Pulkus J.; Assignee: GIESECKE & DEVRIENT GMBH, Munich - № 13/885, 878; Filed 16.11.2011; Date of Patent 26.05.2015.

[12] Yu, H. Efficient Modular Reduction Algorithm Without Correction Phase [Текст] / H. Yu, G. Bai, H. Hao In: Wang J., Yap C. (eds) // Frontiers in Algorithmics FAW 2015. Lecture Notes in Computer Science. -2015. -№9130. -P. 304-313. doi: 10.1007/978-3-319-19647-3_28.

[13] Tynymbayev, S. High speed device for modular reduction [Text] / S. Tynymbayev, Y.Zh. Aitkhozhayeva, S. Adilbekkyzy // Bulletin of National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. -2018. -№6(376). -P.147-152. doi: 10.32014/2018.2518-1467.38

[14] Tynymbayev, S. Modular reduction based on the divider by blocking negative remainders [Text] / S. Tynymbayev, S.A. Gnatyuk, Y.Zh. Aitkhozhayeva, R.Sh. Berdibayev, T.A. Namazbayev // News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of Geology and Technical Sciences. - 2019. №2(434). -P. 238-248. doi: 10.32014/2018.2518-1467.38.

[15] Tynymbayev, S. High-speed devices for modular reduction with minimal hardware costs [Text] / S. Tynymbayev, R.Sh. Berdibayev, T.K. Omar, Y.Zh. Aitkhozhayeva, A.A. Shaikulova, S. Adilbekkyzy // Cogent Engineering. -2019. -№6 (1), -P. 1–12. doi: 10.1080/23311916.2019.1697555

REFERENCES

[1] Ajthozhaeva, E.Zh. Aspekty apparatnogo privedeniya po modulyu v asimmetrichnoj kriptografii [Tekst] / E.Zh. Ajthozhaeva, S.T. Tynymbayev // Vestnik Nacional'noj Akademii Nauk Respubliki Kazahstan. -2014. -№5 (375). -S. 88-93.

[2] Pankratova, I.A. Teoretiko-chislovye metody kriptografii [Tekst]: Uchebnoe posobie. / I.A. Pankratova // Tomskij gosudarstvennyj universitet. Tomsk: TGU, 2009. -120 s.

[3] Kovtun, M. Obzor i klassifikaciya algoritmov deleniya i privedeniya po modulyu bol'shih celyh chisel dlja kriptograficheskikh prilozhenij / M. Kovtun, V. Kovtun // Kompaniya Sajfer. -2017. (<http://docplayer.ru/30671408-Obzor-i-klassifikaciya-algoritmov-deleniya-i-privedeniya-po-modulyu-bolshih-celyh-chisel-dlya-kriptograficheskikh-prilozheniy.html>).

[4] Umnozhitel' po modulyu: pat. 2299461 C1 Ros. Federaciya. MPK G06F 7/523, G06F 7/72 / Petrenko V.I., Kuz'minov Ju.V.; zajavitel' i patentoobladatel' Petrenko V.I., Kuz'minov Ju.V. - №2005130895/09; zajavl. 05.10.2005; opubl. 20.05.2007, Bjul. №14.

[5] Ustrojstvo dlja formirovaniya ostatka po proizvol'nomu modulyu: pat. 2368942 S2 Ros. Federaciya. MPK G06F 7/72, H03M 7/18 / Petrenko V.I., Sidorchuk A.V., Kuz'minov Ju.V.; zajavitel' i patentoobladatel' Gosudarstvennoe obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego professional'nogo obrazovaniya "Stavropol'skij voennyj institut svjazi RV"- № 2007124282/09; zajavl. 27.06.2007; opubl. 27.09.2009. Bjul. №27.

[6] Ustrojstvo dlja formirovaniya ostatka po proizvol'nomu modulyu ot chisla: pat. 2445730 S2 Ros. Federaciya. MPK H03M 7/18, G06F 7/72 / Kopytov V.V., Petrenko V.I., Sidorchuk A.V.; zajavitel' i patentoobladatel' Gosudarstvennoe obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego professional'nogo obrazovaniya "Stavropol'skij voennyj institut svjazi RV"- № 2010106685/08; zajavl. 24.02.2010; opubl. 20.03.2012 Bjul. № 8.

- [7] Orlov, S. A. Organizacija JeVM i sistem [Tekst]: fundamental'nyj kurs po arhitekture i strukture sovremennyh komp'yuternyh sredstv 3-izd / S.A. Orlov, B.Ja. Cil'ker -. SPb.: Piter Press, 2014. -688 s.: il.
- [8] Ustrojstvo dlja formirovanija ostatka po zadannomu modulju: pat 2421781 S1 Ros. Federacija. MPK G06F 7/72, H03M 7/18 / Zaharov V.M., Stolov E.L., Shalagin S.V.; zajavitel' i patentoobladatel' Gosudarstvennoe obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego professional'nogo obrazovanija Kazanskij gosudarstvennyj tehničeskij universitet im. A.N. Tupoleva - №2009138613/08; zajavl. 19.10.2009; opubl. 20.06.2011, Bjul. №17.
- [9] Method and apparatus for efficient modulo multiplication: pat. 8417756 B2 United States. Int. Cl. G06F 7/38 / Pisek E., Henige T.M.; Assignee: Samsung Electronics Co., Ltd., - № 12/216,896; Filed 11.07.2008; Date of Patent 09.04.2013.
- [10] Method and apparatus for modulus reduction: pat. 8862651 B2 United States. Int. Cl. G06F 7/38, G06F 7/72, H04L 9M32, H04L 9/30/ Lambert R.J.; Assignee: Certicom Corp., Mississauga -№ 12/609,772; Filed 30.10.2009; Date of Patent 14.10.2014.
- [11] Method for arbitrary-precision division or modular reduction: pat. 9042543 B2 United States. Int. Cl. H04L 9/00, H04L 9M32 / Bockes M., Pulkus J.; Assignee: GIESECKE & DEVRIENT GMBH, Munich - № 13/885, 878; Filed 16.11.2011; Date of Patent 26.05.2015.
- [12] Yu, H. Efficient Modular Reduction Algorithm Without Correction Phase [Tekst] / H. Yu, G. Bai, H. Hao In: Wang J., Yap C. (eds) // Frontiers in Algorithmics FAW 2015. Lecture Notes in Computer Science. -2015. -№9130. -R. 304-313. doi: 10.1007/978-3-319-19647-3_28.
- [13] Tynymbayev, S. High speed device for modular reduction [Text] / S. Tynymbayev, Y.Zh. Aitkhozhayeva, S. Adilbekkyzy // Bulletin of National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. -2018. -№6(376). -P.147-152. doi: 10.32014/2018.2518-1467.38
- [14] Tynymbayev, S. Modular reduction based on the divider by blocking negative remainders [Text] / S. Tynymbayev, S.A. Gnatyuk, Y.Zh. Aitkhozhayeva, R.Sh. Berdibayev, T.A. Namazbayev // News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of Geology and Technical Sciences. - 2019. №2(434). -P. 238-248. doi: 10.32014/2018.2518-1467.38.
- [15] Tynymbayev, S. High-speed devices for modular reduction with minimal hardware costs [Text] / S. Tynymbayev, R.Sh. Berdibayev, T.K. Omar, Y.Zh. Aitkhozhayeva, A.A. Shaikulova, S. Adilbekkyzy // Cogent Engineering. -2019. -№6 (1), -P. 1–12. doi: 10.1080/23311916.2019.1697555

¹Е.Ж. Айтхожаева, ²С. Тынымбаев, ²А.К. Мұқашева,
²Р.Ш. Бердибаев, ¹С. Әділбекқызы*

¹Satbayev University, Алматы, Қазақстан

²Г. Дәукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс университеті, Алматы, Қазақстан

*e-mail: sairana.02.95@mail.ru

МОДУЛЬДІҢ БІРНЕШЕ ЕСЕЛІКТЕРІН ҚОЛДАНА ОТЫРЫП, МОДУЛЬ БОЙЫНША САНДАРДЫ КЕЛТІРУДІҢ ЖЫЛДАМ ӘРЕКЕТ ЕТЕТІН ҚҰРЫЛҒЫСЫ

Аңдатпа. Сандарды модуль бойынша келтіруге арналған жылдам әрекет ететін құрылғының аппаратты жолмен жүзеге асырылуы қарастылуда. Модификацияланған бөлінгіштің ығысумен бөлу алгоритмі қолданылды, әр қадамда алдымен бөлінгіштің $n+3$ жоғарғы разряды, содан кейін алынған қалдықтардың қатысады. Келтірілетін санды әр қадамда үш разрядқа солға қарай жоғары разрядқа ығыстыру модульге келтіру қадамдарының санын азайту арқылы модуль келтіру процесін жылдамдатуға мүмкіндік береді. Құрылғының негізгі блогы - жекелеген қалдықтарды қалтастырғыш блогы (ЖҚК), олар Р модулін және Р модулінің еселігін азайту қолданады. Аппараттық шығындарды азайту және жақсы өнімділікке жету үшін ЖҚК-де модульдің алынып тасталған еселіктерін анықтау үшін салыстыру схемалары қолданылады, бұл сумматор санын азайтуға мүмкіндік береді.

Негізгі сөздер: модуль бойынша келтіру, модульдің еселігі, жекелеген қалдықтарды қалтастырғыш

¹Y.Zh. Aitkhozhayeva, ²S.Tynymbayev, ²A.K Mukasheva,

²R.Sh. Berdybaev, ¹S. Adilbekkyzy*

¹Satbayev University, Almaty, Kazakhstan

²Almaty university of power engineering and telecommunications named after G.Daukeev, Almaty, Kazakhstan

*e-mail: sairan.02.95@mail.ru

HIGH-SPEED MODULAR REDUCTION DEVICE USING MULTIPLES OF MODULE

Abstract. A hardware implementation of a high-speed device for reducing numbers modulo is considered. We used a modified division algorithm with a shift of the dividend, where at each step $n + 3$ most significant bits of the dividend, and then the resulting remainders, participate. The shift of the reduced number at each step by three bits to the left towards the higher bits shifted and it makes it possible to speed up the process of reduction in modulus by reducing the number of modular reduction steps. The main unit of the device is a block of partial remainder formers (PRFs), which use subtraction of the P modulus and multiples of the P modulus.

Keywords: modulo reduction, modulus multiples, partial remainder formers

¹D. Berdysheva, ¹A. Askhatuly, ²D. Yedilkhan*¹Kazakh national university after al-Farabi, Almaty, Kazakhstan²Astana IT-University, Nur-Sultan, Kazakhstan

*e-mail: yedilkhan@gmail.com

REVIEW ON METHODS OF IMPROVING INFORMATION SECURITY POSTURE OF THE COMPANY BY INCREASING END USER AWARENESS

Abstract. Employees can potentially expose their organizations to huge amount of cyber risk. This may happen through falling for phishing attacks, careless handling of sensitive data, or poor password management, many data breaches are directly or indirectly caused by user awareness issues. To tackle this, mature companies have implemented security awareness program initiatives. However, without fostering feelings of responsibility and accountability for cybersecurity among employees, these programs will not necessarily make an organization any safer or less vulnerable.

This article provides general review on different ways of establishing robust security culture within companies and building effective security programs. The report also discusses current approaches and challenges of implementing information security awareness programs.

Keywords: information security, human factor in security, cybersecurity awareness.

Building security culture. Establishing an organization wide culture of information security is top priority for the most security leaders and management. It cannot be denied that people represent the most important chain in resiliency program against attacks. Therefore, a security culture highly concentrates on behavioral change.

Study outlines several aspects which are crucial for establishing security culture in the whole organization, such as [1]:

- Leadership and communication – visibility of strong leadership among internal security team helps to build desired image of the function and as a result create a better security culture in the organization. As for communication, it is important to pay attention to tone and demeanor when communicating with other functions.

- Network and collaboration – security function should be well known across the organization.

- Vision of the company should be clearly shared on all levels of the organization and trust to the employees should be maintained, so no hidden agendas take place.

- Existence of an Advisory Board, which contributes to promotion of cybersecurity throughout the organization.

- Employee engagement, where importance of realistic simulation tests over training programs are highlighted. Employees in the Company should be viewed as an asset not weakness.

- Recruitment of security ambassadors – IT help desk is referred to be an important ambassador, since this function receives calls and emails and need to be involved from the very beginning

- Definition of meaningful metrics for security department which will help the business to understand what security is doing, what value the function is creating for enterprise. For example, correlation of the reduction in security incidents with relative costs over time.

Culture is a critical characteristic of establishing a security program that reaches all employees in the organization. It is important to understand that information security is not always something procedural and mechanical, it is people centric. The people aspect is further reviewed in the next sections of this article.

How to increase information security awareness. It cannot be denied how considerable amount of work, in both public and private sectors of various industries and businesses, heavily relies on IT systems. Hence, they must be secured and protected. Although, several techniques and policies exist that can be used to control users' behavior, they are not always provide positive results. Most probably it can be explained by the fact that people are not aware of risks, the ways to protect information assets and manage the risk properly.

According to the US National Institute of Standards and Technology (NIST) delivering training programs is not sufficient for raising awareness. The key is to raise the awareness of people to properly understand and react to threats adequately [2]. It is important to highlight that while various organizations like governmental bodies and the private sector have made significant investments into technology to ensure information security, people are the main target of the most cyberattacks and often this fact is not taken into consideration. Therefore, the main idea behind any information security policy or program should be the change of people's behavior.

Any security awareness program is driven by the fundamental reasons like regulatory mandates, retaining assets, increasing value, ethical considerations (especially when it comes to management of personal information), protection from threats and risks (for example, financial loss, reputation). Information security and privacy awareness training program can be viewed from the perspective of regulatory, business, and personal benefits. Regulatory benefits include presentation of compliance with external information security, privacy laws and regulations, protection of personal data of employees and customers. Also, awareness program hugely contributes to the above-mentioned establishment of security culture and environment, protects public image of the enterprise.

There are different methods on how to increase the awareness on information security within the organizations, including posters, offline trainings, tests, videos, games, information security awareness content on intranet page, and simulations. The study was performed to examine those methods versus factors affecting cybersecurity awareness, such as [3]:

- knowledge on the vulnerability
- realizing an impact of attack
- recognizing that the attack can take place at any time
- ability to protect information during a real attack
- cyberresilience
- recognizing the importance of information security

The research shows that the most effective training methods for cybersecurity awareness are simulation based and instructor led methods. However, authors suggest using integrated method of simulation and online training for a large organization with a high number of employees. The prototype for evaluation and enhancing information security awareness using integrated approach is depicted in Figure 1 [3].

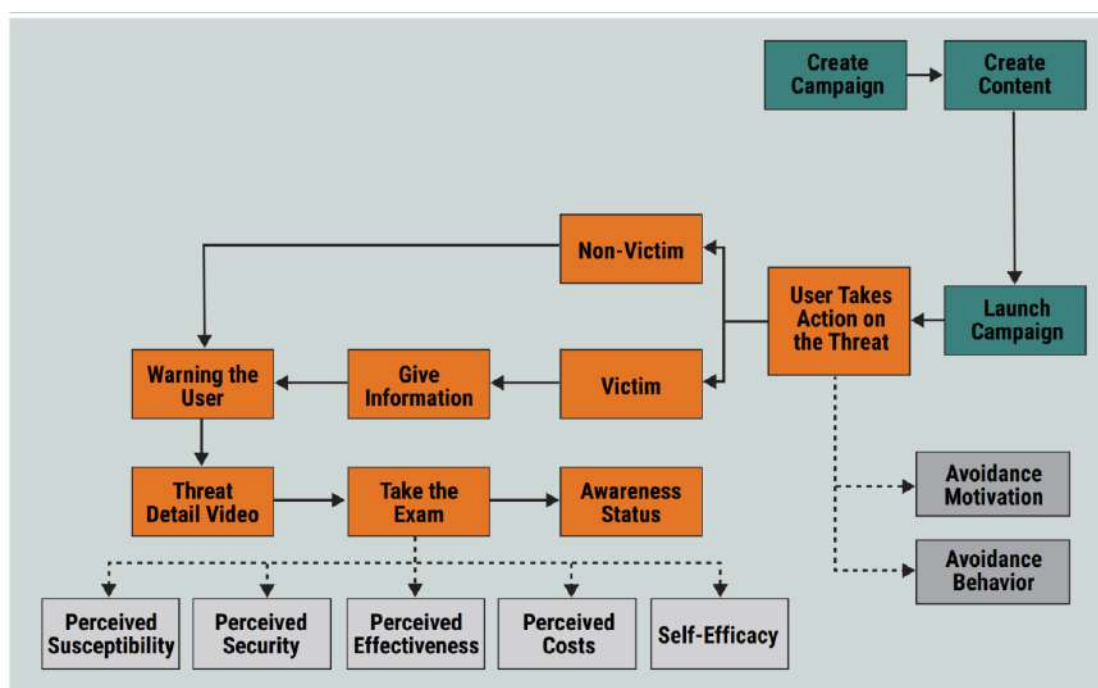


Figure 1. The prototype for evaluation and enhancing information security awareness

Almost all organizations' security programs include delivering training programs to employees to increase their awareness. However, this may not be sufficient for organization to cope with current security challenges and threats, because most such awareness programs are theory based. Therefore, it is important for management to exercise real life cyber incidents – so called cyberdrills.

Human behavior in information security. Various research projects and studies suggest that people are the most vulnerable part of the organization's security system. Currently available literature on the topic of human factor in information security propose raising awareness through trainings and education to ensure protection of sensitive data. Although individuals are provided with the trainings and most organizations establish punishment for violation of security procedures, security of sensitive information is still compromised by human factors such as errors, omissions or intentional actions.[7-9] The information security professionals should accept the fact that failure is inevitable in any human nature. Consequently, security program should be built as ongoing lessons learned process with due consideration about inevitability of failure [10].

Recent reports show that investments in security and information security are mainly concentrated on strengthening infrastructure through purchasing new technologies. For example, study indicated that the substantial amount of investment in data security was dedicated to security of perimeter infrastructure, while data treatment received the smallest amount. However, while investments in technological periphery get bigger, data treatment areas are the most exposed to threats [11-13]. Consequently, there is a need to revise the focus of investments in security from control of access towards control of use, where people and their behavior are important aspect in improving overall security of the organization [14].

Another study has determined that the minimum of five aspects are necessary to shape employees' behavior in relation to information security and control (Figure 2) [15]:

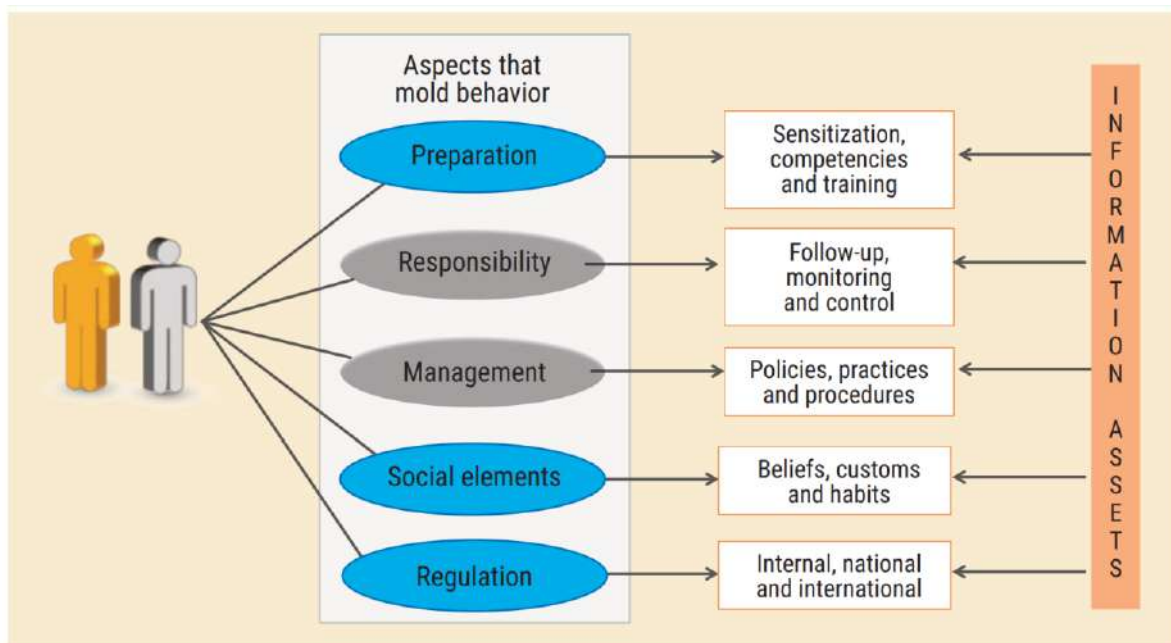


Figure 2. Aspects that shape information security behavior

- Preparation, which means development of competency of employees in the secure management of data, understanding and implementing practice in the reality of business.
- Responsibility – individual decisions and execution of activities should be assisted by regular follow up, monitoring and control.
- Management – the practice to ensure stability of the organization's security and control activities.

- Social elements – consideration of people’s customs, beliefs, and habits in relation to data treatment provides an essential information for improving data protection.

- Regulation – internal and external requirements to ensure compliance with information security laws, personal data protection laws, and other privacy requirements.

Conclusion. Management of employees’ behavior is critical for establishing information security culture in any organization. In order to transform the way how people act in regard to data security and overcome present challenges, there is a need to move beyond simple safeguarding practices and trainings by recognizing significant attack directions, where vulnerabilities exist, and implementing security management practice that accepts inevitability of failure and takes advantage of each lessons learnt.

REFERENCES

- [1] Cybercrime damages \$6 trillion by 2021 // Cybercrime Magazine, <https://cybersecurityventures.com/hackerpocalypse-cybercrime-report-2016>.
- [2] PwC 2015 Information Security Breaches Survey // PricewaterhouseCoopers UK.- United Kingdom, 2015, <https://www.pwc.co.uk/assets/pdf/2015-isbs-technical-report-blue-03.pdf>
- [3] Ponemon Institute, 2018 Cost of a Data Breach Study: Global Overview, USA, 2018, <https://securityintelligence.com/series/ponemon-institute-cost-of-a-data-breach-2018/>
- [4] Saurbaugh, M. Moving towards better security for today and tomorrow. ISACA Journal, 2020. № 2. P. 18-21.
- [5] National Institute of Standards and Technology (NIST), “Information Technology Security Training Requirements,” Special Publication (SP) 800-16, USA, <http://csrc.nist.gov/publications/nistpubs/800-137/SP800-137-Final.pdf>
- [6] Nachin N., Tangmanee C., Piromsopa K. How to increase cybersecurity awareness. ISACA Journal, 2019. № 2. P. 45-50.
- [7] Bada, M.; M. A. Sasse; J. R. C. Nurse; “Cyber Security Awareness Campaigns: Why Do They Fail to Change Behaviour?” *International Conference on Cyber Security for Sustainable Society*, 2015, <https://arxiv.org/abs/1901.02672>
- [8] Dreyer, P.; T. Jones; K. Klima; J. Oberholtzer; A. Strong; J. Welburn; Z. Winkelman; “Estimating the Global Cost of Cyber Risk: Methodology and Examples,” Rand Corporation, 2018, https://www.rand.org/pubs/research_reports/RR2299.html
- [9] Alhogail, A.; A. Mirza; “Information Security Culture: A Definition and a Literature Review,” World Congress on Computer Applications and Information Systems, Hammamet, Tunisia, 17–19 January 2014
- [10] Fuenmayor, R.; H. López-Garay; “The Scene for Interpretive Systemology,” *Systems Practice*, № 4, iss. 5, 1991, <https://doi.org/10.1007/BF01104459>
- [11] Kuper, P.; “The State of Security,” *IEEE Security & Privacy*, September/October 2015, <https://doi.org/10.1109/MSP.2005.134>
- [12] Cano, J.; “Administrando la Inseguridad Informática,” *Revista Hakin* 9, № 23, iss. 4, 2007, <https://es.slideshare.net/heyman/hakin9-inseguridad>
- [13] Kuper, P.; “The State of Security,” *IEEE Security & Privacy*, № 3, iss. 5, September-October 2005, P. 51-53.
- [14] Sieber, S.; J. Zamora; “The Cybersecurity Challenge in a High Digital Density World”, *European Business Review*, 18 November 2018, <https://www.europeanbusinessreview.com/the-cybersecurity-challenge-in-a-high-digital-density-world/>
- [15] Ahmad, Z.; T. Ong; T. Liew; M. Norhashim; “Security Monitoring and Information Security Assurance Behaviour Among Employees: An Empirical Analysis,” *Information & Computer Security*, 12 June 2019.

¹Д.Д. Бердішева, ¹А. Асхатұлы, ²Д. Еділхан*

¹әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан

²Астана IT-университеті, Нұр-Сұлтан, Қазақстан

*e-mail: yedilkhan@gmail.com

КОМПАНИЯНЫҢ АҚПАРАТТЫҚ ҚАУІПСІЗДІГІН КҮШЕЙТУ МАҚСАТЫНДА ҚЫЗМЕТКЕРЛЕРДІҢ БІЛІМІН АРТТЫРУ ӘДІСТЕРІНЕ ШОЛУ

Андатпа. Қызметкерлер ұйымның ақпараттық қауіпсіздігін қамтамасыз ету жүйесіндегі ең әлсіз буын болып саналады, сол себепті олар мекемені көптеген киберқауіптерге ұшыратуы мүмкін. Көп жағдайда адамдар фишингтік шабуылдардың құрбаны болады, құпия деректерді қолдану ережелерін сақтамайды, немесе әлсіз парольдерді таңдайды. Көптеген сәтті кибершабуылдар тікелей немесе жанама түрде қызметкерлердің ақпараттық қауіпсіздік ережелері жайлы хабарсыздығынан болады. Ақпараттық қауіпсіздікті қорғауды жетік меңгерген мекемелер корпоративтік ресурстарды дұрыс пайдалану ережелері туралы тұтынушылардың білімін арттыруға бағытталған бағдарламаларды жүзеге асыруда. Алайда, қызметкерлердің деректер қауіпсіздігі үшін жауапкершіліктерін дамытпай, бағдарламалар өздерінің стратегиялық мақсаттарына жетуі екіталай.

Мақала ақпараттық қауіпсіздік бағдарламаларын тиімді жүзеге асыру арқылы қауіпсіздік мәдениетін құрудың әртүрлі тәсілдеріне жалпы шолу жасайды. Сондай-ақ, баяндамада ақпараттық қауіпсіздік бағдарламаларын жүзеге асырудың тәсілдері мен проблемалары талқыланады.

Негізгі сөздер: ақпараттық қауіпсіздік, ақпараттық қауіпсіздіктегі адами фактор, ақпараттық қауіпсіздік жайлы хабардар болу.

¹Д.Д. Бердышева, ¹А. Асхатулы, ²Д. Едилхан*

¹Казахский национальный университет им. ал-Фараби, Алматы, Казахстан

²Астана IT-университет, Нур-Султан, Казахстан

*e-mail: yedilkhan@gmail.com

ОБЗОР МЕТОДИК ПОВЫШЕНИЯ ОСВЕДОМЛЕННОСТИ КОНЕЧНЫХ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ В ЦЕЛЯХ УКРЕПЛЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ КОМПАНИИ

Аннотация. Сотрудники являются самым слабым звеном в системе защиты информационной безопасности организации, тем самым подвергая компанию огромным рискам. Люди не редко становятся жертвами фишинговых атак, небрежно обращаются с конфиденциальными данными или используют слабые пароли. Большинство успешных кибератак прямо или косвенно были связаны с пробелами в осведомленности конечных пользователей. Компании имеющие зрелые процессы защиты информационной безопасности реализуют программы по улучшению осведомленности пользователей о правилах пользования корпоративными ресурсами. Однако без культивирования ответственности сотрудников за сохранность данных, эти программы не достигнут своей стратегической цели.

В этой статье представлен общий обзор различных способов создания культуры информационной безопасности компании путем применения эффективных программ. В докладе также обсуждаются текущие подходы и проблемы реализации программ по повышению осведомленности в области информационной безопасности.

Ключевые слова: информационная безопасность, человеческий фактор в информационной безопасности, осведомленность о кибербезопасности.

¹Р.А. Козбагаров*, ²К.А. Жусупов, ²Е.Б. Калиев, ²Е.С. Дильманов,
¹С.К.Кожатаев, ³А.В. Кочетков

¹Satbayev University, Алматы, Қазақстан

²М.Тынышбаев атындағы Қазақ көлік және коммуникациялар академиясы,
Алматы, Қазақстан

³Ю. Гагарин атындағы Саратов мемлекеттік техникалық университеті, Саратов, Ресей
*e-mail: ryctem_1968@mail.ru

ЖОЛ-ҚҰРЫЛЫС МАТЕРИАЛДАРЫНА ӘСЕР ЕТУ ТӘСІЛДЕРІН ТАЛДАУ

Андатпа. Жоғары жылдамдықты магистральдарды құру қазіргі заманғы жол құрылысының басым бағыты болып табылады. Жаңа төсеу технологияларын қолдану жол - құрылыс материалдарының қасиеттері мен құрылымына байланысты, олар жабынды қалыптастыру үшін ғана емес, сонымен қатар негіздерді дайындау үшін де қолданылады. Жұмыста берілген материалдарды тығыздаудың әртүрлі теорияларының негізгі принциптері келтірілген, олар қолданыстағы тығыздау техникасының бірқатар жағымсыз жақтары бар деген қорытындыға келеді. Осыған байланысты материалға басқарылатын қуат әсерімен бейімделу жұмыс органдарын құруға болады. Қазіргі уақыттағы жол құрылысының тәжірибесінде көрсетіп отырған тығыздалған материалға бейімделу тетіктерін қолдану шектеулі, өйткені қазіргі заманғы робототехникалық салада жиі қолданылатын кері байланыс негізінде тығыздау параметрлерін бақылау өте қиын.

Негізгі сөздер: Тығыздаушы техника, Құрылыс-жол техникасы, Тегістегіш таптағыштар, Таптау, Дірілді нығыздау.

Қазіргі заманғы жоғары жылдамдықты магистральдарды құру жол құрылысының басым бағыты болып табылады. Олардың жабынының сапасына қойылатын техникалық талаптар өте жоғары. Төсеудің жаңа технологияларын қолдану жол төсеніштерін қалыптастыру үшін ғана емес, сонымен қатар негіздерді дайындау үшін қолданылатын жол құрылыс материалдарының қасиеттері мен құрылымына байланысты. Дайын жоғары сапалы жабынның жасалуы көпфакторлы процесс, бұл жабынның беріктігін қамтамасыз етеді және оны жөндеуге кететін шығындарды азайтады. Ол тек төселетін материалдың түрімен байқалатын қасиеттер жиынтығына ғана емес, сонымен қатар, осы материал төселіп жатқан, заманауи, жоғары тиімділікті құрылыс-жол техникасының көмегімен тиімді ығыздауға ие болатын дайындалған негізге де байланысты.

Заманауи тығыздау технологиясы салмағы мен жалпы өлшемдері бойынша үлкен болып келеді, бұл жол құрылысының жоғары қарқынын қамтамасыз етеді және нығыздау жабдығының өнімділігін арттырады. Сонымен бірге тығыздау процесінің технологиясы өзгеріссіз қалады. Әр түрлі салмақтағы бірнеше роликтерден тұратын нығыздау жабдығының отряды құрылады. Олар материалдарды бір жолдан екінші жолаққа өту арқылы ықшамдайды, көбіне кері бағытта жүреді. Бұл жағдайда пайда болатын жүктемелер тұрақты қозғалыс кезіндегіден үлкен. Роликтің кері бағытта үдеумен қозғалысы үйкеліс күштерінің әсерінен болады, бұл беткі қабаттағы деформацияларға әкеледі. Нәтижесінде, беткі қабатта кернеулердің біркелкі таралмайтын көптеген аймақтары пайда болады, бұл көп ұзамай ақаулардың пайда болуына әкеледі.

Жол негізін салу және қате таңдалған тығыздау жабдығының жиынтығымен асфальт-бетон қоспаларын төсеу ақаулардың артуына әкеліп, дайын жол төсемінің пайдалану қасиеттерін нашарлатады.

Ақауларды азайту үшін машиналардың минималды санымен жабудың максималды тығыздығына қол жеткізуге мүмкіндік беретін, сонымен қатар оның сапасын бағалайтын тығыздау процесінің перспективалық модельдерін құруға мүмкіндік беретін жаңа тығыздау

технологияларын табу керек. Тығыздау проблемасы жан-жақты болып табылады және мынадай маңызды мәселелерді шешумен байланысты: қолданыс сенімділік және жабындардың беріктігі, қолданыстағы құрылымдарды жақсарту және тығыздаушы жабдығының перспективалық модельдерін құру, жабынның құрылыс технологияларын ұйымдастыру және тығыздау технологиясын қолдану тиімділігі.

Жол салу кезінде материалды тығыздау үшін оған әсер етудің дәстүрлі әдістері бар. Бұл илектеу, ең кең таралған және қарапайым тығыздау әдісі болып табылады, нығыздау, негізінен асфальт пен цемент бетон төсемдерін нығыздау үшін қолданылады, діріл, ұшу-қону жолағын салуда және тротуарды қолмен механикаландырылған жөндеуде қолданылады, сонымен қатар күрделі әсер, яғни тығыздаудың әдетте екі әдісінің тіркесімі. Материалға әсер ету күші бойынша тығыздау статикалық және динамикалық болып жіктеледі.

Илектеу белгілі бір массалы цилиндрлік жұмыс органдарын, мысалы, білікшелер немесе дөңгелектерді нығыздалушы беттің үстінен домалатудан тұрады. Тығыздалған ортамен жұмыс органының жанасу аймағында домалау нәтижесінде оның ауырлық күші әсерінен ортаның бетінде қысым пайда болады және ауданымен, ұзындығымен, енімен сипатталатын жанасу аймағы пайда болады. Қысым тығыздалушы материалда кернеу тудырып, оны деформациялайды. Бұл жағдайда соңғы болатын қайтымсыз деформация қажетті тығыздау эффектіні тудырады. Материалдың тығыздығының одан әрі өсуіне машинаның жұмыс органынан берілетін жүктемені ұлғайту арқылы қол жеткізіледі. Мұндай тығыздау әдісі көліктерден үлкенгабаритті өлшемді және жоғары массаны талап етеді. Бұл терең қабаттарды тығыздап, тығыздау жолағының енін арттырады. Тығыздау принципіне негізделген, тығыздау әдістерінің бірі ретінде ең көп таралған машиналар жылтырвалокты катоктар, пневматикалық шина катоктары және барабан беті өзгертілген роликтер болып табылады: торлы, жұдырықшалы және қырлы [1,7].

Тығыздалушы материалға әсері бойынша барлық тығыздау техникасын статикалық және динамикалық деп бөлуге болады.

Статикалық тығыздаушы көліктер қарапайымдылығымен және қолданудың ыңғайлылығымен барлық тығыздау машинасының алпыс пайызын құрайды [6].

Жылтыр валокты катоктардың елеулі кемшілігі (1-сурет) тығыздалған материалдың жұмысының аз тереңдігі болып табылады, ол барабанның салмағынан және енінен үлес салмағымен және соның салдарынан жанасу патчының ауданымен шектеледі. Тығыздау процесінде жүктемені біртіндеп арттыру қажет, сондықтан бригаданың жеңіл, орташа және ауыр жиынтығында білікшелердің бірнеше стандартты өлшемдері қолданылады. Жинақтың жұмысы әрдайым үйлестіріле бермейді, бұл жол құрылыс материалдарын тығыздау үшін қажет уақытты өзгертеді. Мысалы, ыстық асфальтбетон қоспалары салқындап, деформациясын жоғалтады, оларда беткі чиптер мен толқындар пайда болады.

Пневмошиналық катоктар (2-сурет) жылтырвалокты катоктардың жоғарыда аталған кемшіліктерінен іс жүзінде айырылған және төзімділігі төмен материалда қолданылады. Пневмошинадағы катоктағы тығыздалған материалға әсер ету ұзақтығы шинаның жиырылу қасиетіне байланысты ұзағырақ болады, бұл илектеу жылдамдығын арттыруға және бір жолда өту санын азайтуға мүмкіндік береді. Сонымен қатар, дөңгелектегі қысымды реттеу мүмкіндігі шинаның тығыздау материалымен байланыстырушы патчтың ауданын өтуден өтуге дейін өзгертуге мүмкіндік береді.

Осылайша, пневмошинадағы каток - бұл тығыздау кезінде материалға түсірілген күшті реттеу мүмкіндігі бар алғашқы динамикалық тығыздау жүйесі. Алайда, бұл әсер дөңгелектенген қабаттың қалыңдығына және роликтің бір жол бойымен өту санына байланысты шинаның қысымын автоматты түрде жоғарылатудан ғана тұрады.



1-сурет. Статикалық жылтырвалокты каток

Пневмошинадағы катоктың жалпы габариттік және массалық сипаттамалары едәуір, олардың өнімділігі діріл біліктеріне қарағанда төмен [4].

Торлы, жұдырықшалы және қырлы нығыздайтын жұмыс органдары магистральдарды төсеу үшін қиыршықтасты, тасты және кедір-бұдырлы жыныстар палубаларын жасау жұмыстарында қолданылады.



2-сурет. Пневмошинадағы статикалық каток

Нығыздау тығыздалатын материалға әсер еткенде белгілі бір жылдамдыққа ие жұмыс жасайтын дененің кинетикалық энергиясын беруге негізделген. Бұл жұмыс органының тығыздалған ортасының бетімен жанасу патчының аймағында қысымның жоғарылауына әкеледі. Сонымен қатар, жұмыс денесінің осындай параметрлерін (масса, салмақ, жылдамдық) таңдау маңызды, сонда әсер еткен кезде жанасу нүктесіне іргелес материалдағы қалдық энергиясынан ыдырау пайда болмайды. Соққы нәтижесінде материал бөлшектері жылжып, қалдық деформацияларды жинақтайды, бұл материалды үлкен тереңдікте тығыздауға мүмкіндік береді [1, 3]. Нығыздау қағидасы жүзеге асырылатын машиналардың жетіспеушілігі - машинаның көлденең қозғалысы, раммалық штамптың ауданы мен оның тығыздалған материалға әсер ету жылдамдығы арасындағы реттелудің болмауы.

Дірілдің тығыздалуы - бұл діріл толқынының энергиясының материалға әсері; ол негізінен когерентсіз материалдарға қолданылады, өйткені бұл олардың ішкі құрылымын оңтайландыруға мүмкіндік береді. Діріл эффектісі діріл катоктарымен жасалады, діріл мен илектену процестерінің тіркесімі пайда болады. Діріл тығыздалған материалдың реттелген, ықшам құрылымын қалыптастыруға тиімді әсер етеді, ал ығысу күші мен роликтен динамикалық қысым тығыздалған қабатта қайтымсыз деформациялар тудырады. Алайда, ығысу беріктігі төмен материалдарда діріл біліктерін қолдану қиынға соғады [5]. Сонымен

қатар, діріл жақын орналасқан құрылымдардың бұзылуына әкелуі мүмкін, нәтижесінде діріл шығыршықтары үшін ғимараттарға және басқа архитектуралық құрылымдарға ең аз рұқсат етілген арақашықтықтар орнатылады.

Материалдарды тығыздау әдістері олардың физикалық-механикалық қасиеттерін, базалық негізін, қоршаған ортаның параметрлері мен болашақ құрылыс объектісінің табиғатын қамтитын нақты жағдайларға сүйене отырып таңдалады. Мысалы, асфальтбетон қоспалары деформациялану және қатаю кезінде олардың иелік температурасына байланысты әртүрлі қасиеттер көрсетеді.

Асфальтбетон қоспалары қатты минералды компоненттен және асфальт байланыстырғыштан тұратын екі фазалы жүйе ретінде қарастырылатын коагуляция типіндегі құрылымға ие. Композицияның біртектілік дәрежесі қоспаның дайындалу сапасына және ондағы ауа мен ылғалдың мөлшеріне байланысты.

Коагуляциялық құрылымдардың ерекшелігі, ішіндегі бөлшектердің адгезиясы қалыңдығы ылғалдылыққа байланысты сұйық ортаның қабаты арқылы жүзеге асады. Қоспаның сұйық фазасы қабатының қалыңдығының төмен-деуімен молекулааралық өзара әрекеттесу күштері артады, нәтижесінде қоспа-ның құрылымы тұтқыр және берік болады. Тығыздау ішкі бөлшектердің өзара жақындасуына алып келеді және ықшам құрылымды қамтамасыз етеді [6,8].

Жүктемелер әсерінен материалдар серпімді (қайтымды), пластикалық (қайтымсыз) және тұтқырлық қасиеттерін көрсете отырып, деформацияланады. Жол құрылыс материалдарының толық деформациясы ε . қайтымсыз ε^H және қайтымды ε^Y компоненттерден тұрады [6, 9]:

$$\varepsilon = \varepsilon^Y + \varepsilon^H.$$

Асфальтбетон қоспалары серпімді тұтқыр пластмассадан жасалған материалдар қатарына жатқызылады. Олардың механикалық қасиеттерінің кернеу күйінің деңгейіне және деформация жылдамдығына тәуелділігі сипатталады, бұл іс жүзінде катоктың өту санына байланысты (3-сурет).



3-сурет. Тығыздау процесінде асфальтбетон қасиеттерінің өзгеруі

Топырақтарды зерттегенде маңызды сипаттамаларға көлемдік салмақ, ішкі үйкеліс бұрышы, консистенциясы және бөлшектердің адгезия коэффициенті жатады. Больцманның тұқым қуалайтын тұтқырлы эластикалық теориясын ескере отырып, дене алдыңғы уақыт

аралығында әрекет ететін кернеулер мен кернеулердің шамасына тәуелді деформацияға ұшырайды. Серпімді-тұтқыр денеде ішкі кернеулер жинақталады, бұл сыртқы күштерді қолдану жиілігіне және дененің кернеулерді босаңсыту қабілетіне тәуелді.

Кернеу босаңсуы - бұл деформацияланған объектідегі тұрақты деформациядағы кернеулер шамасының уақыт бойынша өздігінен төмендеу процесі. Кернеудің құлдырау уақыты деп, нәтижесінде пайда болатын кернеудің экспоненталық төмендейтін уақыты анықталады. Стресті кернеу босаңсуы баяулаған кезде, материал серпімділік қасиеттерін көрсетеді, бұл оның тығыздығының жоғарылауын едәуір төмендетеді. Босаңсу құбылысы материалдардағы тез деформациялану процестері үшін ерекше рөл атқарады (нығыздау немесе діріл әрекеті) [7].

Мысалы, асфальт бетон қоспалары үшін қасиеттер температураға өте тәуелді. Тығыздау процесінде асфальтбетон қоспасының деформацияға төзімділігі оның тығыздығының артуынан да, температурасының төмендеуінен де артады. Бұл кезде тұтқыр үйкеліс күші мен адгезия қоспа ішінде артады, нәтижесінде қайтымсыз деформацияны тудыратын энергия шығыны [2, 3].

Тығыздау процесіне әсер ететін негізгі факторлардың бірі ретінде асфальтбетон қоспасын салқындатудың ұзақтығы қоспаның бастапқы температурасына, оның тығыздығына, қабатының қалыңдығына, тығыздау жабдығының түріне, ауа-райы мен климаттық жағдайларға және қоршаған ортаның температурасына байланысты болады [6, 10].

Деформацияға төзімділікті анықтайтын критерий, Хархута Н.Я. ойынша, материалдың деформация модулі болып табылады [12]. Мысалы, материалдың тұрақты тығыздығында және оның температурасында бірнеше рет әсер еткенде оның деформация модулі бір жарым есеге артады, ал шекті беріктігі өзгеріссіз қалады. Демек, деформация кезінде кедергі материалдың беріктігінен тезірек артады. Бұл жүктеменің ұлғаюына шектеулер қояды, өйткені қарсылықтың артуымен тікелей пропорцияда емес, біршама аз мөлшерде өседі. Материалдың тығыздығының артуы оның беріктігінің артуына және тығыздалуға жалпы қарсылықтың барлық компоненттерінің көбеюіне әкеледі.

Тығыздалған материалдың берілген тығыздығына қол жеткізу оның деформациясы мен катаюын тудыратын бірнеше қуатты жүктемелермен тығыз байланысты. Бұл әсер пайдаланылатын жабдықтың әртүрлі типтерімен және дизайнымен қамтамасыз етіледі.

Тығыздау процесі көне процесс екенін ескеру маңызды. Деформацияға төзімділік айтарлықтай артады, ал қайтымсыз деформациялардың үлесі төмендейді. Материалдың беріктігінің айтарлықтай өсуі оның тығыздығының салыстырмалы түрде аз өсуімен жүреді. Мысалы, ыстық ұсақ түйіршікті асфальтбетон үшін 0,92 - 1,00 аралығында тығыздау коэффициентінің 1% жоғарылауы беріктіктің жеті-сегіз пайызға артуына әкеледі. Қопсытылған тығыз саз үшін тығыздау коэффициентінің мұндай өзгеруі беріктігін тек бір пайызға арттырады. Тығыздау қаптау құрылысының соңғы сатысы болып табылады және тығыздықтың көрсетілген мәндерге дейін ұлғаюымен сипатталады. Әрі қарай тығыздалатын материалға жанасу қысымының үлкен мәндерін қолдану герметизация жабдығымен жанасу нүктелерінде беткі қабаттың бұзылуына әкеледі, бұл жабынның беріктігін төмендетеді. Пневмошинадағы катоктарды қолдану дөңгелектер профилінің серпімді өзгеруіне байланысты нығыздалған беттің профилін қайталайтындықтан, беткі қабаттың бұзылуын едәуір азайтады [11].

Тығыздаудың қолданыстағы әдістерін жоғарыда келтірілген шолу негізінде, жанасу аумағының ұлғаюы және ондағы нығыздау жабдығынан түскен жүктемелерді концентрациялау ең перспективалы болып табылады.

Ортаның тығыздалу процесінде оның негізгі параметрлерінің бірін, дисперстілігін де ескеру қажет. Ортаның ішкі үйкеліс күштері және оның құрамына кіретін бөлшектердің мөлшеріне байланысты молекулааралық өзара әрекеттесу тығыздау кезінде материалға әсер ету күшін реттеу арқылы өзгертілуі мүмкін. Оны нығайту кезінде ішкі құрылымды қайта бөлудің пайда болу уақытын анықтау, тығыздау процесінің әрбір нақты сәтінде қажетті күш әсерінің мәндерін дәлірек орнатуға мүмкіндік береді.

Осылайша, материалға басқарылатын күш әсер ететін адаптивті жұмыс органдарын құруға болады. Қазіргі кезде жол құрылысы практикасында тығыздалған материалға бейімделу тетіктерін қолдану қазіргі робототехника саласында жиі қолданылатын кері байланыс негізінде тығыздау параметрлерін басқарудың қиын болуына байланысты шектеулі.

ӘДЕБИЕТТЕР

- [1] Азюков Н.А. Обоснование параметров виброплиты с гидрообъемным вибровозбудителем для уплотнения асфальтобетонной смеси: дис. ... канд. техн. наук: 05.05.04 / Азюков Николай Алексеевич. - Омск, 1986. - 177 с.
- [2] Андрейченко Ю.А. Кинетика остывания слоя асфальтобетона в процессе строительства покрытия / Ю.А. Андрейченко, Н.В. Владимиров, В.И. Драбкин // Труды / Союздорнии. - М., 1975. - Вып. 84. - С. 143-153.
- [3] Афанасьев А.А. Технология импульсного уплотнения бетонных смесей / А.А. Афанасьев. - М.: Стройиздат, 1987. - 167 с.
- [4] Савельев С.В. Обоснование режимных параметров вибрационного гидрошинного катка для уплотнения грунтов: дис. канд. техн. наук: 05.05.04 / Савельев Сергей Валерьевич. - Омск, 2004. - 173 с.
- [5] Методические рекомендации по устройству покрытий и оснований из щебеночных, гравийных и песчаных материалов, обработанных неорганическими вяжущими: отраслевой дорож. метод. документ / Росавтодор. - М.: Информавтодор, 2003. - 36 с.
- [6] Беляев К.В. Разработка энергоэффективных режимов работы машин для уплотнения асфальтобетонных смесей: дис. ... канд. техн. наук: 05.05.04 / Беляев Константин Владимирович. - Омск, 2004. - 174 с.
- [7] Пермяков В.Б. Обоснование величины контактных давлений для уплотнения асфальтобетонных смесей / В.Б. Пермяков, А.Б. Захаренко // Строительные и дорожные машины. - 1989. - № 5. - С. 12-14.
- [8] Дорожный асфальтобетон / А.М. Богуславский, И.В. Королев, Н.В. Горелышев, Л.Б. Гезенцев; под ред. Л.Б. Гезенцева. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Транспорт, 1985. - 350 с.
- [9] Колтунов, М.А. Ползучесть и релаксация / М.А. Колтунов. - М.: Высшая школа, 1976. - 277 с.
- [10] Костельов М.П. Рациональные режимы уплотнения асфальтобетонных смесей / М.П. Костельов, Т.Н. Сергеева, Л.М. Посадский // Автомобильные дороги. - 1980. - № 6. - С.20-22.
- [11] Технологическое обеспечение качества строительства асфальтобетонных покрытий: методические рекомендации/сост.: В.Н. Шестаков, В.Б. Пермяков, В.М. Ворожейкин, Г.Б. Старков. - 2-е изд. - Омск: ОАО «Омский дом печати», 2004. - 256 с.
- [12] Хархута Н.Я. Вопросы теории уплотнения дорожных покрытий / Н.Я. Хархута // Уплотнение земляного полотна и конструктивных слоев дорожных одежд: тр./Союздорнии. - М., 1980. - С. 64-72.

REFERENCES

- [1] Azyukov N.A. Obosnovanie parametrov vibroplity s gidroob'emnym vibrovzbuditelem dlya uplotneniya asfal'tobetonnoi smesi: dis. ... kand. tekhn. nauk: 05.05.04 / Azyukov Niko-lai Alekseevich. - Omsk, 1986. - 177 s.
- [2] Andreichenko Yu.A. Kinetika ostyvaniya sloya asfal'tobetona v protsesse stroitel'stva pokrytiya / Yu.A. Andreichenko, N.V. Vladimirov, V.I. Drabkin // Trudy / Soyuzdornii. - M., 1975. - Vyp. 84. - S. 143-153.
- [3] Afanas'ev A.A. Tekhnologiya impul'snogo uplotneniya betonnykh smesei / A.A. Afanas'ev. - M.: Stroizdat, 1987. - 167 s.
- [4] Savel'ev S.V. Obosnovanie rezhimnykh parametrov vibratsionnogo gidroshinnogo katka dlya uplotneniya gruntov: dis. kand. tekhn. nauk: 05.05.04 / Savel'ev Sergei Valer'evich. - Omsk, 2004. - 173 s.
- [5] Metodicheskie rekomendatsii po ustroistvu pokrytii i osnovanii iz shchebenochnykh, gravii-nykh i peschanykh materialov, obrabotannykh neorganicheskimi vyazhushchimi: otraslevoi dorozh. metod. dokument / Rosavtodor. - M.: Informavtodor, 2003. - 36 s.
- [6] Belyaev K.V. Razrabotka energoeffektivnykh rezhimov raboty mashin dlya uplotneniya asfal'tobetonnykh smesei: dis. ... kand. tekhn. nauk: 05.05.04 / Belyaev Konstantin Vladimirovich. - Omsk, 2004. - 174 s.

- [7] Permyakov V.B. Obosnovanie velichiny kontaknykh davlenii dlya uplotneniya asfal'tobetonnykh smesei / V.B. Permyakov, A.B. Zakharenko // Stroitel'nye i dorozhnye mashiny. - 1989. - № 5. - С. 12-14.
- [8] Dorozhnyi asfal'tobeton / A.M. Boguslavskii, I.V. Korolev, N.V. Gorelyshev, L.B. Gezen-tsvei; pod red. L.B. Gezen-tsveya. - 2-e izd., pererab. i dop. - M.: Transport, 1985. - 350 s.
- [9] Koltunov, M.A. Polzuchest' i relaksatsiya / M.A. Koltunov. - M.: Vysshaya shkola, 1976. - 277 s.
- [10] Kostel'ov M.P. Ratsional'nye rezhimy uplotneniya asfal'tobetonnykh smesei / M.P. Ko-stel'ov, T.N. Sergeeva, L.M. Posadskii// Avtomobil'nye dorogi. - 1980. - № 6. - S.20-22.
- [11] Tekhnologicheskoe obespechenie kachestva stroitel'stva asfal'tobetonnykh pokrytii: metodi-cheskie rekomendatsii/sost.: V.N. Shestakov, V.B. Permyakov, V.M. Vorozheikin, G.B. Starkov. - 2-e izd. - Omsk: OAO «Omskii dom pechati», 2004. - 256 s.
- [12] Kharkhuta N.Ya. Voprosy teorii uplotneniya dorozhnykh pokrytii / N.Ya. Kharkhuta // Uplotnenie zemlyanogo plotna i konstruktivnykh sloev dorozhnykh odezhd: tr./Soyuzdornii. - M., 1980. - S. 64-72.

¹Р.А. Козбагаров*, ²К.А. Жусупов, ²Е.Б. Калиев, ²Е.С. Дильманов, ¹С.К.Кожатаев, ³А.В. Кочетков

¹Satbayev University, Алматы, Казахстан

²Академия транспорта и коммуникации им. М.Тынышпаева, Алматы, Казахстан

³Саратовский государственный технический университет им.Ю. Гагарина, Саратов, Россия

*e-mail: ryctem_1968@mail.ru

АНАЛИЗ СПОСОБОВ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ДОРОЖНО-СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Аннотация. Создание современных высокоскоростных магистралей является приоритетным направлением дорожного строительства. Применение новых технологий укладки зависит от свойств и структуры дорожно - строительных материалов, которые используются не только для формирования покрытия, но и для подготовки оснований. В работе приведены основные принципы различных теорий уплотнения материалов, который позволяют сделать вывод о том, что существующая уплотняющая техника обладает рядом существенных отрицательных моментов. Связи с этим возможно создание адаптационных рабочих органов с управляемым силовым воздействием на материал. В настоящее время, применение механизмов адаптации к уплотняемому материалу в практике дорожного строительства ограничено, из-за сложно регулируемого контроля параметров уплотнения на основе обратной связи, которая часто используется в современной робототехнической отрасли.

Ключевые слова: Уплотняющая техника, Строительно-дорожная техника, Гладковальцовые катки, Трамбования, Виброуплотнения.

¹R.A. Kozbagarov*, ²K.A. Zhussupov, ²E.B. Kaliyev, ²E.S. Dilmanov, ¹S.K. Kozhataev,
³A.V. Kochetkov

¹Satbayev University, Almaty, Kazakhstan

²Academy of Transport and Communication named after M. Tynyshpaev, Almaty, Kazakhstan

³Saratov State Technical University named after Yu. Gagarin, Saratov, Russia

*e-mail: ryctem_1968@mail.ru

ANALYSIS OF WAYS TO INFLUENCE ROAD CONSTRUCTION MATERIALS

Abstract. The creation of modern high-speed highways is a priority area of road construction. The use of new laying technologies depends on the properties and structure of road construction materials, which are used not only for the formation of the coating, but also for the preparation of the bases. The paper considers the basic principles of various theories of compaction of materials, which allow us to conclude that the existing compaction technique has a number of significant negative aspects. In this regard, it is possible to create adaptive working bodies with a controlled force effect on the material. Currently, the use of mechanisms for adapting to the compacted material in the practice of road construction is limited, due to the complexly regulated control of compaction parameters based on feedback, which is often used in the modern robotics industry.

Keywords: Compacting equipment, Construction-road equipment, Smooth roller rollers, Ramming, Vibration Compaction.

¹Т. Глушенко, ²Т. Бедыч*, ¹Б.Сакенов, ¹Г.Хабдуллина

¹А.Байтурсынов атындағы Қостанай мемлекеттік университеті, Қостанай, Қазақстан

²М. Дулатов атындағы Қостанай инженерлік-экономикалық университеті, Қостанай, Қазақстан

*e-mail: tatyana194@inbox.ru

БИОЭТАНОЛДЫ АЛУҒА АРНАЛҒАН БИОМАССА РЕСУРСТАРЫ

Андатпа. Мақалада биоэтанол өндіру үшін жаңартылатын энергияны пайдалану мәселелері қарастырылған. Қостанай облысы дамыған ауыл шаруашылығы саласы болып табылады. Жердің көп бөлігі дәнді дақылдар мен жүгерінің, майлы дақылдар мен көкөністердің егіс алқаптарына бөлінген. Аграрлық дақылдарды өндіру, тасымалдау, сақтау және өңдеу процесінде өсірілген дақылдардың едәуір бөлігі жарамсыз болып қалады. Оларды кейіннен негізгі мақсаты бойынша пайдалану мүмкін емес. Көбінесе қорланбаған өрістерде шіріп кетеді немесе лақтырылады. Мақалада қарастырылған материал ауылшаруашылық қалдықтарын салыстырмалы түрде арзан биоэтанолды өндіру үшін пайдалануға болатындығын көрсетеді. Өңірде халықтың басым бөлігі ауыл тұрғындары. Елді мекендер бір-бірінен алыс қашықтықта орналасқан. Ауыл тұрғындарының қажеттіліктерін, ауылдық инфрақұрылымдарды қамтамасыз ету үшін биоэтанолды электр және жылу энергиясының көзі ретінде пайдалану ұтымды болар еді. Биоэтанол өндірісінің қалдықтары мал азығына жарамды, бұл ауылдық жерлер үшін және қоршаған ортаға экологиялық жүктемені азайту үшін де маңызды. Адамның өмір сүру процесінде биоэтанол алуға, содан кейін жылу және электр энергиясын алуға жарамды қатты тұрмыстық қалдықтар жасалады. Келтірілген есептеулер қатты тұрмыстық қалдықтарды биоэтанолға өңдеудің орындылығын көрсетеді. Еуроодақ елдері өз ғалымдарының зерттеулерін пайдалана отырып, биоэтанол мен синтетикалық отын түрлерін өндіру жөніндегі технологияларды табысты дамытуда. Қазақстан майлы дақылдарды өңдеу тәжірибесі мен қажетті егіс алқаптарына ие бола отырып, биоэтанол өндіру саласын табысты дамыта алады. Осы бағытта Қазақстанда осы уақытқа дейін зерттеулер жүргізілген жоқ. Биоэтанолды қолдану тұтынушыларды сапа стандарттарына сәйкес келетін өзіндік энергия көздерімен қамтамасыз етуге мүмкіндік береді. Осылайша, өңірдің энергетикалық қауіпсіздігін арттыру, атмосфераға зиянды шығарындылар санын азайту, ауыл тұрғындары еңбек ете алатын шағын энергетика кәсіпорындарын құру.

Негізгі сөздер: биомасса, биоэтанол, қатты тұрмыстық қалдықтар, ағынды сулардың тұнбасы, жаңартылатын энергия көздері.

Кіріспе. Жаңартылатын энергияның ең әмбебап көзі-биомасса. Фотосинтез нәтижесінде өсімдіктер энергия жинай алады және әртүрлі мақсаттарда икемді түрде қолдана алады. Әдетте қатты биомасса, биомассадан алынған газ және ішкі жану қозғалтқыштары мен пештерде жану үшін жарамды сұйық жанғыш заттар қолданылады. Биомассаны пайдалану тұрмыстық қалдықтар мен ауылшаруашылық қалдықтарын өңдеумен байланысты проблемаларды азайтуға мүмкіндік береді. Сонымен қатар, ауылшаруашылық аймақтар екі есе пайда көреді: олар ауыл шаруашылығында да, орман шаруашылығында да, биоэнергияны түрлендіру процесінде де қосымша жұмыс орындарын ашады [1]. Биоэнергетика үшін дақылдарды өсіру фермерлерге жаңа қызмет саласын ұсынады.

Биоэнергетика энергия өндірісін орталықсыздандыруға және материалдар мен энергияның жабық циклын құруға мүмкіндік береді. Биомасса өсімдіктердің өсу процесінде сіңірілген көмірқышқыл газының мөлшерін ғана шығарады. CO₂ балансы тұрғысынан биоотын бейтарап.

Биоэнергияның көздері әртүрлі болуы мүмкін. Олар алу әдісімен, жану кезінде көрінетін қасиеттерімен және пайдалану мүмкіндіктерімен ерекшеленеді. Биоэнергияны қатты, сұйық және газ тәрізді отынды өндіру үшін қолдануға болады [2].

Қатты биомасса, ең көп таралған жаңартылатын энергия көзі бола отырып, бүкіл әлемде энергияны өндіру үшін бұрыннан бері қолданылып келеді [3,4]. Қатты биомассаға құрғақ немесе кептірілген өсімдіктердің немесе олардың бөліктерінің барлық түрлері, соның ішінде ағаш, ағаш түйіршіктері (түйіршіктер) және брикеттер, ағаш жоңқалары, бағаналы масса, күріш қауызы және т.б. жатады [5]. Қазіргі заманғы жылумен жабдықтау жүйелерінде қатты биомассаны жағу

нәтижесінде өндірілетін энергия тиімділігі жоғары. Ағаш энергияның бастапқы көзі болып табылады, әсіресе бөренелер, үгінділер және түйіршіктер түрінде [6,7].

Биогаз негізінен блоктық жылу электр станцияларында қолданылады, бірақ сонымен бірге табиғи газбен жабдықтау жүйелеріне тікелей жеткізу үшін де қолданылады. Сонымен қатар, оны көлік құралдарына отын ретінде пайдалануға болады.

Қазіргі уақытта биоотынның негізгі түрлері-биодизель және биоэтанол. Биодизель отынын өндіру үшін рапс, күнбағыс тұқымы, соя, жаңғақтар және пальма сүйектері сияқты майлардың көп мөлшері бар өсімдіктер қолданылады [8]. Биоэтанол қант пен крахмал бар биомассадан алынады. Биоэтанол негізінен көлік құралдары үшін қолданылады.

Биоотынды пайдалану адамдар мен қоршаған орта үшін аз қауіпті. Жану кезіндегі биоотын CO₂ балансы тұрғысынан бейтарап.

Кәдімгі спирт сияқты, биоэтанол ашытқымен қантты ашыту арқылы алынады, содан кейін тазартылады. Егер дәнді дақылдар қолданылса, алдымен крахмал ферментативті реакция нәтижесінде бөлініп, қантқа айналады. Бұл құрғақ барда түрінде жанама өнімнің пайда болуына әкеледі, оның құрамында шамамен 30% ақуыз бар, сондықтан жануарлардың құнды тамағы болып табылады [9]. Қант қызылшасынан биоэтанол өндіруде қалдықтар-бұл мал азығы немесе тыңайтқыш ретінде пайдаланылатын қант қызылшасының бардасы мен целлюлозасы [2]. Спирттен кейінгі бардтың бір килограммына биоэтанолдың бір литрін өндіреді. Осылайша, қант қызылшасының бір гектарынан отынның мөлшері алынады, ол 80 000 км асады, ал алынған жем бір сиырға шаққанда 9 айға жетеді.

Әдістері. Солтүстік Қазақстан елеулі аумақтарға бөлінген және электр, сондай-ақ жылу энергиясының энергетикалық ресурстарын тұтынушылар болып табылатын дамыған ауыл шаруашылығымен сипатталады. Осыған байланысты елді мекендер мен шаруашылықтарды өз энергия көздерімен қамтамасыз ету қажеттілігі туындайды. Биоэнергияның көзі дәнді және майлы дақылдардың қалдықтары, қарбыз, қатты тұрмыстық қалдықтар болуы мүмкін.

Тек Қостанай облысында жыл сайын дәнді және майлы дақылдар өсіріледі (1-кесте), олардың қалдықтары елеулі және оларды биоэтанал алу үшін пайдалануға болады.

Қазақстанның аграрлық секторы дәстүрлі түрде халықтың тұтынуы үшін қарбыз өсірумен айналысады. Соңғы жылдары бақша дақылдары үшін егіс алқаптарының шамамен 40% өсуі байқалады. Қазақстанда бақша дақылдарын өндіру халықтың қажеттілігін толық қамтамасыз етеді.

1-кесте. Ауыл шаруашылығы дақылдарынан биоэтанол өндіру әлеуеті

Биомасса түрі	Жалпы жиын, мың т.	Қалдыкт ар саны, мың т.	Этанолдың шикізат тоннасына шығуы	Барлық этанолдың шығуы, т	Тоннаның бағасы, теңге	Жиыны, мың теңге
Астық тұқымдас мәдениет	4454,56	668,184	455	304023,7	52 780	16 046 371,9
Дәндік жүгері	125,06	18,759	412	7728,708	49 010	378 783,9
Қарбыз	205,83	41,166	21	864,486	36 569	31 613,4
Картоп	373,31	37,331	94	3509,114	60 320	211 669,8
ЖИЫНЫ						16 636 825,6

Егер біз қарбыз туралы айтатын болсақ, онда өсіп келе жатқан жемістер мен зақымдалған қарбыздар егістіктерде жиналмайды. Қарбыздарды құстар зақымдайды, сондықтан олар толық жетілуге жете алмайды, тауарлық түрін жоғалтады және өрістерде қурап қалады. Тасымалдау кезінде жидектің бір бөлігі зақымдалып, жарамсыз болып қалады [10].

Қарбыздың 20% астамы «тауарлық» көріністің болмауына байланысты сөрелерге түспейді: олар бүлінген немесе дұрыс емес пішінді. Мұндай жидектерді биоэтанолды өндіру үшін пайдалануға болады.

Этанол алу үшін биомассаның осы көздерінен басқа, шөп, сабан және мәдени өсімдіктердің жемістерін пайдалана аласыз: алма, шие, алмұрт. Солтүстік Қазақстан аймағында күрт континенталды климатқа қарамастан, қалдықтар мен сапасыз жемістерді этанол өндіру үшін пайдалануға болатын жеміс өсіріледі [11,12].

Жүргізілген зерттеу ауыл шаруашылығы өндірісінің қалдықтарын биоэтанолға өңдеудің орындылығын көрсетеді.

Этанол алу үшін жоғарыда аталған көздерден басқа, қалалық коммуналдық тазарту қондырғыларын, кейбір өнеркәсіптік салалардың органикалық қалдықтарын, қалалардың қатты тұрмыстық қалдықтар полигондарын (полигондар) пайдалануға болады.

Қатты тұрмыстық қалдықтардың пайда болу нормалары қабылданады (ҚТҚ)[13]:

- қала тұрғындары үшін-1,2 кг/адам·тәулігіне 50% ылғал кезінде;
- ауыл тұрғындары үшін- 0,52 кг/адам·тәулігіне (ауылдық жерлерде тамақ қалдықтары үй жануарлары мен құстардың жемі үшін пайдаланылады және қалдықтардың құрамына кірмейді деп болжанады).

Жылу шығару қабілеті (ҚТҚ) құрғақ заттың (ҚТҚ) бір тоннасына 0,2 ш.о.т. (мұнай баламасына) тең деп қабылданады. Ылғалдылығы 50% болатын тұрмыстық қалдықтар құрғақ деп саналады [14].

Өңірде бір жыл ішінде құрылатын ҚТҚ экономикалық әлеуеті 2-кестеде келтірілген.

«Атамекен» ұлттық кәсіпкерлер палатасының деректері бойынша 2018 жылға қарай Қазақстанда 43 млрд тоннадан астам өндіріс және тұтыну қалдықтары жинақталған, олардың тек 9% ғана қайта өңделеді. Көбінесе біздің елде олар қағазға, шиналарға және пластиктің кейбір түрлеріне жаңа өмір береді. Ірі қалаларда қоқысты бөлек жинау науқаны басталды, жаңа өңдеу зауыттары іске қосылды. Мұндағы басты шикізат-қайта өңделген макулатура.

Қағаз-қаптама қоқысы бүкіл Қазақстан бойынша жиналады: әңгіме тек 14 облыс орталығы мен республикалық маңызы бар 3 қала туралы ғана емес. Ресейдің кейбір шекаралас аймақтарында серіктестер де бар.

2-кесте. ҚТҚ-ның экономикалық әлеуеті

Ауданның, елді мекеннің атауы	Халық саны	Энергияның жалпы потенциалы (ҚТҚ)	Ауданның, елді мекеннің атауы	Халық саны	Энергияның жалпы потенциалы (ҚТҚ)
	чел	т.у.т.		чел	т.у.т.
Алтынсарин	14114	535,77	Мендікара	27841	1056,84
Амангелді	16673	632,91	Наурызым	11080	420,60
Әулікөл	42991	1631,94	Сарыкөл	20976	796,25
Денисов	18824	714,56	Таран	25432	965,40
Жангелді	12550	476,40	Ұзынкөл	21479	815,34
Жетіқара	48755	1850,74	Федоров	25953	985,18
Қамысты	12764	484,52	Арқалық	41354	3622,61
Қарабалық	27966	1061,59	Костанай	239652	20993,52
Қарасу	25834	980,66	Лисаков	40842	3577,76
Қостанай	70468	2674,97	Рудный	130068	11393,96
Жиыны					55671,52

Қатты тұрмыстық қалдықтарды қайта өңдеу нәтижесінде миллион тоннаға жуық этанол алуға болады (3-кесте).

Егер әрбір үшінші тұрғын жылына екі килограмм газет пен журнал тұтынады деп болжасақ, онда қосымша алты жүз тоннадан астам этанол алуға болады [15].

3-кесте. ҚТҚ - дан биоэтанол өндіру әлеуеті

Биомасса түрі	Жалпы жиын, мың т.	Этанолдың шикізат тоннасына шығуы	Этанолдың шығуы, т	Тоннаның бағасы, теңге	Жиыны, мың теңге
ҚТҚ	55671,52	17	946415,8	9 425	8919969292
Газеттер мен журналдар	22,182	29	643,278	5 655	3637737

Нәтижелері. Жоғарыда келтірілген есептеулер көрсеткендей, аймақтың елді мекендері аймақтың энергия көздеріне қажеттілігін толық немесе ішінара қамтамасыз ете алады. Егер Қостанай қаласының полигондарына жыл ішінде миллион тоннаға жуық тұрмыстық қатты қалдықтар жағылатынын ескеретін болсақ, онда қалдықтарды пайдалану қаланы толығымен отынмен қамтамасыз етуге мүмкіндік береді.

Зерттеу нәтижесінде қорытынды жасауға болады:

- ауыл шаруашылығы өндірісінің қалдықтарын биоэтанолға қайта өңдеу шаруа қожалықтарына жаңартылатын энергияның қосымша көзін алуға мүмкіндік береді;
- алынған, экологиялық таза отын тұтынушылардың орталық газбен жабдықтаудан қашықтығы жағдайында жылу және электр энергиясын өндіру үшін пайдаланылуы мүмкін;
- құрғақ барда, дақылдардың қалдықтарын өңдеу нәтижесі, мал азығына пайдаланылуы мүмкін.

Талқылау. Энергия ресурстарын үнемдеуден басқа, мұндай көз қалдықтарды өңдеу мәдениетін және табиғатқа барынша ұқыпты қарауды қалыптастырады, электр энергиясы мен жылуды орталықтандырылған жеткізушілерден энергетикалық тәуелсіздік үшін жағдай жасайды.

REFERENCES

- [1] Rocha-Meneses, L., Raud, M., Orupxld, K. & Kikas, T. 2017. Second-generation bioethanol production: A review of strategies for waste valorization. *Agronomy Research* 15(3), 830–847.
- [2] Kundas, S.P., Pozniak, S.S. & Shenets, L.V. 2009. *Renewable energy sources*, Minsk, Belarus, 315 pp.
- [3] Sibikin, Yu.D. & Sibikin, M.Yu. 2009. *Unconventional renewable energy sources*. Moscow, Russia, 232 pp.
- [4] Chetoshnikova, L.M. 2010. *Unconventional Renewable Energy Sources. Study Guide*, Chelyabinsk, Russia, 69 pp.
- [5] Yang, Ziqi, Wu, Yuanqing, Zhang, Zisheng. 2019. Recent advances in co-thermochemical conversions of biomass with fossil fuels focusing on the synergistic effects. *Renewable & sustainable energy reviews Book 103*, Published: APR, pp 384–398.
- [6] Girones, V.C. & Peduzzi, E.F., 2018. On the Assessment of the CO₂ Mitigation Potential of Woody Biomass. *Frontiers in Energy Research: Book 5*, Article No.: UNSP 37 Published: JAN 24.
- [7] McKendry, P. 2002. Energy production from biomass (part 2): conversion technologies *Bioresource Technology* 83, pp 47–54.
- [8] Ismuratov, S.B., Bedych, T.V., Glushchenko, T.I., Ismuratov, D.S. & Kukhar, V.S. 2019. Forecasting model for capacity of autonomous power station. *International Journal of Mechanical Engineering and Technology (IJMET)*, Volume 10, Issue 02, 0976-6340 and ISSN Online: 0976-6359
- [9] Glushchenko, T., Bedych, T., Podvalnyy, V. & Cherkasov, Y. 2019. The structure of closed energy cycle with self-regenerating soil fertility. *Atlantis press Advances in Intelligent Systems Research*,

volume 167 International Scientific and Practical Conference Digitization of Agriculture – Development Strategy, (ISPC 2019), pp. 306–309.

[10] Chandra, R., Takeuchi, H. & Hasegawa, T. 2012. Methane production from lignocellulosic agricultural crop wastes: A review in context to second generation of biofuel production. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 16(3), 1462–1476.

[11] Bauer, A., Busch, P., Friedl, A. & Amon, T. 2009. Analysis of methane potentials of steam-exploded wheat straw and estimation of energy yields of combined ethanol and methane production. *Journal of Biotechnology* 142(1), 50–55.

[12] Vissarionov, V.I. 2009. Methods for calculating renewable energy resources. Study Guide. Moscow, Russia, 144 pp.

[13] Raud, M., Kesperi, R., Oja, T., Olt, J. & Kikas, T. 2014. Utilization of urban waste in bioethanol production: Potential and technical solutions. *Agronomy Research* 12, 397–406.

[14] Vitkovskaya, S.E. 2012. Solid domestic waste is an anthropogenic link in biological cycle. St. Petersburg, Russia, 132 pp.

[15] Grinin, A.S. 2002. Industrial and household waste. Storage, utilization, recycling. Moscow, Russia, Grand FAIR-PRESS, pp. 330–334.

¹Т. Глущенко, ²Т. Бедыч*, ¹Б.Сакенов, ¹Г.Хабдуллина

¹Костанайский государственный университет им. А.Байтурсынова, Костанай, Казахстан

²Костанайский инженерно-экономический университет им. М. Дулатова, Костанай, Казахстан

*e-mail: tatyana194@inbox.ru

РЕСУРСЫ БИОМАССЫ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ БИОЭТАНОЛА

Аннотация. В статье рассмотрены вопросы использования возобновляемой энергии для производства биоэтанола. Определены ресурсы биомассы для получения биоэтанола. Приведена биоэнергетическая оценка сельскохозяйственных отходов для переработки в биоэтанол. Рассмотрена возможность использования твердых бытовых отходов в качестве сырья для получения биоэтанола.

Ключевые слова: биомасса, биоэтанол, твердые бытовые отходы, осадки сточных вод, возобновляемые источники энергии.

¹T. Glushchenko, ²T. Bedych*, ¹B. Sakenov, ¹G.Khabdullina

¹Kostanay State University named after A. Baitursynov, Kostanay, Kazakhstan

²Kostanay Engineering and Economic University named after M. Dulatova, Kostanay, Kazakhstan

*e-mail: tatyana194@inbox.ru

BIOMASS RESOURCES FOR PRODUCTION OF BIOETHANOL

Abstract. The article deals with the use of renewable energy for the production of bioethanol. The resources of biomass for the production of bioethanol have been determined. The bioenergy assessment of agricultural waste for processing into bioethanol is presented. The possibility of using solid household waste as a raw material for producing bioethanol is considered.

Key words: biomass, bioethanol, municipal solid waste, sewage sludge, renewable energy sources.

А.А. Джомартов*, А.Н. Камал, А. Абдураимов

Институт механики и машиноведения им. У.А. Джолдасбекова, Казахстан

*e-mail: legsert@mail.ru

ОБЗОР ПО ТРОСОВЫМ ПАРАЛЛЕЛЬНЫМ РОБОТАМ

Аннотация. В отличие от параллельных роботов с жесткой связью, тросовые параллельные роботы (ТПР) приводятся в движение гибкими тросами, а не жесткими звеньями для контроля положения и ориентации рабочего органа. ТПР обладают преимуществами параллельных роботов по сравнению с обычными роботами, включая более высокое соотношение нагрузки и веса. ТПР имеют меньшие инерционные характеристики и более высокое отношение полезной нагрузки к весу, что обеспечивает высокую скорость и ускорение рабочего органа. Благодаря гибкости тросов, ТПР могут применяться для решения сложных задач с большой рабочей зоной обслуживания. В данной статье представлен обзор некоторых видов тросовых параллельных роботов разработанных в мире. Показан обзор работ по проектированию ТПР, структуры, кинематики и динамики, управления и планирования траектории. Проведенный обзор тросовых параллельных роботов будет полезен для студентов и докторантов, работающих в области исследований принципиально новых роботов.

Ключевые слова: тросовые параллельные роботы, проектирование, управление, планирование, кинематика, динамика.

Введение. За последние несколько лет в мире наметилась тенденция использования оборудования с механизмами параллельной структуры с повышенными технико-эксплуатационными показателями. Механизмы параллельной структуры имеют рабочее звено, которое имеет связь с основанием посредством нескольких кинематических цепей, которые имеют несколько приводов или просто налагает связи на его движение. Механизмы параллельной структуры в отличие от обычных механизмов, содержат замкнутые кинематические цепи и работают как пространственные фермы, и соответственно это повышает точность, быстродействие и грузоподъемность.

Типичным представителем механизма параллельной структуры с жесткими звеньями является параллельный робот Стюарта (рис. 1а) с 6 степенями подвижности.

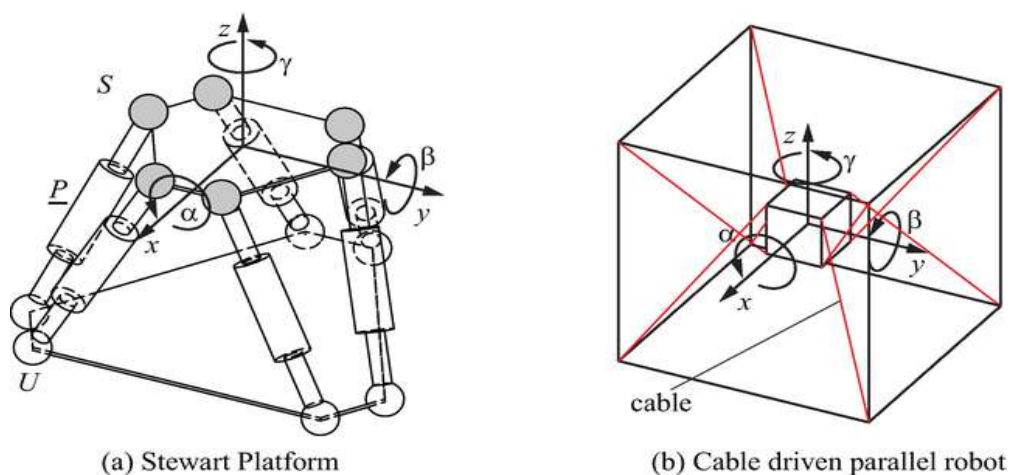


Рисунок 1. Механизмы параллельной структуры:

а) параллельный робот Стюарта; б) тросовый параллельный робот

В настоящее время, для расширения зоны обслуживания параллельных роботов их жесткие звенья заменяют гибкими (тросами) и в результате получают тросовые параллельные роботы (рис. 1б). Роботы параллельной структуры с гибкими звеньями принято называть

тросовыми параллельными роботами (ТПР). По сравнению с параллельными роботами с жесткой связью, ТПР имеют меньшие инерционные характеристики и более высокое отношение полезной нагрузки к весу, что обеспечивает высокую скорость и ускорение рабочего органа [1–4]. Благодаря гибкости тросов, ТПР могут применяться для решения сложных задач с большой рабочей зоной обслуживания. [5–8]. Однако применение тросовых параллельных роботов в действующих производственных цехах и закрытых складских помещениях ограничено, что вызвано резким ростом сил натяжения звеньев с увеличением высоты подъема груза. Особенностью тросовых параллельных роботов является то, что их гибкие звенья могут работать только на растяжение, и теряют свою работоспособность при сжатии. Данная особенность сильно ограничивает разработку и применение тросовых параллельных роботов и требует дальнейшего развития разработки новых структурных схем.

Виды тросовых параллельных роботов разработанных в мире.

В 1989 году в США Национальным институтом стандартов и технологий (NIST) был разработан RoboCrane, который отличается простотой и удобством обработки грузов в портах, строительстве мостов и других областях, (рис. 2) [9, 10].

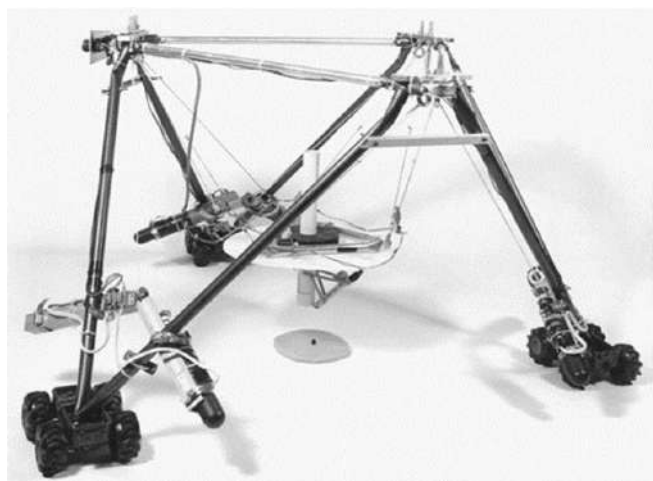


Рисунок 2. Тросовый параллельный манипулятор RoboCrane (NIST)

Компания August Design в 1980 году разработала тросовый параллельный робот SkyCam (рис. 3) [11], для проведения видеосъемок, с четырьмя тросами, с максимальной рабочей скоростью движения камеры 44,8 км/ч. ТПР SkyCam широко используется для прямого вещания со стадионов и других общественных мест.



Рисунок 3. Тросовый параллельный робот SkyCam

В работе [12] разработан ТПР под названием SPIDERobot с четырьмя степенями свободы для автоматизированного строительства, (рис. 4). Вращающийся захват может подбирать строительный материал согласно алгоритму сборки, который приводится в движение четырьмя тросами.



Рисунок 4. ТПР SPIDERobot для автоматизированного строительства

Для имитации сейсмических волн, в работе [13] был создан симулятор землетрясения на основе ТПР (рис. 5).

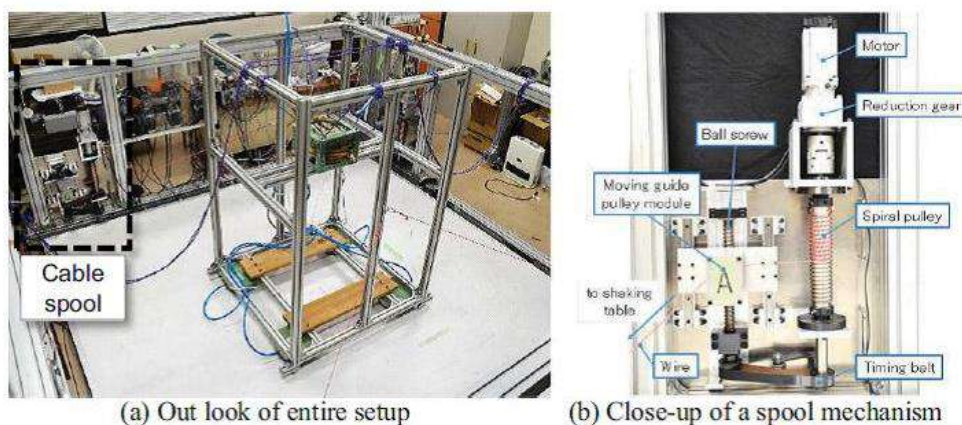


Рисунок 5. Симулятор землетрясения на основе ТПР

В работе [14] разработан ТПР для контроля внешнего состояния оболочек резервуаров (рис. 6).

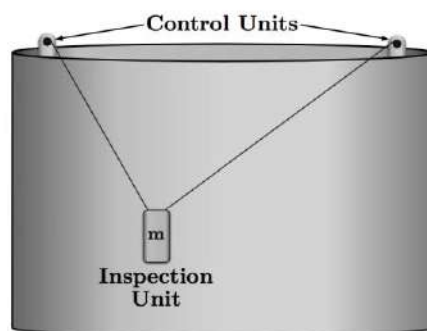


Рисунок 6. Схема ТПР для контроля внешнего состояния оболочек резервуаров

В работе [15] разработан ТПР IPAnema (рис. 7), который имеет хорошие динамические характеристики: высокую скорость и ускорение.

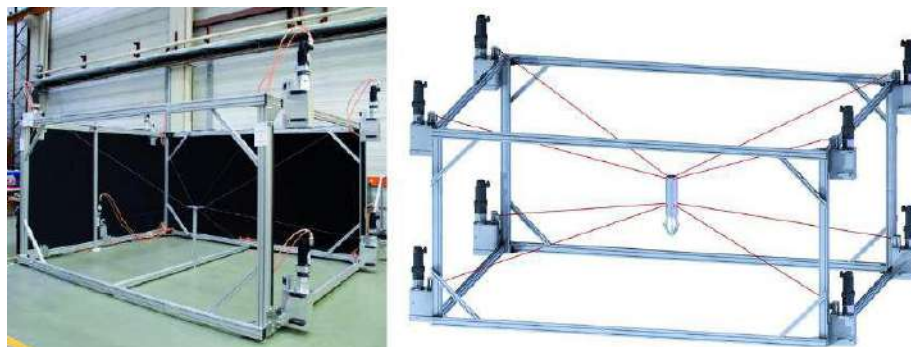


Рисунок 7. ТПР IPAnema

В работе [16] разработан ТПР FIR с восемью тросами для автоматизированного, сканирования изображений для фенотипирования сельскохозяйственных культур, (рис. 8).

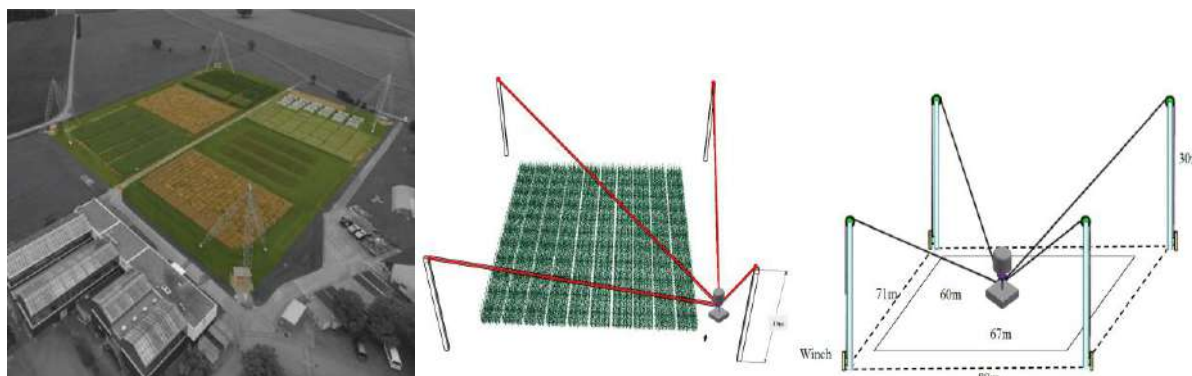


Рисунок 8. ТПР FIR для автоматизированного фенотипирования сельскохозяйственных культур

В работе [17] разработан реконфигурируемый ТПР с вышками на мобильной платформе с стабилизирующими лапами (рис. 9). Данный ТПР имеет большую зону обслуживания и легкую, мобильную конструкцию и хорошо подходит для выполнения различных задач в сельском хозяйстве.



Рисунок 9. Реконфигурируемый ТПР для сельскохозяйственных работ

Проектирование ТПР.

Структура ТПР. Типовая ТПР состоит из трех частей, включая фиксированную платформу, мобильную платформу и несколько тросов, которые используются для соединения фиксированной платформы с мобильной платформой. Длина троса может быть изменена с помощью лебедок, приводимых в действие двигателями, установленными на неподвижной платформе, как показано на рис. 10 [18, 19].

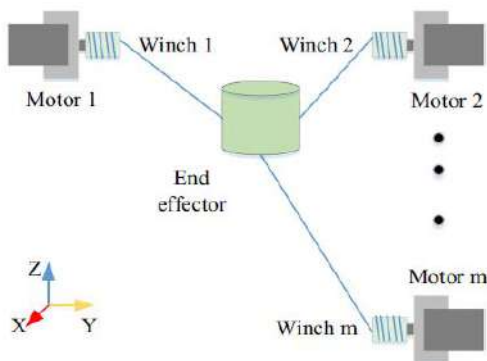


Рисунок 10. Схема ТПР с m тросами

ТПР имеет недостаточное количество связей, когда положение и ориентация рабочего органа (РО) в ТПР определяется только его силой тяжести. В случае, когда положение и ориентация РО полностью определяются длинами тросов, ТПР имеет полные или избыточные связи. ТПР с n степенями подвижности и управляемыми m тросами, могут быть классифицированы на три типа в соответствии с мобильностью и статикой [20]:

ТПР с недостаточным количеством связей $n + 1 > m$;

ТПР с полным количеством связей $n + 1 = m$;

ТПР с избыточным количеством связей $n + 1 < m$.

Для ТПР с полными и избыточными количествами связей, положение и ориентации РО зависит только от кинематики и статики, в работе [21] показаны две конструкции плоских ТПР с пружиной.

В работах [22, 23] проведен синтез плоского и пространственного ТПР с полным количеством связей, в пространстве допустимых максимальных сил и моментов. В работе [24] проведен синтез реконфигурируемого ТПР с подвижными точками тросового соединения для предотвращения столкновений тросов с препятствиями в рабочем пространстве. В работе [25] проведен синтез и анализ ТПР с гибридным приводом на основе плоского пятизвенного механизма. Синтез структуры является системным и эффективным способом проектирования ТПР. Через синтез структуры, можно получить различные типы ТПР в соответствии с желаемым количеством звеньев и степеней свободы [26–32].

Кинематика и динамика ТПР. По сравнению с решением обратной кинематической задачей типовых роботов, обратные кинематические задачи ТПР решаются значительно проще. И наоборот, решение прямой кинематической задачи ТПР является более сложной [33–37].

Для разработки динамических моделей ТПР применяются различные методы на основе: уравнения Лагранжа, уравнения Ньютона – Эйлера, уравнение Кейна, уравнение Удвации – Калабы, принципа виртуальной работы и т. д. [38–40]. Для учета влияния длины троса и изменения массы, в работе [42] рассмотрено динамическое моделирование ТПР на основе метода конечных элементов в вариабельной области. Для исследования динамики ТПР тросы обычно рассматриваются, как простые линейные элементы, что приводит к неточности моделирования. Для устранения данного недостатка, в работе [43] показана динамическая модель ТПР с учетом медленно меняющейся во времени длины тросов. В работе [44]

исследовали динамику ТПР с полными связями и с эластичными тросами с учетом продольных колебаний тросов.

Рабочее пространство ТПР значительно больше, чем у параллельных роботов с жесткими звеньями в виду большего диапазона удлинения тросов. Рабочее пространство с ограничением сил ТПР, определяется как набор положений РО, в которых натяжение троса может уравновесить произвольные внешние силы, действующие на РО. Поскольку тросы могут только тянуть, а не толкать РО, обычно трудно удовлетворить требуемые требования для выполнимого рабочего пространства ТПР. Рабочее пространство ТПР можно получить с помощью различных численных методов, представленных в работах [45–48].

Управление ТПР. Особенность ТПР с гибкими тросами вместо жестких звеньев создают неизбежные проблемы для управления ТПР по сравнению с параллельными роботами с жесткими звеньями. Трудно контролировать точное положение и ориентацию РО из-за его гибких тросов. Из-за упомянутого физического ограничения, которое выдерживает растяжение, но не сжатие, некоторые широко используемые

Традиционные методы управления параллельными роботами с жесткими звеньями не могут применяться непосредственно в ТПР, в следствии ограниченности работы тросов только на растяжение. Поэтому необходимо разработка новых методов по управлению ТПР. Работ по управлению ТПР в настоящее время немного, применяются следующие алгоритмы управления ТПР: управление скользящим режимом, гибридное управление положением / силой, адаптивное управление и т. д. [49–52]. Большим недостатком ТПР является провисание троса во время перемещения РО. Это сложная проблема при решении планирования траектории ТПР [53–55]. Таким образом, по сравнению с обычными роботами, планирование траектории для ТПР существенно различается [56–61]. Для ТПР с полными связями тот факт, что все степени свободы РО могут контролироваться, облегчает задачу планирования траектории. Однако для ТПР с недостаточными связями контролируемое рабочее пространство не существует, что увеличивает сложность во время планирования траектории ТПР.

Выводы. Для расширения применения ТПР необходимы более глубокие исследования, такие как:

- интегрированная разработка ТПР различных конфигураций с лучшими характеристиками должна осуществляться с помощью новых методов анализа и синтеза;
- разработка и применение более совершенных контроллеров и исполнительных механизмов для более высокой производительности и точного отслеживания траектории;
- повышение жесткости и несущей способности ТПР при помощи структурного синтеза.
- применение методов создания реконфигурируемой и модульной конструкции, применяемых в параллельных роботах с жесткими звеньями, для разработки эффективных ТПР.

Благодаря преимуществам ТПР, включая таких, как малая инерционность и большая зона обслуживания, в последнее время в зарубежных институтах уделяется большое внимание разработкам и внедрениям в промышленность ТПР с новой структурой и новыми функциональными возможностями.

В то время как, в Республике Казахстан по тросовым параллельным манипуляторам не проводятся никаких исследований. Появление в стране тросовых параллельных роботов способно значительно расширить спектр научно-исследовательских услуг.

REFERENCES

- [1] A Berti, J P Merlet, M Carricato. Solving the direct geometrico-static problem of underconstrained cable-driven parallel robots by interval analysis. The International Journal of Robotics Research, 2016, 35(6): 723-739.
- [2] B Zi, B Y Duan, J L Du, et al. Dynamic modeling and active control of a cable-suspended parallel robot. Mechatronics, 2008, 18(1): 1-12.

- [3] Y Wiscchnitzer, N Shvalb, M Shoham. Wire-driven parallel robot: permitting collisions between wires. *The International Journal of Robotics Research*, 2008, 27(9): 1007-1026.
- [4] T Heyden, C Woernle. Dynamics and flatness-based control of a kinematically undetermined cable suspension manipulator. *Multibody System Dynamics*, 2006, 16(2): 155-177.
- [5] S R Oh, S K Agrawal. Cable suspended planar robots with redundant cables: controllers with positive tensions. *IEEE Transactions on Robotics*, 2005, 3: 457-465.
- [6] X Q Tang. An overview of the development for cable-driven parallel manipulator. *Advances in Mechanical Engineering*, 2014, 2014(1): 1-9.
- [7] B Zi, S Qian. Design, analysis and control of cable-suspended parallel robots and its applications. Singapore: Springer Singapore, 2017.
- [8] P Dion-Gauvin, C Gosselin. Trajectory planning for the static to dynamic transition of point-mass cable-suspended parallel mechanisms. *Mechanism and Machine Theory*, 2017, 113: 158-178.
- [9] R Bostelman, J Albus, N Dagalakis, et al. Applications of the NIST robocrane. *Proceedings of International Symposium on Robotics and Manufacturing Maui Hi*. 1994: 14-18.
- [10] A James, B Roger, D Nicholas. The NIST robocrane. *Journal of Robotic Systems*, 1993, 10: 709-724.
- [11] M Tanaka, Y Seguchi, S Shimada. Kineto-statics of skycam-type wire transport system. *Proceedings of USA-Japan Symposium on Flexible Automation, Crossing Bridges: Advances in Flexible Automation and Robotics*, 1988: 689-694.
- [12] A M Pinto, E Moreira, J Lima, et al. A cable-driven robot for architectural constructions: a visual-guided approach for motion control and path planning. *Autonomous Robots*, 2017, 41(7): 1487-1499.
- [13] D. Matsuura, T. Ueki, Y. Sugahara, M. Yoshida and Y. Takeda. Reproduction of Long-Period Ground Motion by Cable Driven Earthquake Simulator Based on Computed Torque Method. *Mechanisms and Machine Science*, 2019, 74, 415-425.
- [14] Barry N., Fisher E., and Vaughan J. Modeling and control of a cable-suspended robot for inspection of vertical structures. *Journal of Physics: Conference Series* 744, 2016.
- [15] A. Pott et al. aIPAnema: a family of cable-driven parallel robots for industrial applications. In: *Cable-Driven Parallel Robots*. Springer, 2013, pp. 119-134.
- [16] N. Kirchgessner et al., "The ETH field phenotyping platform FIP: a cable-suspended multisensory system," *Funct. Plant Biol.*, vol. 44, no. 1, pp. 154-168, 25 2017.
- [17] J. Radojicic, D. Surdilovic, J. Krüger, Application challenges of large-scale wire robots in agricultural plants, *IFAC Proceedings Volumes*, vol. 46, no. 4, pp. 77-82, 2013.
- [18] M J Varela, M Ceccarelli, P Flores. A kinematic characterization of human walking by using CaTraSys. *Mechanism and Machine Theory*, 2015, 86(86):125-139.
- [19] R Verhoeven. Analysis of the workspace of tendon-based Stewart platforms. Duisburg: Department of Mechanical Engineering, University of Duisburg-Essen, 2004.
- [20] D Zanotto, G Rosati, S Minto, et al. Sophia-3: a semiadaptive cable-driven rehabilitation device with a tilting working plane. *IEEE Transactions on Robotics*, 2014, 30(4): 974-979.
- [21] H W Liu, C Gosselin, T Laliberte. Conceptual design and static analysis of novel planar spring-loaded cable-loop-driven parallel mechanisms. *Journal of Mechanisms and Robotics-Transactions of the ASME*, 2012, 4(2): 11.
- [22] K Azizian, P Cardou. The dimensional synthesis of spatial cable-driven parallel mechanisms. *Journal of Mechanisms and Robotics-Transactions of the ASME*, 2013, 5(4): 8.
- [23] K Azizian, P Cardou. The dimensional synthesis of planar parallel cable-driven mechanisms through convex relaxations. *Journal of Mechanisms and Robotics-Transactions of the ASME*, 2012, 4(3): 13.
- [24] L Gagliardini, S Caro, M Gouttefarde, et al. Discrete reconfiguration planning for Cable-Driven Parallel Robots. *Mechanism and Machine Theory*, 2016, 100: 313-337.
- [25] B Zi, H H Sun, D Zhang. Design, analysis and control of a winding hybrid-driven CDPR. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 2017, 48: 196-208.
- [26] J W Suh, K Y Kim, J W Jeong, et al. Design considerations for a hyperredundant pulleyless rolling joint with elastic fixtures. *IEEE-ASME Transactions on Mechatronics*, 2015, 20(6): 2841-2852.
- [27] X Dong, M Raffles, S C Guzman, et al. Design and analysis of a family of snake arm robots connected by compliant joints. *Mechanism and Machine Theory*, 2014, 77: 73-91.
- [28] Y Mao, S K Agrawal. Design of a Cable-driven arm exoskeleton (CAREX) for neural rehabilitation. *IEEE Transactions on Robotics*, 2012, 28(4): 922-931.

- [29] X Cui, W H Chen, X Jin, et al. Design of a 7-dof cable-driven arm exoskeleton (CAREX-7) and a controller for dexterous motion training or assistance. *IEEE-ASME Transactions on Mechatronics*, 2017, 22(1): 161-172.
- [30] B T Gao, J Xu, J G Zhao, et al. A humanoid neck system featuring low motion-noise. *Journal of Intelligent and Robotic Systems*, 2012, 67(2): 101-116.
- [31] D Lau, D Oetomo, S K Halgamuge. Generalized modeling of multilink cable-driven manipulators with arbitrary routing using the cable-routing matrix. *IEEE Transactions on Robotics*, 2013, 29(5): 1102-1113.
- [32] X W Zhao, B Zi, L Qian. Design, analysis, and control of a cable-driven parallel platform with a pneumatic muscle active support. *Robotica*, 2017, 35(4): 744-765.
- [33] A Berti, J P Merlet, M Carricato. Solving the direct geometrico-static problem of underconstrained cable-driven parallel robots by interval analysis. *International Journal of Robotics Research*, 2016, 35(6): 723-739.
- [34] B T Gao, Z Y Zhu, J G Zhao, et al. Inverse kinematics and workspace analysis of a 3 dof flexible parallel humanoid neck robot. *Journal of Intelligent and Robotic Systems*, 2017, 87(2): 211-229.
- [35] M Carricato. Direct geometrico-static problem of underconstrained cable-driven parallel robots with three cables. *Journal of Mechanisms and Robotics-Transactions of the ASME*, 2013, 5(3): 10.
- [36] Q M Jiang, V Kumar. The inverse kinematics of cooperative transport with multiple aerial robots. *IEEE Transactions on Robotics*, 2013, 29(1): 136-145.
- [37] M Carricato, J P Merlet. Stability analysis of underconstrained cable-driven parallel robots. *IEEE Transactions on Robotics*, 2013, 29(1): 288-296.
- [38] B Zi, B Zhou. A modified hybrid uncertain analysis method for dynamic response field of the LSOAAC with random and interval parameters. *Journal of Sound and Vibration*, 2016, 374: 111-137.
- [39] E Kljuno, L W Ii R. Vehicle simulation system: controls and virtual-realitybased dynamics simulation. *Journal of Intelligent and Robotic Systems*, 2008, 52(1): 79-99.
- [40] S R Oh, J C Ryu, P D Students, et al. Dynamics and control of a helicopter carrying a payload using a cable-suspended robot. *Journal of Mechanical Design*, 2015, 128(5): 1113-1121.
- [41] B Zi, Z C Zhu, J L Du. Analysis and control of the cable-supporting system including actuator dynamics. *Control Engineering Practice*, 2011, 19(5): 491-501.
- [42] J L Du, H Bao, C Z Cui, et al. Dynamic analysis of CDPRs with timevarying cable lengths. *Finite Elements in Analysis and Design*, 2012, 48(1): 1392-1399.
- [43] J L Du, C Z Cui, H Bao, et al. Dynamic analysis of CDPRs using a variable length finite element. *Journal of Computational and Nonlinear Dynamics*, 2015, 10(1): 011013.
- [44] M A Khosravi, H D Taghirad. Dynamic modeling and control of parallel robots with elastic cables: singular perturbation approach. *IEEE Transactions on Robotics*, 2014, 30(3): 694-704.
- [45] B P Cong, H Y Song, G Yang, et al. Force-closure workspace analysis of cable-driven parallel mechanisms. *Mechanism and Machine Theory*, 2006, 41(1): 53-69.
- [46] B L Wen, G Yang, H Y Song, et al. A generic force-closure analysis algorithm for CDPRs. *Mechanism and Machine Theory*, 2011, 46(9): 1265-1275.
- [47] D Lau, D Oetomo, S K Halgamuge. Wrench-closure workspace generation for CDPRs using a hybrid analytical-numerical approach. *Journal of Mechanical Design*, 2011, 133(7): 71004.
- [48] M Gouttefarde, D Daney, J P Merlet. Interval-analysis-based determination of the wrench-feasible workspace of parallel cable-driven robots. *IEEE Transactions on Robotics*, 2011, 27(1): 1-13.
- [49] G Meunier, B Boulet, M Nahon. Control of an overactuated cable-driven parallel mechanism for a radio telescope application. *IEEE Transactions on Control Systems Technology*, 2009, 17(5): 1043-1054.
- [50] H Kino, T Yahiro, F Takemura, et al. Robust PD control using adaptive compensation for completely restrained parallel-wire driven robots: translational systems using the minimum number of wires under zero-gravity condition. *IEEE Transactions on Robotics*, 2007, 23(4): 803-812.
- [51] M Gouttefarde, L Johann, R Christopher, et al. A Versatile Tension Distribution Algorithm for n - DOF Parallel Robots Driven by n+2 Cables. *IEEE Transactions on Robotics*, 2015, 31(6):1444-1457.
- [52] M Yamamoto, N Yanai, A Mohri. Trajectory control of incompletely restrained parallel-wire-suspended mechanism based on inverse dynamics. *IEEE Transactions on Robotics*, 2004, 20(5): 840-850.
- [53] L Barbazza, F Oscari, S Minto, et al. Trajectory planning of a suspended cable driven parallel robot with reconfigurable end effector. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 2017, 48: 1-11.
- [54] E Barnett, C Gosselin. Time-optimal trajectory planning of cable-driven parallel mechanisms for fully specified paths with G(1)-discontinuities. *Journal of Dynamic Systems Measurement and Control-Transactions of the ASME*, 2015, 137(7): 12.

- [55] J Fink, N Michael, S Kim, et al. Planning and control for cooperative manipulation and transportation with aerial robots. The International Journal of Robotics Research, 2011, 30(3): 324-334.
- [56] X L Jiang, C Gosselin. Dynamic point-to-point trajectory planning of a three-DOF cable-suspended parallel robot. IEEE Transactions on Robotics, 2016, 32(6): 1550-1557.
- [57] C Gosselin, S Foucault. Dynamic point-to-point trajectory planning of a two-DOF cable-suspended parallel robot. IEEE Transactions on Robotics, 2014, 30(3): 728-736.
- [58] N Zhang, W W Shang. Dynamic trajectory planning of a 3-DOF underconstrained cable-driven parallel robot. Mechanism and Machine Theory, 2016, 98: 21-35.
- [59] N Zhang, W W Shang, S Cong. Geometry-based trajectory planning of a 3-3 cable-suspended parallel robot. IEEE Transactions on Robotics, 2017, 33(2): 484-491.
- [60] M H Korayem, H Tourajizadeh, A Zehfroosh, et al. Optimal path planning of a cable-suspended robot with moving boundary using optimal feedback linearization approach. Nonlinear Dynamics, 2014, 78(2): 1515-1543.
- [61] L W Tang, X Q Tang, X L Jiang, et al. Dynamic trajectory planning study of planar two-DOF redundantly actuated cable-suspended parallel robots. Mechatronics, 2015, 30: 187-197.

А.А. Джомартов*, А.Н. Камал, А. Абдураимов

Ө.А. Жолдасбеков атындағы Механика және машинатану институты, Қазақстан

*e-mail: legsert@mail.ru

СЫМДЫ ПАРАЛЛЕЛЬДІ РОБОТТАРҒА ШОЛУ

Андатпа. Қатты байланыстырылған параллель роботтардан айырмашылығы, параллель кабельді роботтар (ПКР) жұмыс органының орналасуы мен бағытын бақылау үшін қатаң сілтем елер емес, икемді кабельдер арқылы қозғалады. ПКР -дің параллель роботтардың әдеттегі роботтарға қарағанда артықшылығы бар, олардың салмақ пен салмақтың арақатынасы жоғарырақ. ПКР инерциялық сипаттамалары төмен және жұмыс денесінің жоғары жылдамдығы мен үдеуін қамтамасыз ететін салмақ пен салмақтың жоғары қатынасы бар. Арқандардың икемділігі арқасында ПКР үлкен жұмыс аймағы бар күрделі міндеттерді шешуге қолданыла алады. Бұл мақалада әлемде жасалған параллель арқан роботтарының кейбір түрлеріне шолу жасалады. ПКР жобалау, құрылымы, кинематикасы мен динамикасы, басқару және траекториясын жоспарлау бойынша жұмыстарға шолу көрсетілген. Кабельдік параллель роботтарға жүргізілген шолу принципіалды жаңа роботтарды зерттеу саласында жұмыс істейтін студенттер мен докторанттар үшін пайдалы болады.

Негізгі сөздер: кабельдік параллель роботтар, жобалау, басқару, жоспарлау, кинематика, динамика.

A.A. Jomartov*, A.N. Kamal, A. Abduraimov

Institute of Mechanics and Mechanical Engineering named after U. A. Dzholdasbekov, Kazakhstan

*e-mail: legsert@mail.ru

OVERVIEW OF CABLE PARALLEL ROBOTS

Abstract. Unlike rigidly coupled parallel robots, parallel cable robots (PCR) are driven by flexible cables rather than rigid links to control the position and orientation of the working body. PCRs have the advantages of parallel robots over conventional robots, including a higher load-to-weight ratio. PCR have lower inertial characteristics and a higher payload-to-weight ratio, which provides high speed and acceleration of the working body. Due to the flexibility of the ropes, PCRs can be used to solve complex tasks with a large working area of service. This article provides an overview of some types of parallel cable robots developed in the world. An overview of works on the design of the PCR, structure, kinematics and dynamics, control and trajectory planning is shown. The conducted review of cable parallel robots will be useful for students and doctoral students working in the field of research of fundamentally new robots.

Keywords: cable parallel robots, design, control, planning, kinematics, dynamics.

¹А.Марасулов, ²И.И.Сафаров, ³Г.А.Абдраимова*, ¹А.С.Тулеп

¹Международный казахско-турецкий университет им. Х.А. Ясави, Туркестан, Казахстан

²Ташкентский химико-технологический институт, Ташкент, Узбекистан

³Satbayev University, Алматы, Казахстан

*e-mail: gulnara409@mail.ru

СОБСТВЕННЫЕ КОЛЕБАНИЯ РЕБРИСТОЙ УСЕЧЕННОЙ КОНИЧЕСКОЙ ОБОЛОЧКИ

Аннотация. В данной статье на основе вариационного уравнения Лагранжа получены интегро-дифференциальные уравнения собственных колебаний вязкоупругой ребристой усеченной конической оболочки. На основе метода конечных элементов разработана методика решения и алгоритм уравнений собственных колебаний вязкоупругой ребристой усеченной конической оболочки с шарнирно и свободно опертыми краями. Задача сводится к решению однородных алгебраических уравнений с комплексными коэффициентами большого порядка. Для существования решения основной определитель системы алгебраических уравнений должен быть равен нулю. Из этого условия получаем частотное уравнение с комплексно выходящими параметрами. Комплексные корни частотного уравнения определяются методом Мюллера, на каждой итерации метода Мюллера применяется метод Гаусса с выделением главного элемента. Проведено исследование собственных колебаний вязкоупругих панелей усеченных конических оболочек и выявлены некоторые характерные особенности. С увеличением числа ребер соответственно реальные и мнимые части собственных частот увеличиваются.

Ключевые слова: коническая оболочка, панель, нелинейная модель, колебания, вязкоупругость.

Введение. Круговые конические оболочки, как элементы конструкций, нашли широкое применение в различных областях машиностроения. Большой практический интерес представляет изучение и устранение резонансных явлений в оболочках. Исследованию собственных колебаний круговых конусов посвящено значительное число теоретических и экспериментальных работ. Однако, до сих пор отсутствуют надежные решения, позволяющие определять параметры резонансов в широком диапазоне изменения физико-геометрических параметров. Имеются также работы, в которых теоретико-экспериментальным методом получены зависимости для определения резонансных частот [1] и форм колебаний усеченных конических панелей [2, 3]. Другой метод в основном используется для исследования оболочек, которые позволяют перейти от уравнений устойчивости конических оболочек к соответствующим уравнениям для цилиндрических оболочек с круговым поперечным сечением. Во многих работах используется без моментная и полу-без моментная теории оболочек [4, 5]. Также применяются приближенные методы для решения задач собственных колебаний [6, 7]. Особую трудность вызывают задачи колебаний подкреплённых конических оболочек в геометрически нелинейной постановке с учетом реологических свойств материала, решения для которых практически отсутствуют.

Данная статья посвящена частичному решению этих проблем. Целью настоящей работы является получение формулы для нахождения частот и форм колебаний для круговых ребристых вязкоупругих конических оболочек при различных краевых условиях.

Методы. *Постановка задачи и основные соотношения*

В работе рассматриваются собственные колебания замкнутой круговой вязкоупругой конической оболочки с углом конусности θ , толщиной h (рис. 1) с ребрами l и n (соответственно по продольным и кольцевым направлениям). Для получения уравнений собственных колебаний используем принцип возможных перемещений Лагранжа, который учитывает граничные условия

$$\delta(K + \Pi - A) = 0 \quad ,$$

где K - кинетическая энергия оболочки и ребра, Π - потенциальная энергия оболочки и ребра, A - работа внешних сил.

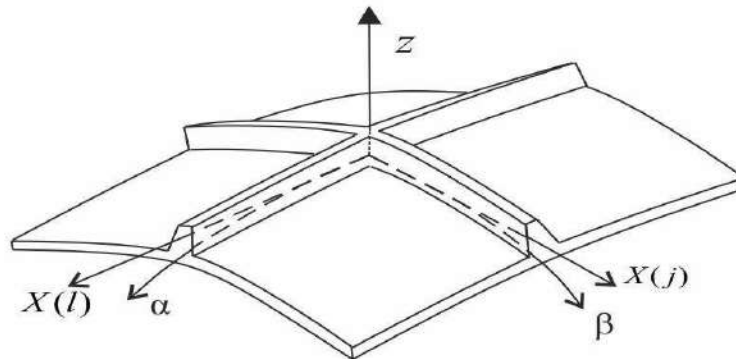


Рисунок 1. Элемент оболочки с подкрепленными ребрами

Срединная поверхность конической оболочки принимается за координатную поверхность α, β и рассматривается также декартова система координат. Оси декартовы X, Y ортогональной системы координат, направленные по линиям главных кривизн, показаны на рисунке 1, а ось Z направлена ортогонально срединной поверхности, в сторону вогнутости.

Параметры Ляме, для конической оболочки, приведены в работе [8] и имеют следующий вид $A=1$, $B = x \sin \gamma$, а кривизны - $k_x = 0$, $k_y = \frac{\operatorname{ctg} \gamma}{x}$. Деформации в координатной поверхности оболочки выражаются через перемещения U, V, W вдоль осей X, Y, Z соответственно следующим образом:

$$\begin{aligned} \varepsilon_x &= \frac{\partial U}{\partial x} + \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{\partial W}{\partial x} \right)^2; \\ \varepsilon_y &= \frac{1}{x \sin \theta} \cdot \frac{\partial V}{\partial y} + \frac{U}{x} - \frac{\operatorname{ctg} \theta}{x} W + \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{1}{x \sin \theta} \cdot \frac{\partial W}{\partial y} + \frac{\operatorname{ctg} \theta}{x} V \right)^2; \\ \gamma_{xy} &= \frac{\partial V}{\partial x} + \frac{1}{x \sin \theta} \cdot \frac{\partial U}{\partial y} - \frac{V}{x} + \frac{\partial W}{\partial x} \cdot \left(\frac{1}{x \sin \theta} \cdot \frac{\partial W}{\partial y} + \frac{\operatorname{ctg} \theta}{x} V \right). \end{aligned} \quad (1)$$

Физические соотношения для изотропного вязкоупругого тела принимают вид [9, 10]:

$$\begin{aligned} \sigma_x &= \frac{\tilde{E}}{1-\mu^2} (\varepsilon_x^z + \mu \varepsilon_y^z); \quad \sigma_y = \frac{\tilde{E}}{1-\mu^2} (\varepsilon_y^z + \mu \varepsilon_x^z); \\ \tau_{xy} &= \frac{\tilde{E}}{2(1+\mu)} \gamma_{xy}^z; \quad \tau_{xz} = \frac{\tilde{E}}{2(1+\mu)} \gamma_{xz}; \quad \tau_{yz} = \frac{\tilde{E}}{2(1+\mu)} \gamma_{yz}. \end{aligned}$$

Здесь μ - коэффициент Пуассона материала оболочки, который считается постоянным; $\tilde{E}_k$ - операторные модули упругости конической оболочки и ребра:

$$\tilde{E}_k f(t) = E_{0k} \left[f(t) - \int_0^t R_{E_k}(t-\tau) f(\tau) d\tau \right], \quad (2)$$

E_{0k} - мгновенный модуль упругости Юнга ($k=1,2,3...L$); $k=1$ - мгновенный модуль упругости оболочки, $k=2,3...L$ - мгновенный модуль упругости ребер, $f(t)$ - непрерывная функция; $R_{E_k}(t-\tau)$ - ядро релаксации.

Предполагается, что интегральные члены в (2) малые. Тогда существует функция $f(t) = \varphi(t)e^{-i\omega_R t}$ и интегральные члены заменяются следующими выражениями:

$$\bar{E}_k \varphi = E_{0k} [1 - \Gamma_k^C(\omega_R) - i\Gamma_k^S(\omega_R)] \varphi, \quad (3)$$

где

$$\Gamma^C(\omega_R) = \int_0^\infty R_E(\tau) \cos \omega_R \tau d\tau, \quad \Gamma^S(\omega_R) = \int_0^\infty R_E(\tau) \sin \omega_R \tau d\tau$$

соответственно косинус и синус преобразования Фурье, ω_R - действительная величина. При вычислениях используется трёхпараметрическое ядро Колтунова-Ржаницына: $R_k(t) = A_k e^{-\beta_k t} / t^{1-\alpha_k}$ [9].

Представлено слабо сингулярное ядро релаксации. Ядро при $t=0$ имеет особенность. Разработанная методика учитывает все приведенные факторы.

Для определения динамических характеристик ребристых усеченных вязкоупругих оболочек с шарнирным опиранием по кромкам применяется метод конечных элементов с восемью узлами и используются криволинейные элементы [3]. Для этого вычисляются кинетическая и потенциальная энергии с учетом геометрической нелинейности. Все приведённые разбиения конструкции изложены в работах [7,8]. Искомые собственные частоты являются комплексными. Реальные части описывают собственные частоты механической системы. В результате получаем систему обыкновенных дифференциальных уравнений с комплексными коэффициентами.

Место расположения и высота ребер задается функцией:

$$H(x, y) = \sum_{j=1}^m h^j \bar{\delta}(x - x_j) + \sum_{i=1}^n h^i \bar{\delta}(y - y_i) - \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m h^{ij} \bar{\delta}(x - x_j) \bar{\delta}(y - y_i) \quad (4)$$

Функционал полной энергии деформации вязкоупругой оболочки имеет вид:

$$J = \int_{t_0}^{t_1} (K - \Pi + A) dt. \quad (5)$$

Здесь K - кинетическая энергия системы, Π - потенциальная энергия системы, A - работа внешних сил.

Рассмотрим подкрепленную коническую оболочку с узкими ребрами. Рассматриваемая задача решается в безразмерных параметрах. Тогда основные соотношения принимают следующий вид:

$$\begin{aligned}\xi &= \frac{x}{a}, \quad \eta = \frac{y}{b}, \quad \lambda = \frac{a}{b \sin \theta}, \quad \lambda = \frac{\lambda_1}{\xi}, \quad \bar{U} = \frac{aU}{h^2}, \\ \bar{V} &= \frac{b \sin \theta V}{h^2}, \quad \bar{W} = \frac{W}{h}, \quad \bar{\psi}_x = \frac{a \psi_x}{h}, \quad \bar{\psi}_y = \frac{b \sin \theta \psi_y}{h}, \\ \bar{a} &= \frac{a}{h}, \quad \bar{P} = \frac{a^4 P}{E h^4}, \quad \bar{t} = \frac{h}{a^2} \sqrt{\frac{E_0}{(1-\mu^2)\rho}} t, \quad \bar{F} = \frac{\bar{F}}{h}, \quad \bar{J} = \frac{\bar{S}}{h^2}, \quad \bar{J} = \frac{\bar{J}}{h^3},\end{aligned}\quad (6)$$

и получим следующие выражения для кинетической и потенциальной энергий:

$$\begin{aligned}\bar{K} &= \frac{1}{\bar{a}^2} \int_{a_1}^1 \int_0^1 \left[\left(1 + \bar{F} \right) \left(\dot{\bar{U}}^2 + \lambda^2 \dot{\bar{V}}^2 + \bar{a}^2 \dot{\bar{W}}^2 \right) + 2 \bar{S} \left(\dot{\bar{U}} \dot{\bar{\psi}}_x + \lambda^2 \dot{\bar{V}} \dot{\bar{\psi}}_y \right) + \right. \\ &\quad \left. + \left(\frac{1}{12} + \bar{J} \right) \left(\dot{\bar{\psi}}_x^2 + \lambda^2 \dot{\bar{\psi}}_y^2 \right) \right] \xi d\xi d\eta, \\ \bar{\Theta} &= \int_{\bar{a}_1}^1 \int_0^1 \left[\left(1 + \bar{F} \right) \left(\bar{\varepsilon}^2 + \lambda^4 \bar{\varepsilon}_y^2 + 2 \mu \lambda^2 \bar{\varepsilon}_x \bar{\varepsilon}_y + \mu_1 \lambda^2 \bar{\gamma}_{xy}^2 + \frac{5}{6} \mu_1 \bar{a}^2 \cdot \left(\bar{\psi}_x + \frac{\partial \bar{W}}{\partial \xi} \right)^2 + \right. \right. \\ &\quad \left. \left. + \frac{5}{6} \mu_1 \lambda^2 \bar{a}^2 \cdot \left(\bar{\psi}_y + \frac{\partial \bar{W}}{\partial \eta} + \frac{c_3}{\xi} \bar{V} \right)^2 \right) + 2 \bar{S} \left(\bar{\chi}_1 \bar{\varepsilon}_x + \lambda^4 \bar{\chi}_2 \bar{\varepsilon}_y + \mu \lambda^2 \bar{\chi}_2 \bar{\varepsilon}_x + \mu \lambda^2 \bar{\chi}_1 \bar{\varepsilon}_y + \right. \right. \\ &\quad \left. \left. 2 \mu_1 \lambda^2 \bar{\gamma}_{xy} \bar{\chi}_{12} \right) + \left(\frac{1}{12} + \bar{J} \right) \cdot \left(\bar{\chi}_1^2 + \lambda^4 \bar{\chi}_2^2 + 2 \mu \lambda^2 \bar{\chi}_1 \bar{\chi}_2 + 4 \mu_1 \lambda^2 \bar{\chi}_{12}^2 \right) - \right. \\ &\quad \left. - 2(1-\mu^2) \bar{P} \bar{W} \right] \xi d\xi d\eta.\end{aligned}\quad (7)$$

Вариационное уравнение для тонкой вязкоупругой оболочки, подкрепленной ребрами l -го и j -го направления, получаются как вариация от суммы потенциальной и кинетической энергий с учетом условия сопряжения [11]:

$$\delta K + \sum_{l=1}^N \delta K_l + \sum_{j=1}^n \delta K_j + \delta \Theta + \sum_{l=1}^m \delta \Theta_l = 0, \quad N = n + m, \quad (8)$$

где $\Theta_l = \Pi_l - A_l$ - разность потенциалов внешних сил и работы, приложенных к ребрам. Данная сумма содержит в качестве слагаемых столько уравнений (8), сколько имеется ребер по соответствующим направлениям. Таким образом, применительно к рассматриваемой ребристой оболочке, принцип Лагранжа можно сформулировать так [12, 13, 14]:

- действительные перемещения срединной поверхности оболочки U, V, W и ребер U_m, V_m, W_m ($m = k, j$), соответствующие данным граничным условиям и нагрузке, и переводящие оболочку из естественного положения в состояние упругого равновесия, отличаются от всех возможных перемещений тем, что сообщают рассматриваемой системе минимальное количество потенциальной энергии.

Рассматриваются собственные колебания конической оболочки со свободным опиранием ее торцов.

Таким образом, поставлена математическая постановка задачи и приведены основные соотношения вязкоупругих конических оболочек при собственных колебаниях, которые учитывают геометрическую нелинейность, дискретное введение вязкоупругих ребер, их сдвиговую и крутильную жёсткость, поперечные сдвиги и инерцию вращения.

Методы решения. Для расчета динамических характеристик панели конических оболочек, учитывающие геометрические нелинейные члены (1)-(2), для тестовых примеров пренебрегаем и воспользуемся методом конечных элементов (МКЭ) в перемещениях. Рассмотрим 8-узловых изопараметрических криволинейных конечных элементов (КЭ), так называемый «вырожденный» элемент оболочки [15]. Элемент предназначен для расчёта оболочек средней и малой толщины с ребрами. Геометрия КЭ представляет искривленный параллелепипед в трехмерном пространстве с линейчатой поверхностью по толщине. Используются локальная ξ, η, ζ и глобальная декартова x, y, z системы координат. Координаты произвольной точки КЭ выражаются через координаты узловых точек $\bar{r}_i$ и компоненты вектора единичной нормали $\bar{n}_i$. Конечно-элементное представление уравнений равновесия системы конечных элементов в состоянии движения, с учетом (3), (4), (5) и (8) имеет вид [15]:

$$[M]\{\ddot{q}\} + [\bar{K}(\omega_R)]\{q\} + \{R\} = 0, \quad (9)$$

где $[M] = \sum_{i,j=1}^n [m_{ij}]$ - матрица масс системы ($[m_{ij}] = \alpha_1 [m_{ij}]_a + \beta_1 [m_{ij}]_p$, $[m_{ij}]_a$ - элементы матрица масс панели конической оболочки, $[m_{ij}]_p$ - элементы матрица масс подкрепляющего стержня, α_1, β_1 определяются из сопоставления результатов вычисления с опытными данными), $[\bar{K}(\omega_R)]$ - матрица жесткости системы ($[K] = \sum_{i,j=1}^n [k_{ij}]$ - матрица жесткости панели конической оболочки и подкрепляющего стержня), $\{q\}$ - неизвестные узловые перемещения, $\{R\}$ - вектор внешних нагрузок. Матрица масс (9) является согласованной: структура матрицы масс $[M] = \sum_{i,j=1}^n [m_{ij}]$ полностью совпадает со структурой матрицы жесткости. Обе матрицы ($[M], [\bar{K}(q^t, \omega_R)]$) имеют размер (40x40), что отвечает числу степеней свободы КЭ.

Предполагается, что $\{R\} = 0$. Тогда рассматриваются собственные колебания панели конической оболочки. Решение (9) ищется в виде:

$$\{q\} = \{Q_A\} e^{-i\omega t}, \quad (10)$$

где $\{Q_A\}$ - амплитуды неизвестных узловых перемещений, комплексная величина; $\omega = \omega_R + i\omega_I$ - комплексная частота, которую требуется определить.

Подставляя (10) в (9), получим следующую систему однородных алгебраических уравнений:

$$(-\omega^2 [M] + [K(\omega_R)])\{q\} = 0. \quad (11)$$

Система однородных алгебраических уравнений имеет нетривиальное решение, когда основной определитель однородной системы алгебраических уравнений равен нулю. Тогда получается трансцендентное алгебраическое уравнение с комплексно выходящим параметром, которое решается численно методом Мюллера [14, 16].

Результаты и анализ. В качестве исходных данных следует задать радиусы (большие и маленькие), высоту и толщину оболочки, угол полу раствора усеченного конуса, модуль упругости, коэффициент Пуассона, параметры ядра релаксации материала и геометрические

и механические параметры ребер. В качестве ядра релаксации вязкоупругого материала примем трехпараметрическое ядро $R(t) = \frac{Ae^{-\beta t}}{t^{1-\alpha}}$ Ржаницына-Колтунова [17, 18], обладающее

слабой сингулярностью. Здесь A, α, β - параметры материалы. Рассматриваются вязкоупругие усеченные конические оболочки, у которых большие основания шарнирно оперты, а вторые основания - свободно оперты на коническую оболочку. Коническая оболочка подкреплена 4 ребрами, высотой $4h$ и шириной $2h$ (длины дуг между ребрами одинаковы - $s_i = \pi a / 2$). Все ребра вязкоупругие с одинаковыми реологическими свойствами. Параметры усеченной конической оболочки, изготовленной из оргстекла, имеют следующие значения: угол конусности $\gamma = 0.20, 0.40, 0.60, 0.80$; радиусы основания усеченной коническую оболочки - $a_1 = 15м, a = 18м$ (протяженность оболочки 10 метров). Физико-механические характеристики: $\rho_c = 7,8 \cdot 10^3 \frac{кг}{м^3}, \rho_0 = 3 \cdot 10^3 \frac{кг}{м^3}, \nu_c = 0.25, \nu_0 = 0.35, E_c = 2 \cdot 10^{12} \text{ ГПа}, E_0 = 20 \cdot 10^{12} \text{ Па}$. Значения реологических параметров примем в виде: $A = 0,048; \beta = 0,05; \alpha = 0,1$.

В таблице 1 показаны комплексные значения низших частот диссипативно однородной подкрепленной (с четырьмя стержнями) усеченной конической оболочки при различных толщинах оболочки в пределе гипотезы Кирхгофа-Лява [19, 20]. Определяются значения комплексной собственной частоты и соответствующих форм колебаний, когда оба торца контура оболочки шарнирно оперты ($N_1 = M_1 = U = V = W = 0$). В рассматриваемом случае минимальным собственным частотам (реальным частям комплексных частот) соответствуют осесимметричные колебания.

Таблица 1. Изменение частоты в зависимости от толщины оболочки

n	h	$\omega = \omega_R + i\omega_I$	
		ω_R	$-\omega_I \cdot 10^{-2}$
1	0.05	1.94894	1.77381
2		2.18942	2.57321
3		3.44160	2.90566
4		3.92574	3.04574
1	0.02	1.31147	1.42621
2		1.53439	2.49433
3		3.54578	2.98778
4		4.12429	3.21429
1	0.01	1.05218	1.22718
2		1.26867	1.36860
3		3.55691	3.45697
4		4.53974	3.65924

Анализ результатов показывает, что реальные части третьей и четвертой частоты умеренно снижаются, а соответствующие мнимые части плавно возрастают.

Анализ результатов расчета позволяет сделать вывод, что с уменьшением толщины вязкоупругой конической оболочки, у ее реальной и мнимой части первая и вторая частоты колебаний монотонно убываются для диссипативно однородных механических систем.

Результаты расчетов однородных вязкоупругих механических систем приведены на рисунках 2 и 3. Как видно из рисунков 2 и 3, подкрепление оболочки четырьмя продольными ребрами позволяет увеличить реальные и мнимые части собственной частоты усеченной конической оболочки. Параметр $\gamma = 0$ соответствует подкрепленной цилиндрической

оболочке, $\gamma=0.20, 0.40, 0.60, 0.80$ – соответствуют углу конусности подкрепленной усеченной конической оболочке. Учет реологических свойств материала позволяет увеличить (или уменьшить) частотные значения оболочки до 10%. Для изгибных колебаний наблюдается существенное уменьшение локальных максимумов нормальных перемещений с увеличением площади кольцевых ребер оболочки. Этот эффект становится более заметным с повышением номера частоты n [21, 22].

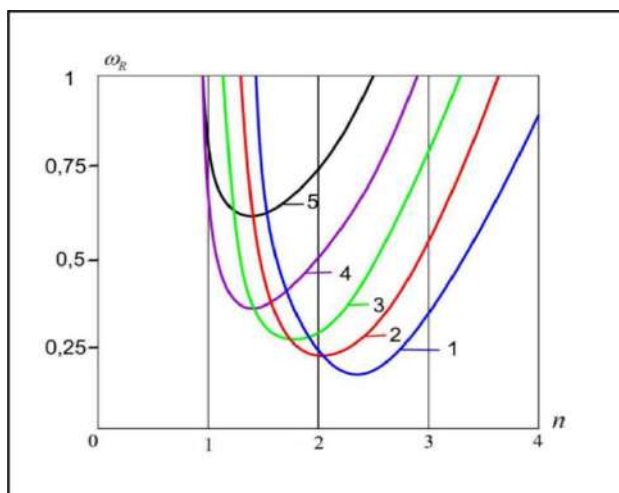


Рисунок 2. Изменение параметра (реальной части) комплексной частоты усеченных конических оболочек вращения в зависимости от n при различных γ :

1. $\gamma=0$; 2. $\gamma=0.20$; 3. $\gamma=0.40$; 4. $\gamma=0.60$; 5. $\gamma=0.80$.

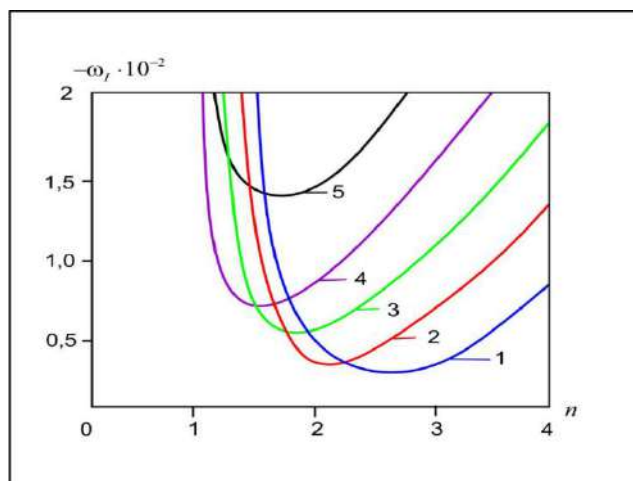


Рисунок 3. Изменение параметра (мнимой части) комплексной частоты усеченной конической оболочки в зависимости от n при различных γ :

1. $\gamma=0$; 2. $\gamma=0.20$; 3. $\gamma=0.40$; 4. $\gamma=0.60$; 5. $\gamma=0.80$.

Заключения. 1. Разработан алгоритм решения задач собственных колебаний оболочек для ребристых вязкоупругих конических оболочек. Для решения динамических задач применяются метод конечных элементов, метод замораживания и методы Мюллера и Гаусса.

2. Анализ результатов расчета показывает, что с уменьшением толщины вязкоупругой конической оболочки, реальные и мнимые части первой и второй частот колебаний монотонно

убывают. Реальные части третьей и четвертой частот умеренно снижаются, а соответствующие мнимые части плавно возрастают.

3. Учет реологических свойств материала позволяет увеличить (или уменьшить) частотные значения оболочки до 10% .

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Новожилов В.В. Теория тонких оболочек. – Л.: Судпромиздат, 1962. – 431 с.
- [2] Вольмир А.С. Нелинейная динамика пластинок и оболочек. – М.: Наука, 1972. – 432 с.
- [3] Ржаницын А.Р. Строительная механика. – М.: Высшая школа. 1982. – 400 с.
- [4] Шереметьева А.К., Чехонин К.А. Анализ деформационных свойств полимерных композитов в условиях фазовых и релаксационных переходов толщины // Материалы XXI Международной конференции по вычислительной механике и современным прикладным программным системам (ВМСППС'2019), 24–31 мая 2019 г., Алушта. – М.: Изд-во МАИ, 2019. –С. 365-367.
- [5] Safarov I.I., Almuratov, III. TeshaeвM.Kh., Homidov F.F., Rayimov D.G. On the dynamic stress-strain state of isotropic rectangular plates on an elastic base under vibration loads // Indian Journal of Engineering. 17(47), 2020. –P. 127-133.
- [6] Teshaeв, M.K., Safarov, I.I., Kuldashov, N.U., Ishmammatov, M.R., Ruziev, T.R. On the Distribution of Free Waves on the Surface of a Viscoelastic Cylindrical Cavity // Journal of Vibrational Engineering and Technologies.
- [7] Makowski J., Pietraszkiewicz W., Stumpf H. On the general form of jump conditions for thin irregular shells. Arch. Mech. 1998. №50, №3. –P.483-495.
- [8] Клованич С.Ф. Метод конечных элементов в нелинейных задачах инженерной механики. «Запорожье» Р.Украина, 2009. –400 с.
- [9] Safarov I.I., Teshaeв M.Kh., Boltaev Z.I. Own Vibrations of Bodies Interacting with Unlimited Deformable Environment. Open Access Library Journal. 2018, Volume 5. – P. 1-22. <https://doi.org/10.4236/oalib.1104432>.
- [10] Safarov I.I., Teshaeв M.Kh., Akhmedov M.S. Free Oscillations of a Toroidal Viscoelastic Shell with a Flowing Liquid. American Journal of Mechanics and Applications. –2018. –6(2). – P. 37-49. <http://www.sciencepublidoi:10.11648>.
- [11] Абовский Н.П. Ребристые оболочки. Красноярск. 1967. –61 с.
- [12] Ершов, Н.П. Состояние и перспективы развития расчетно-экспериментальных работ в области проектирования тонкостенных конструкций из композиционных материалов [Текст] / Н.П. Ершов// Механика композитных материалов, 1988. –№1. –С. 86-92.
- [13] Ефимов, А.Б. Решение осесимметричной задачи теории упругости для несжимаемых материалов с помощью гибридного метода конечных элементов [Текст] /А.Б. Ефимов, О.В. Аксененко, А.В. Цвелих // Математическое моделирование систем и процессов. – 1(1). – 1992. –С. 67-81.
- [14] Laura, P.A. and Gutierrez, R.H. Vibration analysis on a rectangular plate subjected to a thermal gradient // Journal of Sound and Vibration. -1980. -№ 72. –P. 263–264.
- [15] Gupta, A.K. and Khanna, A. Vibration of clamped viscoelastic rectangular plate with parabolic thickness variations // Shock and Vibration. -2008. -№ 15 (6). –P. 713–723.
- [16] Lal, R. Transverse vibrations of orthotropic non-uniform rectangular plate with continuously varying density // Indian Journal of Pure and Applied Mathematics. -2003. -№ 34. –P. 587–606.
- [17] Sobotka, Z. Free vibration of visco-elastic orthotropic rectangular plates // Acta Technica CSAV. -1978. -№ 6. –P. 678–705.
- [18] Singh, B. and Saxena, V. Transverse vibration of rectangular plate with bi-directional thickness variation // Journal of Sound and Vibration. -1996. -№ 198. –P. 51–65.
- [19] Kaplunov J.D., Wilde M.V. Edge and interfacial vibrations in elastic shells of revolution // J. Appl. Math. Phys. (ZAMP). -2000. -№ 51. – P. 29-48.
- [20] Lekomtsev S.V. Konechno-elementnye algoritmy rascheta sobstvennykh kolebaniy trekhmernykh obolochek // Vychisl. mekh. splosh. sred. – 2012. – Т. 5, –№. 2. –P. 233-243.
- [21] Bochkarev S.A., Matveenko V.P. Ustoichivost' koaksial'nykh tsilindricheskikh obolochek, soderzhashchikh vrashchayushchiysya potok zhidkosti // Vychisl. mekh. splosh. sred. – 2013. – Т. 6, -№. 1. – P. 94-102.
- [22] Присекин В.Л. Основы метода конечных элементов в механике деформируемых тел / В.Л. Присекин, Г.И. Расторгуев. – Новосибирск: НГТУ, 2010. –238 с.

REFERENCES

- [1] Novozhilov V.V. Teoriya tonkih obolochek. – L.: Sudpromizdat, 1962. - 431 s.
- [2] Vol'mir A.S. Nelinejnaja dinamika plastinok i obolochek. – M.: Nauka, 1972. -432 s.
- [3] Rzhanicyn A.R. Stroitel'naja mehanika. -M.: Vysshaja shkola. 1982. - 400 s.
- [4] Sheremet'eva A.K., Chehonin K.A. Analiz deformacionnyh svojstv polimernyh kompozitov v uslovijah fazovyh i relaksacionnyh perehodov tolshhiny // Materialy XXI Mezhdunarodnoj konferencii po vychislitel'noj mehanike i sovremennym prikladnym programmnyh sistemam (VMSPPS'2019), 24–31 maja 2019 g., Alushta. – M.: Izd-vo MAI, 2019. -S. 365-367.
- [5] Safarov I.I., Almuratov, Sh. Tessaev M.Kh., Homidov F.F., Rayimov D.G. On the dynamic stress-strain state of isotropic rectangular plates on an elastic base under vibration loads // Indian Journal of Engineering. 17(47), 2020. -P. 127-133.
- [6] Tessaev, M.K., Safarov, I.I., Kuldashov, N.U., Ishmamatov, M.R., Ruziev, T.R. On the Distribution of Free Waves on the Surface of a Viscoelastic Cylindrical Cavity // Journal of Vibrational Engineering and Technologies.
- [7] Makowski J., Pietraszkiewicz W., Stumpf H. On the general form of jump conditions for thin irregular shells. Arch. Mech. 1998. №50, №3. –P.483-495.
- [8] Klovanih S.F. Metod konechnyh jelementov v nelinejnyh zadachah inzhenernoj mehaniki. «Zaporozh'e» R.Ukraina, 2009. -400 s.
- [9] Safarov I.I., Tessaev M.Kh., Boltaev Z.I. Own Vibrations of Bodies Interacting with Unlimited Deformable Environment. Open Access Library Journal. 2018, Volume 5. – P. 1-22. <https://doi.org/10.4236/oalib.1104432>.
- [10] Safarov I.I., Tessaev M.Kh., Akhmedov M.S. Free Oscillations of a Toroidal Viscoelastic Shell with a Flowing Liquid. American Journal of Mechanics and Applications. -2018. -6(2). - P. 37-49. <http://www.sciencepublidoi:10.11648>.
- [11] Abovskij N.P. Rebristye obolochki. Krasnojarsk. 1967. -61 s.
- [12] Ershov, N.P. Sostojanie i perspektivy razvitiya raschetno-jeksperimental'nyh rabot v oblasti proektirovaniya tonkostennyh konstrukcij iz kompozicionnyh materialov [Tekst] / N.P. Ershov // Mehanika kompozitnyh materialov, 1988. –№1. –S. 86-92.
- [13] Efimov, A.B. Reshenie osesimmetrichnoj zadachi teorii uprugosti dlja neszchimaemyh materialov s pomoshh'ju gibridnogo metoda konechnyh jelementov [Tekst] /A.B. Efimov, O.V. Aksenenko, A.V. Cvelih // Matematicheskoe modelirovanie sistem i processov. – 1(1). – 1992. -S. 67-81.
- [14] Laura, P.A. and Gutierrez, R.H. Vibration analysis on a rectangular plate subjected to a thermal gradient // Journal of Sound and Vibration. -1980. -№ 72. –P. 263–264.
- [15] Gupta, A.K. and Khanna, A. Vibration of clamped viscoelastic rectangular plate with parabolic thickness variations // Shock and Vibration. -2008. -№ 15 (6). –P. 713–723.
- [16] Lal, R. Transverse vibrations of orthotropic non-uniform rectangular plate with continuously varying density // Indian Journal of Pure and Applied Mathematics. -2003. -№ 34. –P. 587–606.
- [17] Sobotka, Z. Free vibration of visco-elastic orthotropic rectangular plates // Acta Technica CSAV. - 1978. -№ 6. –P. 678–705.
- [18] Singh, B. and Saxena, V. Transverse vibration of rectangular plate with bi-directional thickness variation // Journal of Sound and Vibration. -1996. -№ 198. –P. 51–65.
- [19] Kaplunov J.D., Wilde M.V. Edge and interfacial vibrations in elastic shells of revolution // J. Appl. Math. Phys. (ZAMP). -2000. -№ 51. - P. 29-48.
- [20] Lekomtsev S.V. Konechno-elementnye algoritmy rascheta sobstvennykh kolebanii trekhmernykh obolochek // Vychisl. mekh. splosh. sred. – 2012. – T. 5, –№. 2. –P. 233-243.
- [21] Bochkarev S.A., Matveenkov V.P. Ustoichivost' koaksial'nykh tsilindricheskikh obolochek, soderzhashchikh vrashchayushchiysya potok zhidkosti // Vychisl. mekh. splosh. sred. – 2013. – T. 6, -№. 1. – P. 94-102.
- [22] Prisekin V.L. Osnovy metoda konechnyh jelementov v mehanike deformiruemyh tel / V.L. Prisekin, G.I. Rastorguev. – Novosibirsk: NGTU, 2010. -238 s.

¹А.Марасулов, ²И.И.Сафаров, ³Г.А.Абдраимова*, ¹Ә.С.Төлеп

¹Қ.А. Ясауи атындағы Халықаралық қазақ-түрік университеті, Түркістан, Қазақстан

²Ташкент химиялық-технологиялық институты, Ташкент, Өзбекістан

³Satbayev University, Алматы, Қазақстан

*e-mail: gulnara409@mail.ru

ТҮТҚЫР-СЕРПІМДІ ҚЫРЛЫ ҚИЫҚ КОНУСТЫҚ ҚАБЫҚШАНЫҢ МЕНШІКТІ ТЕРБЕЛІСТЕРІ

Андатпа. Бұл мақалада Лагранж вариациялық теңдеуіне сүйене отырып, тұтқыр-серпімді қырлы қиық конустық қабықшаның меншікті тербелістерінің интегралдық-дифференциалдық теңдеулері алынды. Ақырлы элементтер әдісінің көмегімен буынды және еркін тірелген шеттері бар тұтқыр-серпімді қырлы қиық конустық қабықшаның меншікті тербелістерінің теңдеулерін шешу әдісі мен алгоритмі жасалды. Бұл мәселе реті жоғары комплекс коэффициентті біртекті алгебралық теңдеулерді шешуге келтірілді. Шешімнің бар болуы үшін алгебралық теңдеулер жүйесінің негізгі детерминанты нөлге тең болуы керек. Осы шарттан комплекс шығыс параметрлері бар жиілік теңдеуін аламыз. Жиілік теңдеуінің комплекс түбірлері Мюллер әдісімен анықталды, Мюллер әдісінің әрбір итерациясында бас элементті бөлуге әкелетін Гаусс әдісі қолданылды. Қиық конустық қабықшалардың тұтқыр-серпімді панельдерінің меншікті тербелістерін зерттеу жүргізілді және кейбір сипаттамалық ерекшеліктері анықталды. Қырлар санының артуына сәйкес меншікті жиіліктердің нақты және жорамал бөліктері де артады.

Негізгі сөздер: конустық қабықша, панель, сызықты емес модель, тербелістер, тұтқыр-серпімділік.

¹A. Marasulov, ²I.I. Safarov, ³G.A. Abdraimova*, ¹A.S. Tolep

¹K.A.Yasawi International Kazakh-Turkish University, Turkestan, Kazakhstan

²Tashkent Chemical-Technological Institute, Tashkent, Uzbekistan

³Satbayev University, Almaty, Kazakhstan

*e-mail: gulnara409@mail.ru

OWN VIBRATIONS OF RIBBED TRUNCATED CONICAL SHELL

Abstract. In this article the integro-differential equations of own vibrations of a viscoelastic ribbed truncated conical shell are obtained on the basis of the Lagrange variational equation. Using the finite element method, a method for solving and an algorithm for the equations of own vibrations of a viscoelastic ribbed truncated conical shell with hinged and freely supported edges has been developed. The problem is reduced to solving homogeneous algebraic equations with large-order complex coefficients. For a solution to exist, the basic determinant of a system of algebraic equations must be equal to zero. From this condition, we obtain the frequency equation with complex output parameters. Complex roots of the frequency equation are determined by the Muller's method, at each iteration of the Muller's method, the Gauss method with the selection of the main element is applied. The study of own vibrations of viscoelastic panels of truncated conical shells is carried out and some characteristic features are revealed. With an increase in the number of edges, respectively, the real and imaginary parts of the own frequencies increase.

Key words: conical shell, panel, nonlinear model, vibrations, viscoelasticity.

¹А.Б. Оспанова, ²А.Т. Жаркимбекова*, ¹Л.Т. Кусепова,

¹А.К. Токкулиева, ¹М. Манмұрын

¹Л. Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Нұр-Сұлтан, Қазақстан

²Қарағанды техникалық университеті, Қарағанды, Қазақстан

*e-mail: zh.aizhan.t@gmail.com

КОМПЬЮТЕРЛІК ЖЕЛІЛЕРДІ ҚОРҒАУҒА ЖӘНЕ МОНИТОРИНГІЛЕУГЕ АРНАЛҒАН БҰЛТТЫҚ СЕРВИС

Андатпа. Осы зерттеу жұмысында бұлттық қызметтер, ақпараттық қауіпсіздік және жасанды интеллект саласындағы зерттеулер қарастырылды. Ақпараттық технологияның осы бағыттары авторлармен әзірленген Raspberry Pi типті микрокомпьютерлер негізінде әзірленген зияттық мобильді программалық-аппараттық клиенттері бар корпоративтік компьютер желісін және SOHO класты желіні қорғайтын және бақылайтын бұлттық сервисті әзірлеу кезінде егжей-тегжейлі зерттелген болатын. Осы жұмыста жоғарыда аталған құрылғының ерекшелігі, әзірлеу идеясы және тәсілдері келтіріліп, осы зерттеу барысында пайдалы болған дереккөздеріне талдау жұмыстары жүргізілді. Бұлттық технологияның жеке сұрақтарына байланысты, сонымен қатар қазіргі таңда өзекті болып саналатын киберқауіпсіздік саласындағы жұмыстар берілген. Сондай-ақ, синтаксистік, семантикалық анализаторлар мен лингвистикалық процессорларды құру мүмкіндіктерін зерттейтін дереккөздер қатары берілді. Жалпы айтқанда, осы берілген мақала аясында жоғарыда айтып кеткен кешенді құрылғыны әзірлеу үшін қойылған міндеттерге қол жеткізу мақсатында зерттелген әдебиеттерге шолу жасалды.

Негізгі сөздер: Компьютерлік желінің қауіпсіздігі, бұлттық сервис, зияттық жүйе, бірпалаталы компьютер, микрокомпьютер, Raspberry Pi, SOHO класты желі, корпоративтік желі.

Бұлттық қызметтер, ақпараттық қауіпсіздік және жасанды интеллект саласы қазіргі таңда белсенді түрде дамуда. Авторлармен әзірленген бірыңғай бұлттық сервистің мақсаты корпоративтік компьютерлік желілерді және SOHO класты желілерді қорғау мен мониторинг жүргізу болып табылады. Ол үшін Raspberry Pi типті микрокомпьютерлер негізінде әзірленген зияттық мобильді программалық-аппараттық клиенттері бар құрылғы қолданылды. Сонымен қатар, аталған құрылғыға арнап желіге төнген қауіп анықталған жағдайда шешімді қабылдау және нұсқауларды беретін деректерді зияттық өңдеу алгоритмі әзірленген болатын. Осы аспаптық кешенді пайдалана отырып, желілік шабуылдарға қарсы бірлесіп күресу, кәсіпорын желілерінің конфигурациясындағы осалдықтарды анықтау, деректерді ашудың рұқсат етілген дәрежесін ескеріп зерттелген оқиғалар мен шешімдер базасын пайдалану және арттыру мүмкіндіктерін алуға болады.

Raspberry Pi типті микрокомпьютерлерін пайдаланып әзірленген әр түрлі жобалар авторлардың [1-2] жұмыстарында берілген болатын. Осы зерттеу жұмыстарында аталған құрылғыны тиімді қолдану мысалдары келтірілді. Атап айтқанда, ақпараттық технологиялар саласындағы кейбір (операциялық жүйе, компьютерлік желі) пәндерді оқыту барысында, ақпарат алмасу және білімді тексеру үшін істен шығуға төзімді қорғалған жүйелерді құру үшін, маманның жұмыс орнын ұйымдастыру, соның ішінде компьютерлік желілердің қауіпсіздігін тестілеу кезінде және тағы басқа мақсаттарда қолданылатын жобалар егжей-тегжейлі берілді. Одан кейінгі қадам қазіргі заманғы компаниялар үшін бірыңғай бұлттық сервисті құру идеясы болды. Бұл қызмет кәсіпорындардың компьютерлік желілерін бақылау және қорғау үшін үнемі қол жетімді құралдан, сондай-ақ желілерді тестілеу және бақылау нәтижелерінің үздіксіз жаңартылатын базасынан, ықтимал осалдықтар, оларды жою тәсілдерінен, тергеу оқиғаларынан, деректерді ашудың рұқсат етілген дәрежесін ескере отырып шешімді қабылдау алгоритмдерінен тұрады.

Жоғарыда аталған идеяны жүзеге асыру барысында зерттелген [3-5] дереккөздерінде бұлтты сервистердің негізгі түрлеріне және оларды пайдалану бағыттарына талдау жасалды. Бұл жағдайда туындаған проблемалар және оларды шешу жолдары көрсетілген. Бірқатар ақысыз бұлтты бағдарламалық платформалардың ерекшеліктері талданды. Бұлтты сервистердің қолданыстағы түрлері, оларды жүзеге асырудың аппараттық, бағдарламалық және ұйымдастырушылық ерекшеліктері қарастырылды. Бұлтты сервистерді құрудың қолданыстағы технологияларының артықшылықтары мен кемшіліктеріне салыстырмалы талдау жасалды. Бұлтты сервисті пайдаланушылар тұрғысынан өзекті мәселелер мен тәуекелдер анықталды. Еркін бұлтты аппараттық-программалық платформаларға аналитикалық шолу жасалды. Бұлтты есептеудің ең жақсы қызметтері бизнеске тиімділікті арттыру және шығындарды азайту мақсатында сандық түрлендіруден өтуге мүмкіндік береді.

Бұлттық технологиялардың жеке сұрақтары, яғни кәсіпорындардың желілік қауіпсіздігін қамтамасыз ету (АҚШ мысалында), кәсіпорындарға бұлтты құралдарды ұсыну, жасанды зияттық және докерлік технологияларды қолдану және кластерлеу [7, 8-11] жұмыстарында қарастырылады. [7] мақаласында қазіргі заманғы киберқауіпсіздік құралдарын пайдалану арқылы ұйымдардың бизнес-процестерін жақсартуға және желілік инфрақұрылымын қорғауға бағытталған ақпараттық технологияларды модернизациялаудың кешенді стратегиясын жасау маңыздылығы келтіріледі. Жұмыста желіге қарсы кибершабуылдармен күресуге көмектесетін қауіпсіздік деңгейіне негізделген желіні қалай құру туралы шаблон ұсынылады.

Соңғы бірнеше жыл ішінде тиімді және қауіпсіз масштабтау, бұлтты деректер мен компоненттердің қауіпсіздігі, бұлттық сервис вендорларымен және провайдерлерімен ынтымақтастықты реттеу мәселелері сияқты техникалық аспектілердің шешімдерімен бұлтты технологияларды өндіріске енгізудің нақты тәжірибесін сипаттайтын жұмыстар пайда болуда [12-19]. Бұлттық платформалармен ұсынылатын қызметтер өрісі мен деңгейі кеңейіп, ақауларға төзімділікті, ақпараттық қауіпсіздікті қамтамасыз ету әдістері дамуда, бұлтты ресурстарды басқарудағы стандарттар, ерекшеліктер мен вендорлар саясаты қабылдануда және ұдайы жаңартылу үстінде. Сондай-ақ, бұлтты технологиялар қызметті оңтайландыру, инфрақұрылымды ұйымдастыру, басқару және бірыңғай қызмет көрсетудің тартымды перспективаларын ашады. Авторлармен әзірлеген Heroku (Peas) бұлтты платформасындағы бұлтты сервистің (SaaS) оқу үлгісінде (<http://afd-2.herokuapp.com>), GCC компиляторы бар Heroku стектерінің бірі осы бұлттық провайдері ұсынатын мүмкіндіктерді зерттеуге жағдай жасайды.

Вендорлық платформалардың бұлтты құралдарының қауіпсіздігі туралы зерттеулер қазіргі кезде даму үстінде, атап кетсек, DOS шабуылдарынан қорғау, пайдаланушылардың деректерін қорғау, криптографиялық әдістер, желілердің, бағдарламалар мен жабдықтардың осалдығын талдау әдістері [20-27] жұмыстарында және де авторлармен зерттелген басқа да жұмыстарда келтірілген. Көптеген тапсырмалар қашықтан орындалатын етіп ұйымдастырылған Panda Free Antivirus ([28]) бұлтты антивирусын айрықша атап кетейік. Бұл жағдайда антивирустық серверлер зиянды бағдарламалар базасын толтыру арқылы пайдаланушылардан ақпарат алады. Осы бұлттық сервис сонымен қатар ақпараттық қауіпсіздік мәселелерін шешеді, жаңартылатын мәліметтер базасына ие (зиянды программалық жасақтама қолтаңбалары), алайда міндеттер, мәліметтер базасы, портативті зияткерлік клиенттердің қажеттілігінің болмауы, қызмет тұжырымдамасы бұл қызметті осы жұмыста ұсынылғаннан түбегейлі ерекшелендіреді. Cramm, RiskWatch, COBRA, RA2 кешендері сияқты есептерді генерациялай отырып, белгілі бір әдістеме бойынша ақпараттық тәуекелдерді автоматты түрде бағалауға арналған корпоративтік десктоп-шешімдер сияқты аралас жұмыстар бар. Алайда, осы мақалада ұсынылған кешенді әзірлеме, басқалардан өзгеше, себебі ол - осалдықтардың, тәуекелдердің және зерттелген оқиғалардың толықтырылатын базасын қалыптастыру алгоритмінен және оны ұйымдастырудан, орталықтандырылған бұлт құралының бөлігі ретінде жұмыс істейтін тәуекелдерді бағалауды автоматтандырудан тұрады.

Raspberry Pi типті микрокомпьютерлерін шағын бұлттық сервистерде, интернет-заттарда, басқа да желілік технологияларда қолдану мысалдары бар ([29]). Алайда, әр түрлі міндеттерді орындау үшін жеке құрылғыны және кешенді жинау қажет болады. Жоғарыда айтып кеткендей, авторлармен компьютерлік желінің қауіпсіздігін зерттеуге арналған құрылғыны әзірлеу міндеті қойылып, ол операциялық жүйенің жүктелуінің, tft-дисплейінің жауап беру жылдамдығының тиімділігінен, арнайы программалық қамтымды жазудан, компьютерлік желілердің қауіпсіздігі саласындағы мамандар болып табылмайтын не командалық жол интерфейсі бар қосымшалармен жұмыс істеу дағдыларын жеткілікті дәрежеде меңгермеген пайдаланушылардың құрылғыны пайдалануын жеңілдету үшін лингвистикалық процессордың прототипін әзірлеу және іске асырудан тұрды.

Соңғы міндеттерді орындау барысында көп көлемдегі жарияланымдарға зерттеулер жасалып, туындаған сұрақтардың шешімдері табылды. Атап айтқанда, синтаксистік, семантикалық анализаторлар мен лингвистикалық процессорларды [30-37], оның ішінде қазақ тілі үшін ([37]) құру мүмкіндіктерін зерттеуге арналған және сұрақ-іздеу ақпараттық жүйелерінің зияткерлік компонентін құру мақсатында зерттеулер орындалды. Бұл жұмыста утилиталардың ресми шектеулі тілі зерттеледі, бұл болашақта морфологиялық, синтаксистік және семантикалық компоненттердің жұмысында жақсы нәтижелерге қол жеткізуге мүмкіндік береді. Сонымен қатар, әзірleme мақсаты (осы саланың маманы болып табылмайтын тұлғаларға арналған) алгоритмнің ерекшелігін анықтайды, ол утилиталар хабарламаларының, түсіндірілген хабарламалар базасының және пайдаланушы үшін хабарламалардың маңыздылығын автоматты бағалау процедурасын жасаудан тұрады.

Серверлік жабдықта бұлтты сервистерді құру және орналастыру үшін «bare metal provisioning» деп аталатын технологияларды зерттеумен байланысты тағы бір мәселені атап кетейік. Ол әзірленіп жатқан сервистің ерекшелігіне байланысты қойылған міндетті іске асыру барысында алынған нәтижелерді енгізу және коммерцияландыру перспективасы үшін маңызды болып табылады. Бұл мәселе «bare metal provisioning» құралдарын ұсынатын бұлтты платформаларды қарастыратын зерттеулерге арналған [11, 38]. Қашықтағы серверлік жабдықты пайдалану мен қолдаудың барлық заңды мәселелері де қашықтан реттеледі. Серверлік жабдықта бұлтты сервистерді құру және орналастыру процесін сипаттайтын, сондай-ақ сервисті басқа серверлерге, мүмкін басқа инфрақұрылымы мен конфигурациясы бар сервистерге беру үшін контейнерлік әзірлеу технологияларын қарастыратын жұмыстар, оның ішінде бұлтты сервистің жұмыс жүктемелерімен басқа серверлерге көшірудің, масштабтаудың, тестілеудің нақты тәжірибесін сипаттайтын жұмыстар, белгілі бір бұлт қызметімен осындай жұмыстарды орындау кезінде тек нұсқаулық ретінде қызмет ете алады.

Қойылған міндеттерді шешу үшін қолданылған әдістерге талдау, тестілеу әдістері, моделдеу, жасанды интеллект әдістері мен алгоритмдеу, болжау және статистикалық зерттеулер жатады. Талдау барысында бұлттық платформалардың ұзақ мерзімді жұмыс істеуі, вендорлық саясат пен стандарттар, бұлтты сервистерді орналастыру және қолдау бойынша ең жақсы тәжірибелер, қызметтерді әзірлеу мен ауыстырудың перспективалы және икемді технологиялары сияқты сұрақтар қарастырылды. Зерттеу кезінде программалық қамтымға, модельдерге, процедураларға тестілеу жүргізіліп олардың жұмысқа қабілеттілігі тексеріліп отырды. Моделдеу әдісі бұлтты жүйеге, мәліметтер базасына, компьютерлік желілердің қауіпсіздік сценарийлеріне, пайдаланушылардың әрекеттеріне, қауіптер мен шабуыл сценарийлеріне қолданылады. Жобаны жүзеге асыру кезіндегі кейбір шешімдерге, сонымен қатар лингвистикалық процессордың прототипін құруда жоғарыда айтып кеткен келесі әдіс қолданылып, әзірленген бұлттық сервистің тиімділігіне, мақсаттылығына, өміршеңдігіне, даму перспективасына болжам жасалып, статистикалық зерттеулер жүргізілді.

Зерттеу барысында ақпараттық технологиялар саласындағы, ақпараттық қауіпсіздікті қамтамасыз ету саласындағы, сондай-ақ жасанды интеллект саласындағы дереккөздеріне: ресми ресурстарға, ашық қолжетімді ресурстарға, ғылыми-техникалық еңбектерге, есеп берулерге, құжаттамаларға, спецификацияларға, стандарттарға, техникалық шешімдердің

электрондық базаларына жүгіну орындалды. Сонымен қоса, Raspberry Pi типті микрокомпьютерлер негізінде зияттық мобильді программалық-аппараттық клиентпен корпоривті компьютер желісін және SOHO класты желілерді қорғаудың және тексерудің бірге бұлттық сервисін әзірлеудің мақсаты, оны жүзеге асыру әдіс-тәсілдері беріліп, берілген ғылыми зерттеулер аясындағы тақырыптар жинақталып синтезделді. Зерттеу тақырыбы бойынша жұмыстарға шолу жасау негізінде сипатталған тапсырманы жүзеге асырудың орындылығы теориялық тұрғыдан негізделді. Зерттеу нәтижелері әзірленген программалық кешендерге қойылатын талаптарға байланысты еркін бұлттық аппараттық-программалық платформаны таңдау мәселесіне келген кезде пайдалы болып табылмақ.

ӘДЕБИЕТТЕР

- [1] Оспанова А. Б., Тулеуов Б. И. Перспективы использования микрокомпьютера Raspberry Pi в эффективной цифровизации Казахстана // Вестник ЕНУ им. Л. Н. Гумилева. (Серия «Математика. Информатика. Механика»). – 2018. – №4(125). – С. 95-107.
- [2] Zharkimbekova, A. Ospanova, K. Sagindykov, M. Kokkoz. Implementation and Commercialization of the Results of the «Multidisciplinary Mobile Computer Classroom Based on Raspberry Pi» Project // International Journal of Emerging Technologies in Learning (IJET). – Vol. 15, No. 13. – 2020. – P. 116-135.
- [3] Белоножко П.П., Белоус В.В., Куцевич Н.А., Храмов Д.А. Свободные облачные аппаратно-программные платформы. Аналитический обзор // Интернет-журнал «Науковедение» – 2016. – Т. 8. – №6. <http://naukovedenie.ru/PDF/61TVN616.pdf>.
- [4] Freet D. et al. Open source cloud management platforms and hypervisor technologies: A review and comparison // SoutheastCon, 2016. – IEEE, 2016. – P. 1-8.
- [5] Aljamal, R., El-Mousa, A., and Jubair, F. A comparative review of high-performance computing major cloud service providers. In Proc. of the 9th International Conference on Information and Communication Systems (ICICS 2018) – Irbid, 2018. – P. 181–186.
- [6] Best cloud computing services of 2020: for Digital Transformation – URL: <https://www.techradar.com/best/best-cloud-computing-services> (дата обращения: 11.02.2021).
- [7] Gorham Ch. L. Developing enterprise cyber situational awareness. // International Journal of Managing Information Technology (IJMIT). – Vol.12, No.3. – 2020. P. 1-8. DOI: 10.5121/ijmit.2020.12301.
- [8] Ravichandran S. K., Sasi A. Effective storage of goods in a warehouse using farm optimisation algorithm. International Journal of Cloud Computing –Vol.9 No.2/3 – 2020. – P. 207-215. DOI: 10.1504/IJCC.2020.109374
- [9] Attaran M., Woods J. Cloud computing technology: improving small business performance using the Internet. // Journal of Small Business & Entrepreneurship. – 2018. – No.13(2). – DOI: 10.1080/08276331.2018.1466850.
- [10] Hu Y., Wang H. & Ma W. Intelligent cloud workflow management and scheduling method for big data applications. Journal of Cloud Computing: Advances, Systems and Applications. – 2020. – <https://doi.org/10.1186/s13677-020-00177-8>.
- [11] Ahmed, G. Pierre. Docker-pi: Docker container deployment in fog computing infrastructures. International Journal of Cloud Computing. – 2020. – Vol.9 No.1. – P. 6-27. DOI: 10.1504/IJCC.2020.105885.
- [12] Koupaei A.N.A. A hybrid method for improving quality of service in constraint-based availability in the cloud for SMES. International journal of cloud computing. – 2019. – V. 8(2), – P. 103-116. ISSN: 2043-9989eISSN: 2043-9997 DOI: 10.1504/IJCC.2019.101324
- [13] Phi N. X., Hung T. C. Proposed load balancing algorithm to reduce response time and processing time on cloud computing. International Journal of Computer Networks & Communications (IJCNC). – 2018. – Vol.10, No.3. – P. 87-98. DOI: 10.5121/ijcnc.2018.10307.
- [14] Dhari, Kh. I. Arif (2017), «An Efcient Load Balancing Scheme for Cloud Computing», Indian Journal of Science and Technology. – 2017. – Vol 10(11). – DOI: 10.17485/ijst/2017/v10i11/110107.
- [15] Богомолов И.В., Алексиянц А.В., Борисенко О.Д., Аветисян А.И. Проблемы масштабируемости облачных сред и поиск причин деградации центрального сервиса идентификации Openstack Keystone. Известия ЮФУ. Технические науки Izvestiya SFedU. Engineering Sciences. С. 130-140. DOI 10.18522/2311-3103-2016-12-130140

- [16] Аксенова Е.Л., Швецова В.В, Борисенко О.Д., Богомолов И.В. Реализация сервиса для замены Keystone в качестве центрального сервиса идентификации облачной платформы Openstack. Труды ИСП РАН, том 29, вып. 6, 2017 г., стр. 203-212. DOI: 10.15514/ISPRAS-2017-29(6)-11
- [17] Zhihua Li, Chengyu Yan, Xinrong Yu, Ning Yu, «Bayesian network-based Virtual Machines consolidation method», Future Generation Computer Systems. – 2017. – Vol.69. – P. 75-87.
- [18] Rakesh B., Lalitha K., Ismail M., Sultana H. P. Distributed scheme to authenticate data storage security in cloud computing. // International Journal of Computer Science & Information Technology (IJCSIT). – 2017. – Vol 9, No 6 – P. 59-66. DOI:10.5121/ijcsit.2017.9606.
- [19] Khalil M. H., Elsayed A., Sheta W., Gabr M., Elmaghraby A. S. Auto resource management to enhance reliability and energy consumption in heterogeneous cloud computing. // International Journal of Computer Networks & Communications (IJCNC). – 2020. – Vol.12, No.2. – P. 85-108. DOI: 10.5121/ijcnc.2020.12205.
- [20] Khalil M. H., Azab M., Elsayed A., Sheta W., Gabr M., Elmaghraby A. S. Maintaining cloud performance under DDOS attacks. // International Journal of Computer Networks & Communications (IJCNC). – 2019. – Vol.11, No.6. – P. 1-22.
- [21] Almutairy N. M., Al-Shqeerat Kh. H. A. A survey on security challenges of virtualization technology in cloud computing. // International Journal of Computer Science & Information Technology (IJCSIT). – 2019. – Vol 11, No 3. – P. 95-105. DOI: 10.5121/ijcsit.2019.11308.
- [22] Singh S., Jeong Y. S., Park J. H. «A survey on cloud computing security: Issues, threats, and solutions» // Journal of Network and Computer Applications. – 2016. – vol. 75. – P. 200-222.
- [23] Bharati P.V., Mahalakshmi T.S. A Combinational Approach for securing the data in cloud storage using HMAC-SHA512 and Information Secured Algorithm (ISA) // International Journal of Applied Engineering Research. – 2016. – No. 6. – P. 4081-4084.
- [24] Chou T. Security threats on cloud computing vulnerabilities. International Journal of Computer Science & Information Technology (IJCSIT) – 2013. – Vol 5, No 3. – P. 79-88. – DOI: 10.5121/ijcsit.2013.5306.
- [25] Shashikumar, P. Hegde, S. Gopinath, Zabiulla, Sridevi K. N. Secure Data Sharing in Cloud Computing Using Revocable Data Using CP-ABE Techniques. // International Journal of Innovative Research in Information Security (IJIRIS) ISSN: 2349-7009(P) Issue 05, Volume 04 (March 2017) – P.64-66.
- [26] Mahesh Kumar K.V.K. Overview of cloud computing architecture: service delivery models, security& privacy issues and trust. // IJRET: International Journal of Research in Engineering and Technology eISSN: 2319-1163. – Volume: 02 Issue: 12 – Dec-2013. – www.ijret.org. – P. 607-610.
- [27] Ravichandran S. K., Sasi A. Effective storage of goods in a warehouse using farm optimisation algorithm. International Journal of Cloud Computing. – 2020. – Vol.9 No.2/3. – P. 207-215. – DOI: 10.1504/IJCC.2020.109374.
- [28] Panda Free Antivirus – <https://www.pandasecurity.com/en/homeusers/free-antivirus/>
- [29] Жаркимбекова А.Т., Оспанова А. Б., Сагиндыков К.М. Raspberry Pi микрокомпьютері негізінде әзірленген жобаларды және қосымшаларды қолдану мүмкіндіктері. // Алматы энергетика және байланыс университетінің хабаршысы. – 2019. – №1 (44). – 80-85 б.
- [30] J. Su, V. Vysotska, A. Sachenko, V. Lytvyn and Y. Burov, «Information resources processing using linguistic analysis of textual content» 2017 9th IEEE International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications (IDAACS), Bucharest. – 2017. – P. 573-578. – doi: 10.1109/IDAACS.2017.8095038.
- [31] Lyytinen, Kalle J. «Implications of Theories of Language for Information Systems». MIS Quarterly 9, no. 1 (1985): 61-74. Accessed September 20, 2020. doi:10.2307/249274.
- [32] Андреев А.М., Березкин Д.В., Брик А.В. Лингвистический процессор для информационно-поисковой системы. // http://www.inteltec.ru/publish/articles/textan/art_21br.shtml (доступ от 21.02.2021).
- [33] С.В. Колосов. Лингвистический процессор в системе интеллектуального поиска в интернет. // Вестник АлтГТУ им. И.И. Ползунова. – 2006. – №2. – С. 169-172.
- [34] Т. Г. Скребцова, А. Клементьева, С. Кузнецов, С. Суворов. Лингвистический анализатор. Преобразование текста в метаязыковую структуру данных. – 2019. – 978-5-288-05927-8.
- [35] В. В. Гаршина, Ю. А. Богоявленская. Разработка лингвистического парсера русского языка. Вестник ВГУ (Серия: системный анализ и информационные технологии). – 2012ю – № 2. – С. 174-182.

- [36] Н. И. Гурин, Я. А. Жук. Морфологический анализ текста для генерации базы знаний диалоговой информационной системы. Труды БГТУ. – 2016. – № 6. – С. 156–159
- [37] Баракшин В. Б., Лукпанова Л. Х., Соловьев А. А. Алгоритм построения словоформ с использованием флексивных классов для систем морфологического анализа казахского языка // Вестник Новосибирского государственного университета. (Серия: Информационные технологии). – 2014. – Т. 12, вып. 2. – С. 25–32.
- [38] U.S. Patki. Clustering algorithms and their applications in cloud computing environment. // International Research Journal of Computer Science (IRJCS) ISSN: 2393-9842. Issue 04. – 2017. – Volume 4. – P. 14-16

REFERENCES

- [1] Ospanova A. B., Tuleuov B. I. Perspektivy ispol'zovaniya mikrokompyutera Raspberry Pi v jeffektivnoj cifrovizacii Kazahstana // Vestnik ENU im. L. N. Gumileva. (Serija «Matematika. Informatika. Mehanika»). – 2018. – №4(125). – С. 95-107.
- [2] Zharkimbekova A., Ospanova A., Sagindykov K., Kokkoz M. Implementation and Commercialization of the Results of the «Multidisciplinary Mobile Computer Classroom Based on Raspberry Pi» Project // International Journal of Emerging Technologies in Learning (IJET). – Vol. 15, No. 13. – 2020. – P. 116-135.
- [3] Belonozhko P.P., Belous V.V., Kucevich N.A., Hramov D.A. Svobodnye oblachnye apparatno-programmnye platformy. Analiticheskij obzor // Internet-zhurnal «Naukovedenie» – 2016. – Т. 8. – №6. <http://naukovedenie.ru/PDF/61TVN616.pdf>.
- [4] Freet D. et al. Open source cloud management platforms and hypervisor technologies: A review and comparison // SoutheastCon, 2016. – IEEE, 2016. – P. 1-8.
- [5] Aljamal R., El-Mousa A., and Jubair F. A. comparative review of high-performance computing major cloud service providers. In Proc. of the 9th International Conference on Information and Communication Systems (ICICS 2018) – Irbid, 2018. – P. 181–186.
- [6] Best cloud computing services of 2020: for Digital Transformation – URL: <https://www.techradar.com/best/best-cloud-computing-services> (data obrashheniya: 11.02.2021).
- [7] Gorham Ch. L. Developing enterprise cyber situational awareness. // International Journal of Managing Information Technology (IJMIT). – Vol.12, No.3. – 2020. P. 1-8. DOI: 10.5121/ijmit.2020.12301.
- [8] Ravichandran S. K., Sasi A. Effective storage of goods in a warehouse using farm optimisation algorithm. International Journal of Cloud Computing –Vol.9 No.2/3 – 2020. – P. 207-215. DOI: 10.1504/IJCC.2020.109374
- [9] Attaran M., Woods J. Cloud computing technology: improving small business performance using the Internet. // Journal of Small Business & Entrepreneurship. – 2018. – No.13(2). – DOI: 10.1080/08276331.2018.1466850.
- [10] Hu Y., Wang H. & Ma W. Intelligent cloud workflow management and scheduling method for big data applications. Journal of Cloud Computing: Advances, Systems and Applications. – 2020. – <https://doi.org/10.1186/s13677-020-00177-8>.
- [11] Ahmed, G. Pierre. Docker-pi: Docker container deployment in fog computing infrastructures. International Journal of Cloud Computing. – 2020. – Vol.9 No.1. – P. 6-27. DOI: 10.1504/IJCC.2020.105885.
- [12] Koupaei A.N.A. A hybrid method for improving quality of service in constraint-based availability in the cloud for SMES. International journal of cloud computing. – 2019. – V. 8(2), – P. 103-116. ISSN: 2043-9989eISSN: 2043-9997 DOI: 10.1504/IJCC.2019.101324
- [13] Phi N. X., Hung T. C. Proposed load balancing algorithm to reduce response time and processing time on cloud computing. International Journal of Computer Networks & Communications (IJCNC). – 2018. – Vol.10, No.3. – P. 87-98. DOI: 10.5121/ijcnc.2018.10307.
- [14] Dhari, Kh. I. Arif (2017), «An Efcient Load Balancing Scheme for Cloud Computing», Indian Journal of Science and Technology. – 2017. – Vol 10(11). – DOI: 10.17485/ijst/2017/v10i11/110107.
- [15] Bogomolov I.V., Aleksijanc A.V., Borisenko O.D., Avetisjan A.I. Problemy masshtabiruemosti oblachnyh sred i poisk prichin degradacii central'nogo servisa identifikacii Openstack Keystone. Izvestiya JuFU. Tehnicheskie nauki Izvestiya SFedU. Engineering Sciences. C. 130-140. DOI 10.18522/2311-3103-2016-12-130140

- [16] Aksenova E.L., Shvecova V.V., Borisenko O.D., Bogomolov I.V. Realizacija servisa dlja zameny Keystone v kachestve central'nogo servisa identifikacii oblachnoj platformy Openstack. Труды ИСП РАН, том 29, вып. 6, 2017 г., стр. 203-212. DOI: 10.15514/ISPRAS-2017-29(6)-11
- [17] Zhihua Li, Chengyu Yan, Xinrong Yu, Ning Yu, «Bayesian network-based Virtual Machines consolidation method», Future Generation Computer Systems. – 2017. – Vol.69. – P. 75-87.
- [18] Rakesh B., Lalitha K., Ismail M., Sultana H. P. Distributed scheme to authenticate data storage security in cloud computing. // International Journal of Computer Science & Information Technology (IJCSIT). – 2017. – Vol 9, No 6 – P. 59-66. DOI:10.5121/ijcsit.2017.9606.
- [19] Khalil M. H., Elsayed A., Sheta W., Gabr M., Elmaghraby A. S. Auto resource management to enhance reliability and energy consumption in heterogeneous cloud computing. // International Journal of Computer Networks & Communications (IJCNC). – 2020. – Vol.12, No.2. – P. 85-108. DOI: 10.5121/ijcnc.2020.12205.
- [20] Khalil M. H., Azab M., Elsayed A., Sheta W., Gabr M., Elmaghraby A. S. Maintaining cloud performance under DDOS attacks. // International Journal of Computer Networks & Communications (IJCNC). – 2019. – Vol.11, No.6. – P. 1-22.
- [21] Almutairy N. M., Al-Shqeerat Kh. H. A. A survey on security challenges of virtualization technology in cloud computing. // International Journal of Computer Science & Information Technology (IJCSIT). – 2019. – Vol 11, No 3. – P. 95-105. DOI: 10.5121/ijcsit.2019.11308.
- [22] Singh S., Jeong Y. S., Park J. H. «A survey on cloud computing security: Issues, threats, and solutions» // Journal of Network and Computer Applications. – 2016. – vol. 75. – P. 200-222.
- [23] Bharati P.V., Mahalakshmi T.S. A Combinational Approach for securing the data in cloud storage using HMAC-SHA512 and Information Secured Algorithm (ISA) // International Journal of Applied Engineering Research. – 2016. – No. 6. – P. 4081-4084.
- [24] Chou T. Security threats on cloud computing vulnerabilities. International Journal of Computer Science & Information Technology (IJCSIT) – 2013. – Vol 5, No 3. – P. 79-88. – DOI: 10.5121/ijcsit.2013.5306.
- [25] Shashikumar, P. Hegde, S. Gopinath, Zabiulla, Sridevi K. N. Secure Data Sharing in Cloud Computing Using Revocable Data Using CP-ABE Techniques. // International Journal of Innovative Research in Information Security (IJIRIS) ISSN: 2349-7009(P) Issue 05, Volume 04 (March 2017) – P.64-66.
- [26] Mahesh Kumar K.V. K. Overview of cloud computing architecture: service delivery models, security& privacy issues and trust. // IJRET: International Journal of Research in Engineering and Technology eISSN: 2319-1163. – Volume: 02 Issue: 12 – Dec-2013. – www.ijret.org. – P. 607-610.
- [27] Ravichandran S. K., Sasi A. Effective storage of goods in a warehouse using farm optimisation algorithm. International Journal of Cloud Computing. – 2020. – Vol.9 No.2/3. – P. 207-215. – DOI: 10.1504/IJCC.2020.109374.
- [28] Panda Free Antivirus – <https://www.pandasecurity.com/en/homeusers/free-antivirus/>
- [29] Zharkimbekova A.T., Ospanova A. B., Sagindykov K.M. Raspberry Pi mikrokomp'yuteri negizinde azirlengen zhovalardy zhane kosymshalary koldanu mymkindikteri. // Almaty jenergetika zhane bajlans universitetini habarshysy. – 2019. – №1 (44). – 80-85 б.
- [30] Vysotska J. Su, V., Sachenko A., Lytvyn V., Burov Y. «Information resources processing using linguistic analysis of textual content» 2017 9th IEEE International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications (IDAACS), Bucharest. – 2017. – P. 573-578. – doi: 10.1109/IDAACS.2017.8095038.
- [31] Lyytinen, Kalle J. «Implications of Theories of Language for Information Systems». MIS Quarterly 9, no. 1 (1985): 61-74. Accessed September 20, 2020. doi:10.2307/249274.
- [32] Andreev A.M., Berezkin D.V., Brik A.V. Lingvisticheskij processor dlja informacionno-poiskovoj sistemy. // http://www.inteltec.ru/publish/articles/textan/art_21br.shtml (доступ от 21.02.2021).
- [33] Kolosov S.V. Lingvisticheskij processor v sisteme intellektual'nogo poiska v internet. // Vestnik AltGTU im. I.I. Polzunova. – 2006. – №2. – С. 169-172.
- [34] Skrebcova T. G., Klement'eva A., Kuznecov S., Suvorov S. Lingvisticheskij analizator. Preobrazovanie teksta v metajazykovuju strukturu dannyh. – 2019. – 978-5-288-05927-8.
- [35] Garshina V. V., Bogojavlenskaja Ju. A. Razrabotka lingvisticheskogo parsera russkogo jazyka. Vestnik VGU (Serija: sistemnyj analiz i informacionnye tehnologii). – 2012ю – № 2. – С. 174-182.

[36] Gurin N. I., Zhuk Ja. A. Morfologicheskij analiz teksta dlja generacii bazy znaniy dialogovoj informacionnoj sistemy. Trudy BGTU. – 2016. – № 6. – С. 156–159

[37] Barahnin V. B., Lukpanova L. H., Solov'ev A. A. Algoritm postroenija slovoform s ispol'zovaniem flektivnyh klassov dlja sistem morfologicheskogo analiza kazahskogo jazyka // Vestn. Novosib. gos. un-ta. (Serija: Informacionnye tehnologii). – 2014. – Т. 12, вып. 2. – С. 25–32.

[38] Patki U.S. Clustering algorithms and their applications in cloud computing environment. // International Research Journal of Computer Science (IRJCS) ISSN: 2393-9842. Issue 04. – 2017. – Volume 4. – P. 14-16.

¹А.Б. Оспанова, ²А.Т. Жаркимбекова*, ¹Л.Т. Кусепова, ¹А.К. Токкулиева, ¹М. Манмұрын

¹Евразийский национальный университет им.Л.Н. Гумилева, Нур-Султан, Казахстан

²Карагандинский технический университет, Караганда, Казахстан

*e-mail: zh.aizhan.t@gmail.com

ОБЛАЧНЫЙ СЕРВИС ДЛЯ ЗАЩИТЫ И МОНИТОРИНГА КОМПЬЮТЕРНЫХ СЕТЕЙ

Аннотация. В данной научной работе рассматриваются исследования в области облачных сервис, информационной безопасности и искусственного интеллекта. Данные направления информационных технологий детально исследованы при разработке единого облачного сервиса защиты и мониторинга корпоративных компьютерных сетей и сетей класса SOHO с интеллектуальными мобильными программно-аппаратными клиентами на основе микрокомпьютеров типа Raspberry Pi. В настоящей работе приводится специфика, идея и подходы к разработке вышеуказанного облачного сервиса, проводится анализ источников, которые были полезны в ходе данного исследования. Исследуются отдельные вопросы облачных технологий и вопросы кибербезопасности. Также рассмотрены работы посвященные к исследованию возможностей построения синтаксических, семантических анализаторов и лингвистических процессоров, в том числе для казахского языка. В целом, в рамках данной статьи проведен обзор источников, изученные и исследованные с целью достижения поставленных задач по разработке вышеуказанного облачного сервиса.

Ключевые слова: Безопасность компьютерных сетей, облачный сервис, интеллектуальная система, одноплатный компьютер, микрокомпьютер, Raspberry Pi, сети класса SOHO, корпоративная сеть.

¹A.B. Ospanova, ²A.T. Zharkimbekova*, ¹L.T. Kusepova, ¹A.K. Tokkuliyeva, ¹M.

Manmuryan ¹L.N. Gumilov Eurasian national university, Nur-Sultan, Kazakhstan

²Karaganda technical university, Karaganda, Kazakhstan

*e-mail: zh.aizhan.t@gmail.com

CLOUD SERVICE FOR PROTECTION AND MONITORING OF COMPUTER NETWORKS

Abstract. This research paper examines research in the field of cloud services, information security, and artificial intelligence. These areas of information technology are studied in detail in the development of a single cloud service for the protection and monitoring of corporate computer networks and SOHO-class networks with intelligent mobile software and hardware clients based on Raspberry Pi microcomputers. This paper presents the specifics, idea, and approaches to the development of the above-mentioned cloud service, and analyzes the sources that were useful in the course of this study. Separate issues of cloud technologies and cybersecurity are investigated. The works devoted to the study of the possibilities of building syntactic, semantic analyzers and linguistic processors, including for the Kazakh language, are also considered. In general, this article provides an overview of the sources studied and researched in order to achieve the goals set for the development of the above-mentioned cloud service.

Keywords: Computer networks security, cloud service, intelligent system, single-board computer, microcomputer, Raspberry Pi, SOHO-class networks, corporate networks.

¹М. С. Кульгильдинов, ¹Н.С. Камзанов, ²А.Е. Канажанов*

¹Казахская академия транспорта и коммуникаций им. М. Тынышпаева, Алматы, Казахстан

²Satbayev University, Алматы, Казахстан

*e-mail: 280140ait@mail.ru

АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ И ПРОЦЕССА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ФРЕЗЫ И ДОРОЖНОГО ПОКРЫТИЯ ПРИ ФРЕЗЕРОВАНИИ

Аннотация. Выбор наиболее рациональных направлений научно-технического прогресса невозможен в наше время без тщательного изучения и научно-обоснованного анализа источников информации. Цель работы заключается в изучении перспективных конструкций дорожных фрез, обеспечивающих повышение производительности работ и точность выполняемых операций по фрезерованию колеи дорожного покрытия и ее выпоров на основе патентных исследований. Патентный поиск выполнялся по двум направлениям: обзор существующих процессов и кинематических схем фрезерования сложно-профильных поверхностей, в том числе и дорожных покрытий; обзор существующих процессов фрезерования сложно-профильных поверхностей на основе координатного замыкания системы фреза-инструмент-покрытие. Настоящий обзор сформирован на основе поиска доступной научно-технической информации, включающей нормативно-техническую документацию, научные статьи, действующие патенты на изобретения и на полезные модели, сведения о передовых производственных технологиях. Проведен анализ изобретений, рассмотрен их принцип действия. Выявлены как положительные, так и отрицательные эффекты от нововведений. Определены основные перспективные направления модернизации конструкции дорожных фрез, представлена их классификация. В работе представлены изобретения, которые не только призваны увеличить производительность выработки, быструю замену инструмента, но также и повысить точность фрезерования колеи автомобильной дороги. Результаты работы могут быть использованы при выборе путей улучшения рабочих органов дорожных фрез.

Ключевые слова: патент, авторское свидетельство, фрезерование дорожных покрытий, технологическая система координат, взаимодействие фрезы и дорожного покрытия при фрезеровании.

Введение. Машины для фрезерования асфальтобетонных покрытий появились на автомобильных дорогах Республики Казахстан около десяти лет назад. До этого замена старого асфальтового покрытия происходила под оглушающий треск отбойных молотков. Дорожные фрезы позволили заменить эту устаревшую технологию профилированием асфальтобетонного покрытия.

Данный вид работ заключается в удалении слоя асфальтового покрытия методом холодного фрезерования.

При увеличении глубин фрезерования дорожного покрытия возрастание производительности возможно только до определенной величины. Известно, что при увеличении фрезерования с глубины 0,03 м до 0,06 м практически не замедляет скорость работы техники, но вдвое увеличивает объёмы срезаемого материала.

При увеличении глубин срезания и скорости движения, нагрузка на резцы возрастет непропорционально увеличению полезных объемов материала. Режущие инструменты устанавливаются на круглом барабане и режут материал по дуге. Но при глубине фрезерования 102 мм длина траектории резца приблизительно в два раза длиннее, чем при меньшей глубине фрезерования, – 25 мм (разница по глубине в 4 раза).

Материалы и методы. Имеется очевидная, но ограниченная аналогия между процессом резания металла цилиндрической фрезой на горизонтальном фрезерном станке и фрезерованием дорожного покрытия агрегатом-фрезой. В отличие от обработки металлов резанием, когда осуществляется удаление припуска в виде стружки, фрезерование асфальтобетонных покрытий осуществляется преимущественно тупыми, закругленными

зубьями (резцами), которые вдавливаются в слой асфальтобетона, и, вследствие этого, происходит раскалывание слоев на мелкие фрагменты и их выламывание.

При этом механика взаимодействия иная: вместо врезания острия или острой кромки зуба фрезы в обрабатываемую заготовку, как при фрезеровании заготовок на фрезерных станках) происходит два взаимосвязанных процесса: осевое внедрение в среду (вдавливание) и поперечное протаскивание (продирание), причем и то, и другое сопровождается растрескиванием слоев асфальтобетона. Соотношение между этими процессами определяется соотношением между окружной линейной скоростью V_3 точек на поверхности барабана (или зубьев) и линейной скоростью V_n подачи (поступательного перемещения агрегата-фрезы на шасси).

Изображение выступающего из барабана типового зуба инструмента-фрезы (без хвостовика, с помощью которого осуществляется крепление во фрезерном барабане), представляющего собой тело вращения, представлено на рисунке 1.



Рисунок 1. Режущий инструмент дорожной фрезы

Значительное увеличение сечения зуба от конца к основанию обосновывается требованиями повышения запасов прочности по отношению к изгибу, поэтому изломы зубьев у основания встречаются редко. На рисунке 2 показаны варианты типовых изменений форм сечений зубьев инструмента дорожной фрезы в процессе износа [1].

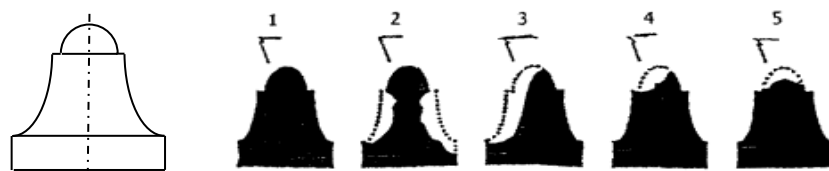


Рисунок 2. Фрезерный зуб, виды его износа и разрушения:

1 - новый зуб фрезы; 2 - зуб с изношенной в середине конической частью; 3 - с изношенной стороной; 4 - с отломленной верхней частью зуба; 5 - с изношенным верхним концом зуба

По характеру и форме износа можно судить о том, какая из двух составляющих сил сопротивления фрезерования являются преобладающей. Очевидно, что если $V_3 < V_n$ и основным является осевое вдавливание (тогда большей является осевая сила), то наибольшему износу или повреждения подвергается концевая часть, если $V_3 > V_n$ и основным является поперечное относительное движение зуба, то в большей степени изнашивается боковая поверхность. Осесимметричная форма типична, когда крепление хвостовика каждого зуба допускает свободное вращение вокруг своей оси и явно несимметрична, когда осуществляется жесткое фиксирование и закрепление зуба в барабане.

При поступательном движении агрегата-фрезы и вращении фрезерного барабана радиуса R с угловой скоростью ω каждый зуб фрезерного барабана движется по определенной кривой, которая относится к классу циклоидальных кривых, которые на плоскости xu в параметрической форме описываются уравнениями вида:

$$x(t) = V_n t - R \sin \omega t ; y(t) = R(1 - \cos \omega t), \quad (1)$$

где $R\omega = V_n$.

Для попутного фрезерования, когда к тому же $R\omega > V_n$ траектории петлеобразные с петлями внизу (рисунок 3а), а для встречного – с петлями наверху (рисунок 3б).

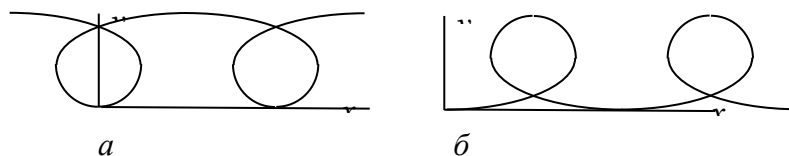


Рисунок 3. Петлеобразные траектории перемещения инструмента

Практический интерес представляют только нижние участки траекторий, на которых имеет место силовое взаимодействие зубьев со слоем асфальтобетона. При попутном фрезеровании скорости V_n и V_z в нижних точках траектории вычитаются; в частном случае при $V_n = V_z$ зубья практически вертикально вдавливаются в дорожное покрытие сверху вниз (и при этом поворачиваются).

При встречном фрезеровании скорости V_n и V_z в нижних точках траектории практически складываются и силовое воздействие зубьев с дорожным покрытием в большей степени происходит по боковым коническим поверхностям.

На рисунке 4 изображена зона резания для случая, когда вращение инструмента-фрезы происходит против часовой стрелки, а движение агрегата-фрезы – слева направо. Для двух зубьев пунктиром обозначены траектории будущего перемещения их вершин, показаны составляющие сил, действующих на зубья [2].

На рисунке 4,а изображены составляющие технологических сил фрезерования, действующих на каждый из зубьев по отдельности для попутного фрезерования. На каждый i -й зуб фрезерного барабана, находящийся в зоне резания ψ , действует своя сила сопротивления F_i срезаемого дорожного покрытия (на рисунке изображена жирной стрелкой). Разложение каждой из них может производиться по разным осям: по касательной и нормали к траектории, по геометрическим осям зуба или по горизонтали-вертикали. В соответствии с традицией на рисунке 4,а изображены нормальные и тангенциальные составляющие этих сил. Естественно, мощность, расходуемая на фрезерование, определяется только тангенциальными составляющими [2].

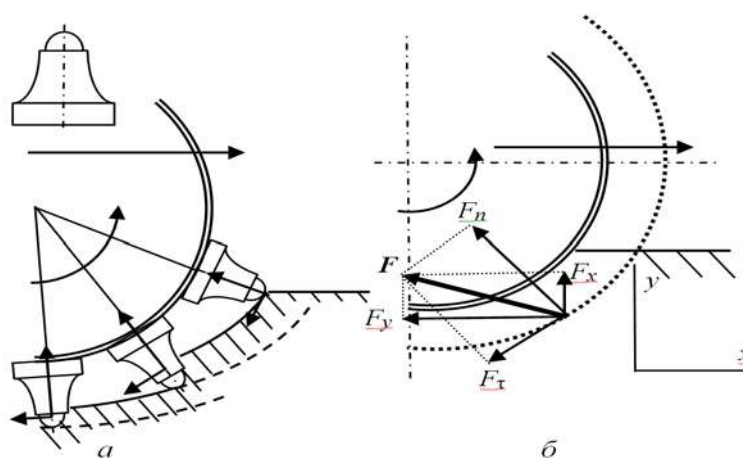


Рисунок 4. Схема взаимодействия инструмента и дорожного покрытия:
а - составляющие сил, действующих на зубья фрезерного барабана;
б - составляющие равнодействующей указанных сил

Согласно рисунку 4, б предполагается, что указанные силы приведены к равнодействующей F по всей малой зоне фрезерования на данный момент времени. Изображены два варианта ее разложения: по осям x и y постоянных направлений (соответственно горизонтальную F_x и вертикальную F_y) и на нормальную (радиальную) F_n тангенциальную (окружную) F_t составляющие. Аналогичное разложение по осям двух систем координат может быть осуществлено для встречного фрезерования.

Каждая пара составляющих равнодействующей силы F имеет определенный смысл. Рассмотрим близкие аналоги [11, 13]. Схема сил резания и сил возникающих реакций при движении цилиндрической фрезы против подачи представлена на рисунке 5. Схема сил резания и сил реакции при фрезеровании по подаче цилиндрической фрезой представлена на рисунке 5.

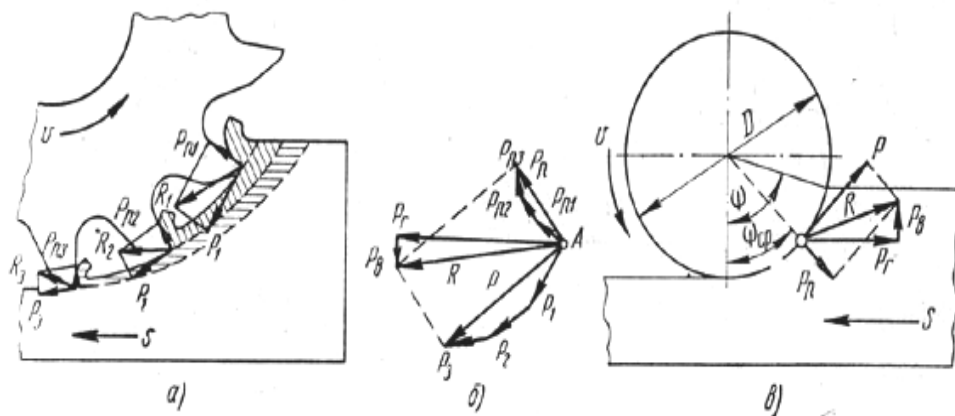


Рисунок 5. Схема сил резания и сил возникающих реакций при движении цилиндрической фрезы против подачи:

а – силы резания фрезеруемых слоёв на последующие зубья рабочего органа; б – общая (суммарная) сила, действующая на срезаемый слой; в – суммарная сила реакции на рабочем органе (фреза)

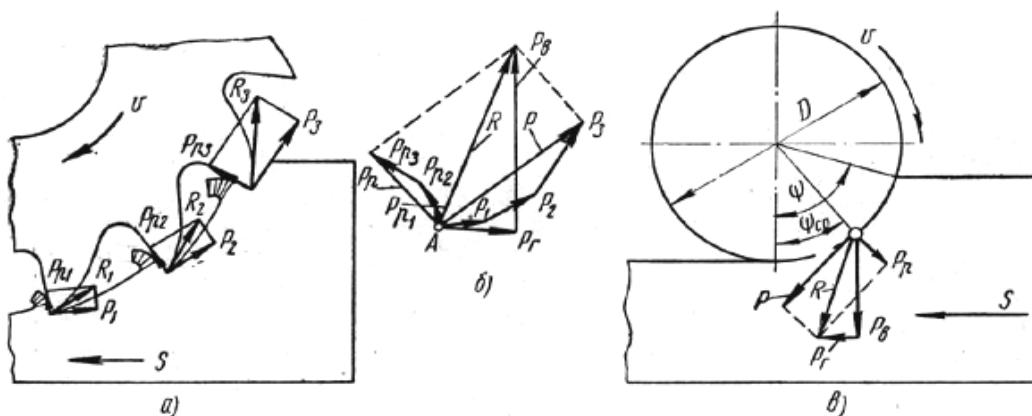


Рисунок 6. Схема сил резания и сил реакции при движении по подаче цилиндрической фрезы:

*а – силы резания фрезеруемых слоёв на последующие зубья рабочего органа;
 б – общая (суммарная) сила, действующая на срезаемый слой;
 в – суммарная сила реакции на рабочем органе (фреза)*

Во всех случаях помимо характеристик прочности фрезеруемого слоя важными параметрами, влияющими на перечисленные составляющие сил, является глубина резания и скорость перемещения агрегата-фрезы. Эти зависимости являются нелинейными, но их свойства мало изучены, поэтому часто считают линейно зависящими от указанных параметров.

Существенно, что коэффициенты этих зависимостей существенно зависят от направления вращения фрезерного барабана. Предполагая, что характер зависимостей такой же, как для механообработки, можно ожидать, что для встречного фрезерования сила F близка к горизонтальной, так что соотношение между вертикальной и горизонтальной составляющими примерно такое:

$$F_x = (0,2 \dots 0,3) F_y, \quad (2)$$

а для попутного эта сила наклонена под углом порядка 40° , так что:

$$F_x = (0,8 \dots 0,9) F_y, \quad (3)$$

Эти зависимости необходимо учитывать при построении системы автоматического управления глубиной фрезерования. Влияние сил при фрезеровании с учетом направления подачи отражено в таблице 1.

Таблица 1. Влияние сил при фрезеровании

Фрезерование против подачи	Фрезерование по подаче
$P_z = (1,0 \div 1,2)P$ $P_y = (0,2 \div 0,3)P$ $P_p = (0,35 \div 0,4)P$	$P_z = (0,8 \div 0,9)P$ $P_y = (0,75 \div 0,8)P$ $P_p = (0,35 \div 0,4)P$
где P_z , P_y , P_p – горизонтальная, вертикальная и радиальная составляющая силового взаимодействия инструмента дорожной врезки и дорожного покрытия.	

Результаты. Конкретные сведения об алгоритмах и программ автоматического управления приводами дорожных агрегатов-фрез в доступных источниках информации отсутствуют. Поэтому приходится реконструировать их по косвенным данным, учитывая, конечно, основные положения теории фрезерования, проработанные в машиностроении [5-7, 10, 8, 1].

Наиболее простым в реализации принципа управления является способ задания усилия F прижатия через жесткие пружины инструмента-фрезы к обрабатываемой поверхности или кратко, силового замыкания системы автоматического управления. Типовая рабочая характеристика – зависимость усилия F (в ньютонах, Н) от перемещения при фрезеровании выпоров при постоянной скорости вращения инструмента-фрезы от вертикальной координаты h (мм) при фрезеровании колеи и ее выпоров существенно нелинейная и имеет примерно такой схематичный вид, как показано на рисунке 7.

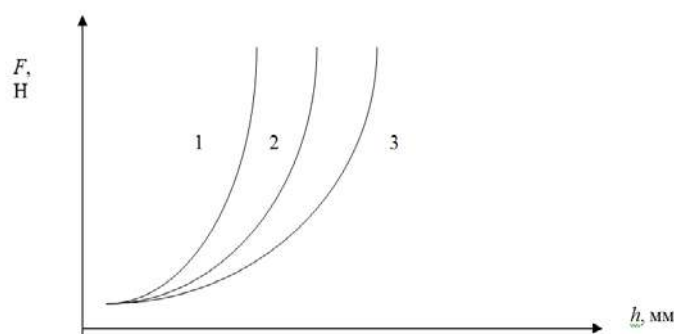


Рисунок 7. Зависимость изменения усилия F от изменения глубины фрезерования h для различных уровней скоростей вращения фрезы (1, 2, 3)

В связи с необходимостью совершенствования систем управления даже при сохранении основных конструктивных и технологических параметров АДФ, применяемых для устранения выпоров колеи, является актуальной научно-технической проблемой.

Решение данной проблемы было предложено осуществить путем изменения структур систем управления и законов управления рабочими органами дорожных агрегатов-фрез, как автоматизированного дорожного технологического манипулятора с несколькими степенями подвижности рабочего органа – инструмента-фрезы, работающего в обобщенных технологических координатах для ремонта дорожных покрытий с переменной колеиностью и за счет перехода от упругого (силового) к жесткому (позиционному или координатному), а также комбинированному замыканию технологической системы фрезерования колеи и ее выпоров [6].

Структурная схема новой системы автоматического управления вертикальным положением подшипников с обратной связью по координате (высоте) подшипников барабана фрезы и, следовательно, уровня отфрезерованной поверхности показана на рисунке 9.

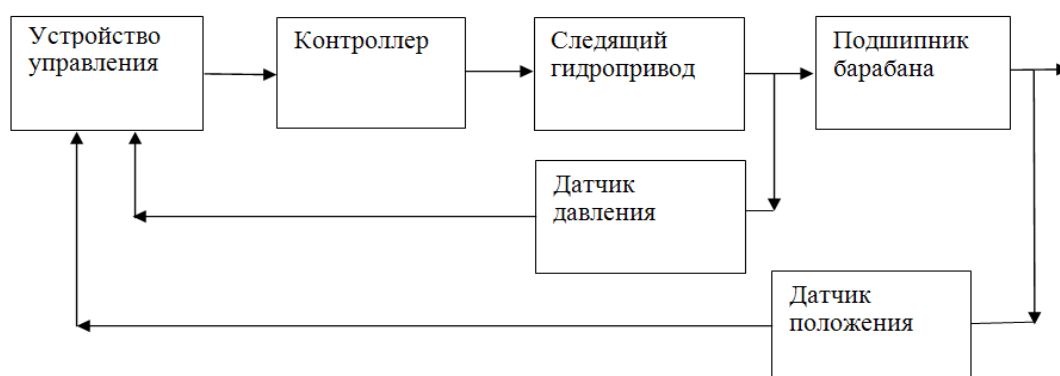


Рисунок 9. Структурная схема комбинированной системы автоматического управления агрегатом-фрезой

Измерение силы F может осуществляться самостоятельным датчиком силы, но проще всего реализуется косвенное измерение по давлению p в рабочей полости гидроцилиндра, что и предполагается в схеме на рисунке 9.

Предполагается, что во время работы агрегата-фрезы оператор может вводить коррекции, как в компьютерное устройство управления, так и в контроллер. Измерение вертикальных координат может осуществляться с помощью контактных или бесконтактных датчиков измерительного преобразователя, устанавливаемых на подвижном основании, конкретно – на подвижной раме с барабаном.

Используются бесконтактные механические или ультразвуковые датчики. Использование широко распространенных лазерных датчиков не может быть рекомендовано вследствие высокой запыленности зон. Поэтому в дальнейшем рассматриваются возможности использования контактных датчиков, преобразователи перемещений которых в электрические сигналы обычно являются индуктивными.

Датчиком или (предпочтительно) несколькими датчиками измеряются расстояния z до поверхности дорожного покрытия или на определенном удалении от выпоров, или на них непосредственно, и по этим данным задается такой уровень, до которого нужно фрезеровать выпоры.

Различные варианты расположения роликов, как элементов датчиков показаны на рисунке 10. Направление движения агрегата-фрезы показано стрелкой.

Имея в виду, что вертикальные координаты осей датчиков обозначаются как z_i с номерами, соответствующими рисунку 10, установим, какой смысл имеет информация, непосредственно получаемая от различных датчиков.

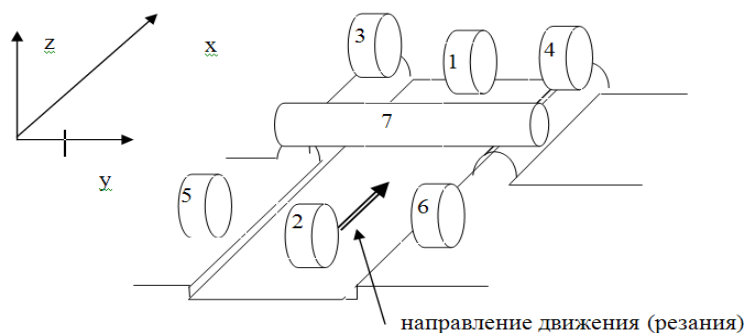


Рисунок 10. Варианты возможного расположения роликов датчиков относительного положения участков поверхности (1-7 – номера датчиков)

Датчики с роликами 1, 3, 4 и 7 находятся перед инструментом-фрезой и дают информацию о профиле до фрезерования, а датчики с роликами 2, 5, 6 – после фрезерования.

При комбинированном управлении в простейшем случае управляющий сигнал u для следящего привода должен формироваться по сигналам одного или нескольких датчиков высот z_i .

Данный измерительный преобразователь, имеющий в своем составе вычислитель, выполняет следующие функции обеспечения технологического процесса фрезерования колеи и ее выпоров:

- текущее сглаживание каждого из входных сигналов с целями уменьшения влияния случайных помех, обусловленных в основном неровностями дорожек;
- ограничения больших приращений сигналов на малых интервалах времени для исключения импульсных помех или выбросов высоких уровней, обусловленных попаданием на пути мелких камней, осколков асфальтобетонного покрытия и пр.;
- отключение тех датчиков, которые предположительно вышли из строя и выдают недостоверные данные с целями повышения функциональной надежности;
- формирование по совокупности перечисленных требований одного сигнала, который вводится, как управляющий для следящего привода вертикальных перемещений подшипников инструмента-фрезы;
- выработка сигналов превышения норм отклонения показателей, характеризующих отклонения показателей от нормативных;
- возможность вмешательства и ручной коррекции при проверке допустимости этого вмешательства;
- аварийное отключение при превышении предельно допустимых состояний.

Обычно выполнение всех перечисленных функций осуществляется в цифровой форме в специализированных управляющих компьютерах по отдельности с помощью различных программных модулей.

Это формирование обычно и проще всего формируется, как линейная комбинация скользящих сглаженных (осредненных) выходных сигналов датчиков перемещения и давления в виде:

$$u(t) = k_h[-z_{\text{прогр}}(t)] + k_p[p(t) - p_0], \quad (4)$$

где $z_{\text{прогр}}$ – программные значения по высоте;

$p(t)$, p_0 – давление;

k_h и k – коэффициенты.

Программные значения $z_{\text{прогр}}$ по высоте и p_0 по давлению подбираются оператором в соответствии с опытом эксплуатации или на пробном участке. Коэффициенты k_h и k_p ограничиваются, они должны обеспечивать требуемые запасы устойчивости замкнутой

системы; повышение качества требует увеличения этих коэффициентов по отдельности или вместе. При $k_p = 0$ автоматическое управление является координатным.

В дальнейшем могут быть проработаны возможности адаптивного управления, при котором коэффициенты k_n и k_p будут подстраиваться под изменяющиеся условия.

Возможно управление по возмущению, для этого необходимо измерять текущую глубину колеи и высоту ее выпоров.

Вывод. На основе анализа компоновок существующих автоматизированных дорожных фрез определены доминирующие факторы, определяющие изменение взаимного положения рабочих органов машины и дорожного покрытия в процессе фрезерования дорожного покрытия с переменной высотой колеи, что вызывает снижение ровности профилируемой поверхности дорожного покрытия. Разработан программный модуль имитационного сравнительного моделирования различных видов адаптивных подналадок для дорожных фрез. Рассмотрена структура математической модели удаления припуска при фрезеровании колеи в виде дифференциального уравнения, учитывающего модуль упругости дорожного покрытия и жесткость технологической системы «дорожная фреза – инструмент – дорожное покрытие».

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Технические рекомендации по производству шероховатой поверхностной обработки покрытия оборудованием фирмы “Секмер” в Республике Таджикистан. Душанбе; 1999.
- [2] Рекомендации по строительству макрошероховатых дорожных покрытий из открытых битумоминеральных смесей / НПО «Росдорнии». – М.: ЦБНТИ концерна Росавтодор, 1991.- 50 с.
- [3] Васильев А. П. Эксплуатация автомобильных дорог и организация дорожного движения / А. П. Васильев, В. М. Сиденко // – М.: Транспорт, 1990. – 280 с.
- [4] Иванов А. В. Ресурсосберегающая технология устройства шероховатых поверхностных обработок покрытий автомобильных дорог / А. В. Иванов, В. Э. Крафт // Автомоб. дороги: Науч.-техн. информ. сб. / Информавтодор. – М., 2000. – Вып. 3. – 14-17 с.
- [5] Баловнев В.И. Моделирование процессов взаимодействия со средой рабочих органов дорожно-строительных машин. Учебное пособие. – 2-е изд. перераб. - М.: Машиностроение, 1994 - 432с.
- [6] Бауман В.А., Гилула М.Д., Вязовикин В.И. и др. Технико-экономический анализ и прогнозирование параметров строительных машин. М., Машиностроение, 1980, с.224.
- [7] Кочетков А.В., Кульгильдинов М.С., Табылов А.У. Современные машины и механизмы для устройства дорожных покрытий с шероховатой поверхностью. //Вестник КазАТК. 2006, №4. - С. 87- 91.
- [8] Керамический щебень для дорожных покрытий (США) // Наука и техника в дор. отрасли. – 1997. – № 1.
- [9] Немчинов М. В. Сцепные качества дорожных покрытий и безопасность движения автомобилей / М. В. Немчинов // – М.: Транспорт, 1985. – 236 с.
- [10] Программа определения параметров шероховатости автомобильных дорог «Шероховатость-2008»: [Проспект] / Саратов: АНО «Научно-практический центр ЭК». - 2 с.
- [11] Суслиганов П. С. Шероховатые поверхности: нормирование, проектирование и устройство (продолжение) // А. В. Кочетков, П. С. Суслиганов // Автомобильные дороги. – 2005. – № 2. – С. 30-33.
- [12] Schellenberger M. Anforderungen an die Griffigkeit von Fahrbahnoberflächen // Tiefbau. – 2001. – № 12.
- [13] Milhau J.-P., Lootvoet A., Rubio R. Couche de roulement en beton bitumineux armé coulé à chaud sur un giratoire à fort trafic // Revue Générale des Routes. – 2000. – № 784, mai.
- [14] Mesure du dosage en granulats d'un enduit superficiel. Partie 2: Détermination de la régularité transversale. NF P 98-276-2 / AFNOR. – Paris: Afnor, 1994.
- [15] Schallschluckende Straßenbeläge // BW Bauwirtschaft: Das Baumagazin für Führungskräfte im Bauwesen. – 2000. – № 7.

REFERENCES

- [1] Tekhnicheskie rekomendatsii po proizvodstvu sherokhovatoi poverkhnostnoi obrabotki pokrytiya oborudovaniem firmy “Sekmer” v Respublike Tadzhikistan. Dushanbe; 1999.

- [2] Rekomendatsii po stroitel'stvu makrosherokhovatykh dorozhnykh pokrytii iz otkrytykh bitumomineral'nykh smesei / NPO «Rosdornii». – M.: TsBNTI kontserna Rosavtodor, 1991.- 50 s.
- [3] Vasil'ev A. P. Ekspluatatsiya avtomobil'nykh dorog i organizatsiya dorozhnogo dvizheniya / A. P. Vasil'ev, V. M. Sidenko // – M.: Transport, 1990. – 280 c.
- [4] Ivanov A. V. Resursosberegayushchaya tekhnologiya ustroistva sherokhovatykh poverkhnostnykh obrabotok pokrytii avtomobil'nykh dorog / A. V. Ivanov, V. E. Kraft // Avtomob. dorogi: Nauch.-tekhn. inform. sb. / Informavtodor. – M., 2000. – Vyp. 3. – 14-17 s.
- [5] Balovnev V.I. Modelirovanie protsessov vzaimodeistviya so sredoi rabochikh organov dorozhno-stroitel'nykh mashin. Uchebnoe posobie. – 2-e izd. pererab. - M.: Mashinostroenie, 1994 - 432s.
- [6] Bauman V.A., Gilula M.D., Vyazovikin V.11. i dr. Tekhniko-ekonomicheskii analiz i prognozirovanie parametrov stroitel'nykh mashin. M., Mashinostroenie, 1980, s.224.
- [7] Kochetkov A.V., Kul'gil'dinov M.S., Tabylov A.U. Sovremennye mashiny i mekhanizmy dlya ustroistva dorozhnykh pokrytii s sherokhovatoi poverkhnost'yu. //Vestnik KazATK. 2006, №4. - S. 87- 91.
- [8] Keramicheskii shcheben' dlya dorozhnykh pokrytii (SShA) // Nauka i tekhnika v dor. otrasli. – 1997. – № 1.
- [9] Nemchinov M. V. Stsepnye kachestva dorozhnykh pokrytii i bezopasnost' dvizheniya avtomobilei / M. V. Nemchinov // – M.: Transport, 1985. – 236 s.
- [10] Programma opredeleniya parametrov sherokhovatosti avtomobil'nykh dorog «Sherokhovatost'-2008»: [Prospekt] / Saratov: ANO «Nauchno-prakticheskii tsentr EK». - 2 s.
- [11] Susliganov P. S. Sherokhovatyte poverkhnosti: normirovanie, proektirovanie i ustroistvo (prodolzhenie) // A. V. Kochetkov, P. S. Susliganov // Avtomobil'nye dorogi. – 2005. – № 2. – S. 30-33.
- [12] Schellenberger M. Anforderungen an die Griffigkeit von Fahrbahnoberflechen // Tiefbau. – 2001. – № 12.
- [13] Milhau J.-P., Lootvoet A., Rubio R. Couche de roulement en beton bitumineux armu coult a chaud sur un giratoire a fort trafic // Revue Ganurale des Routes. – 2000. – № 784, mai.
- [14] Mesure du dosage en granulats d'un enduit superficiel. Partie 2: Determination de la regularite transversale. NF P 98-276-2 / AFNOR. – Paris: Afnor, 1994.
- [15] Schallschluckende Strabenbelage // BW Bauwirtschaft: Das Baumagazin fur Fuhrungskrate im Bauwesen. – 2000. – № 7.

¹**М. С. Кульгильдинов**, ¹**Н.С. Камзанов**, ²**А.Е. Қанажанов***

¹М.Тынышбаев атындағы Қазақ көлік және коммуникация академиясы, Алматы, Қазақстан

²Satbayev University, Алматы, Қазақстан

*e-mail: 280140ait@mail.ru

ФРЕЗЕРЛЕУ КЕЗІНДЕ КЕСКІШТІҢ ЖӘНЕ ЖОЛ ЖАБЫНЫҢ ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ СХЕМАСЫ МЕН ӨЗАРА ӘРЕКЕТТЕСУ ПРОЦЕСІН ТАЛДАУ

Андатпа. Қазіргі уақытта мұқият зерттеулерсіз және ақпарат көздерінің ғылыми негізделген талдауынсыз ғылыми-техникалық прогрестің неғұрлым ұтымды бағыттарын таңдау мүмкін емес. Жұмыстың мақсаты- жол төсемінің жолтабанын фрезерлеу және патенттік зерттеулер негізінде оны шығару жөніндегі жұмыстардың өнімділігін және орындалатын операциялардың дәлдігін арттыруды қамтамасыз ету бойынша жол фрезаларының перспективті құрылымдарын зерттеу. Патенттік іздеу екі бағыт бойынша жүргізілді: күрделі-профильдік беттерді, соның ішінде жол жабындарын фрезерлеудің қазіргі процестері мен кинематикалық сызбаларына шолу; фреза - құрал-жабынды жүйесінің координаттық тұйықталу негізінде күрделі-профильдік беттерді фрезерлеудің қазіргі процестеріне шолу. Осы шолу нормативтік-техникалық құжаттаманы, ғылыми мақалаларды, өнертабыстарға және пайдалы модельдерге қолданыстағы патенттерді, озық өндірістік технологиялар туралы мәліметтерді қамтитын қол жетімді ғылыми-техникалық ақпаратты іздеу негізінде қалыптастырылған. Өнертабыстарға талдау жүргізілді, олардың әрекет ету принципі қарастырылды. Жаңалықтардан оң және теріс әсерлері анықталды. Жол фрезаларының құрылымын жаңғыртудың негізгі перспективалық бағыттары анықталып, олардың жіктелуі ұсынылған. Жұмыста қазбаның өнімділігін арттыруға, құрал-сайманды тез ауыстыруға ғана емес, сондай-ақ автомобиль жолының жолтабанын фрезерлеу дәлдігін арттыруға арналған өнертабыстар ұсынылған. Жұмыс нәтижелері жол фрезаларының жұмыс органдарын жақсарту жолдарын таңдау кезінде пайдаланылуы мүмкін.

Негізгі сөздер: патенттік талдау, авторлық куәлік, жол жабындарын фрезерлеу, координаталардың технологиялық жүйесі, фрезерлеу кезінде жол жабынының және фрезердің өзара әрекеттесуі.

¹**M.S. Kulgildinov**, ¹**N.S. Kamzanov**, ²**A.E. Kanazhanov***

¹Kazakh Academy of transport and communications named M. Tynyshpaev, Almaty, Kazakhstan

²Satbayev University, Almaty, Kazakhstan

*e-mail: 280140ait@mail.ru

ANALYSIS OF THE TECHNOLOGICAL SCHEME AND THE PROCESS OF INTERACTION OF THE MILL AND THE ROAD SURFACE DURING MILLING

Abstract. The choice of the most rational directions of scientific and technological progress is impossible in our time without careful study and scientifically-based analysis of the sources of information. The purpose of the work is to study the perspective designs of road cutters, providing an increase in productivity and accuracy of operations performed for milling the track of the road surface and its bulges on the basis of patent research. The patent search was carried out in two directions: review of existing processes and kinematic schemes of milling of complex profile surfaces, including pre-surface coatings; review of existing processes of milling of complex profile surfaces on the basis of coordinate closure of the milling cutter-tool-coating system. This review is based on the search for available scientific and technical information, including regulatory and technical documentation, scientific articles, current patents for inventions and utility models, information on advanced manufacturing technologies. The analysis of inventions is carried out, their principle of action is considered. Both positive and negative effects of innovations are revealed. The main perspective directions of modernization of the design of expensive cutters are defined, their classification is presented. The paper presents inventions that are not only designed to increase the productivity of production, rapid tool replacement, but also to improve the accuracy of milling the gauge of the road. The results of the work can be used in the selection of ways to improve the working bodies of road cutters.

Keywords: patent, author's certificate, milling of road surfaces, technological system of coordinates, interaction of the cutter and the road surface during milling.

С.А. Баймуканов*

Satbayev University, Алматы, Казахстан

*e-mail: baimukanov.s@gmail.com

АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В СФЕРЕ СТРОИТЕЛЬСТВА

Аннотация. В статье представлен обзор современных технологий и материалов, направленных на повышение энергосбережения зданий. В ходе работы изучена основная документация, регламентирующая рациональное потребление тепловых ресурсов в мире. Анализ причин потери тепловых ресурсов позволил выделить проблемные зоны строительных конструкций, требующих оптимизации. В данной работе выполнено сравнение эффективности инновационных способов со стандартными характеристиками существующих зданий. Проведено изучение инновационных решений, направленных на повышение энергетической эффективности зданий и сокращение пользования природными ресурсами. В статье рассмотрены основные направления энергосбережения: улучшение конструкций, мониторинг инженерных систем для анализа потребления тепловой энергии, оптимизированное теплоснабжение и применение новых материалов в ограждающих конструкциях. Приведены технические решения, которые позволяют обеспечить комфортную температуру в помещениях при минимальном использовании ресурсов.

Ключевые слова: энергоэффективность, энергосбережение, утепление, инновации, оптимизация, энергосберегающие технологии.

Появление энергоэффективных технологий в различных отраслях жизнедеятельности обусловлено тем фактом, что объемы природных ресурсов заметно сокращаются и необходимо искать более рациональные решения. В современном мире особую важность играют технологии, позволяющие свести тепловые потери в промышленности и жилищном секторе к минимуму. Значимость этих новшеств проявляется и для защиты окружающей среды, поскольку сокращается объем выбросов в атмосферу.

Первым шагом к развитию идеи эффективного применения энергии в строительстве можно считать Директиву Евросоюза 93/76 о сокращении выбросов углекислого газа, изданную в 1993 году. Основными аспектами документа являлись сертификация зданий, частные инвестиции в энергосбережение государственного сектора, новые стандарты теплоизоляции и проведение энергоаудитов [1].

Политика по уменьшению затрат на электроэнергию является приоритетной во всех сферах деятельности в нашем государстве. В Программе “Казахстан 2025” отмечено, что снижение энергопотребления – это одна из целей для перехода к зеленым технологиям. К 2025 году планируется снижение энергоемкости ВВП на 20%, а к 2050 году – на 50% [2, 3]. Кроме того, нормативно-техническая будет постоянно обновляться с учетом мирового опыта, что позволит оптимизировать энергозатраты в том числе.

Для оценивания и классификации зданий по тепловой эффективности создана стандартизированная маркировка, где буквой “Е” обозначается низкий класс энергосбережения и знаком “А++” – крайне высокий уровень экономии (таблица 1).

Таблица 1. Классы энергетической эффективности зданий [4]

Класс	Наименование класса энергетической эффективности	Величина отклонения расчетного (фактического) значения удельного расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания от нормативного значения, %	Рекомендуемые мероприятия
Для новых и реконструируемых зданий			
A++ A+ A	Очень высокий	Менее – 60 От -50 до – 60 От -40 до – 50	Экономическое стимулирование
B+ B	Высокий	От -30 до – 40 От -15 до -30	Экономическое стимулирование
C+ C C-	Нормальный	От - 5 до – 15 От + 5 до – 5 От + 15 до +5	
D	Пониженный	От + 15.1 до + 50	Реконструкция здания
E	Очень низкий	Более 50	Энергосберегающие мероприятия

Анализируя опыт различных стран, можно выделить следующие технологии в сфере энергосбережения:

1. Аэрогель – инновационный пористый материал, отличающийся уникальными свойствами: высокая прочность, низкая теплопроводность, устойчивость к высоким температурам и небольшая плотность. Структура материала включает в себя 80-99% воздуха, поэтому использование его в составе теплоизоляции дает значительную выгоду. В данный момент появились эластичные холсты с использованием данного геля в виде рулонов (рисунок 1), которые можно установить в качестве утепления стен, плит перекрытия и кровли [5].



Рисунок 1. Теплоизоляционные холсты из аэрогеля

Применять его можно и как составную часть оконной системы, заполняя аэрогелем пространство между стеклами (рисунок 2). Путем проведения экспериментов выявлено, что эта прослойка способна пропускать видимый свет, но при этом останавливать тепловую энергию. По сравнению с двойными низкоэмиссионными стеклами, новая технология сокращает теплопотери до 55% при монолитном заполнении аэрогелем и до 25% - при использовании гранул [6].



Рисунок 2. Использование монолитного аэрогеля в остеклении

2. Для сохранения оптимальной температуры в здании используются материалы с изменяющимся фазовым состоянием (МИФС), способные поглощать и выделять тепло в зависимости от внешней температуры. В основе работы данной технологии лежат особенности фазовой структуры веществ, которые являются накопителем излишней теплоты в твердом состоянии и наоборот – в жидком виде. Фазопереходные материалы классифицируются по происхождению: к органическим относятся парафины и алканы, а к искусственным – гидраты солей [7].

В основном они применяются комбинативно со стандартными строительными материалами, позволяя улучшить тепловые показатели ограждающих конструкций. Используют комбинирование материалов путем добавления МИФС в растворы в полимерных капсулах или металлических контейнерах и способом пропитки пористых изделий (рисунок 3). В настоящее время фазопереходные добавки применяются при изготовлении растворов, гипсокартона, сэндвич-панелей и сборных плит перекрытия.

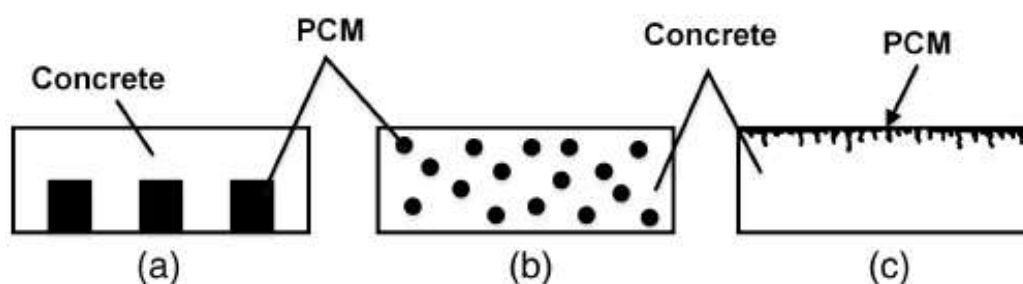


Рисунок 3. Методы использования МИФС в бетонных конструкциях: а – установка металлических контейнеров, б – добавление микрокапсул в состав, с – пропитка жидким раствором

Применение фазопереходных материалов сокращают пиковые значения температур, тем самым обеспечивая оптимальный режим и исключая резкие перепады температуры. Данное технологическое новшество позволяет сократить энергозатраты до 23% [8].

3. Сокращение энергопотерь может быть достигнуто путем анализа и выявления излишнего использования ресурсов. Для оптимального контроля внутреннего инженерного оборудования разработаны системы автоматики (Building Management Systems), которые объединяют в себе широкий функционал управления зданиями (рисунок 4). Централизованное

управление для всех систем здания: отопления, кондиционирования, освещения и электричества здания позволяет рационально регулировать расход ресурсов, своевременно определять возникшие неполадки и вскоре устранять их.

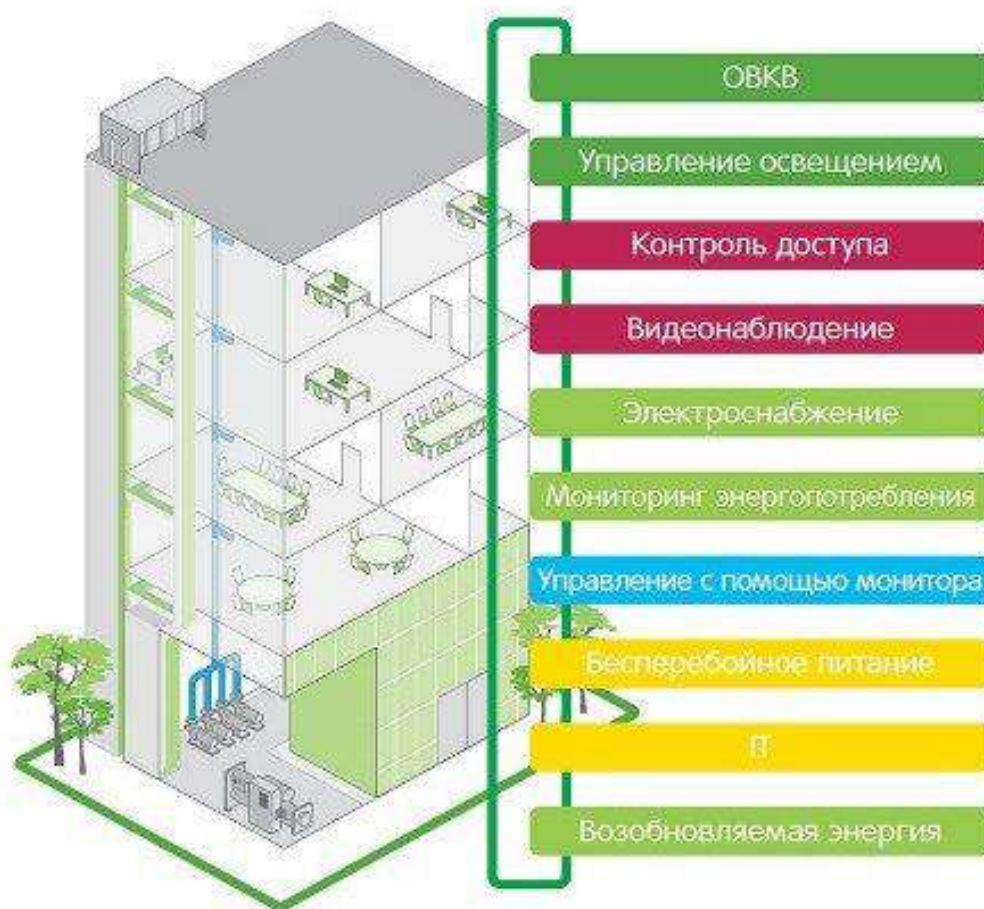


Рисунок 4. Системы, регулируемые BMS

Выгода применения системы BMS заключается в ее универсальности, которая позволяет контролировать основные инженерные сети здания. Также возможна установка автоматического изменения параметров системы в зависимости от времени, то есть снизить потребление в момент неиспользования помещений. Внедрение универсального управления зданиями позволит сократить расход энергоресурсов до 20 %. Помимо этого, безусловными достоинствами системы BMS являются интеграция пожарной безопасности, пожаротушения и охранной сигнализации [9, 10].

4. Устройство солнечных панелей в виде навесного фасада является одной из современных технологий по повышению эффективности существующих зданий. Особенностью данной системы считается адаптация к углу падения солнечных лучей, которая позволяет аккумулировать энергию на 40 % больше по сравнению со статическими панелями. Накопительные элементы фасада способны изменять положение в зависимости от времени суток, параллельно создавая пассивное затенение внутреннего пространства здания (рисунок 5). Система приводится в действие регуляторами поворота, которые работают совместно с датчиком расположения солнца.

Кроме того, внешние панели создают дополнительную вентиляцию здания, что позволяет сократить расход энергии на кондиционирование помещений в жаркое время года. В итоге, использование адаптивных солнечных фасадов приводит к общему сокращению расхода ресурсов на 25% [11].

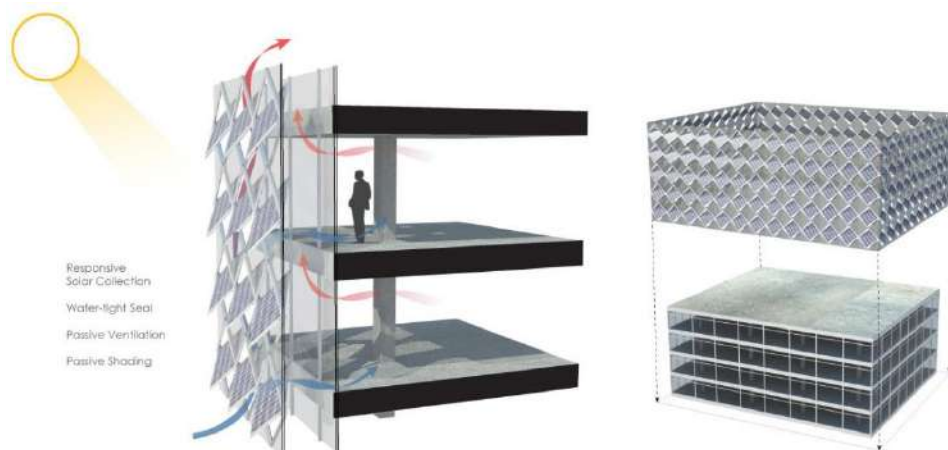


Рисунок 5. Система адаптивного солнечного фасада

5. Оптимизация тепловых ресурсов является одним из способов экономии электроэнергии. Установка радиаторных термостатов позволяет поддерживать оптимальную температуру в здании постоянно. Принцип работы данной технологии заключается в том, что прибор анализирует окружающую температуру и ограничивает доступ теплоносителя при необходимости. Схема механизма настраиваемого терморегулятора представлена на рисунке 6, что позволяет увидеть действие ручного контроллера на работу радиатора. Автоматические термостаты позволяют экономить до 20% расходов на отопление за счет исключения чрезмерного обогрева здания [12].



Рисунок 6. Устройство радиаторного терморегулятора

Каждая из вышеперечисленных технологий – результат исследований в области рационального потребления ресурсов, которые с каждым годом приносят новые варианты энергосбережения. Проанализировав мировой опыт, можно перенять наиболее целесообразные способы достижения эффективных показателей в различных сферах. Получение рационального результата по сохранению ресурсов возможно при комбинировании нескольких методов.

Подводя итоги, в современном мире повышение энергосбережения становится важной темой в строительной отрасли. Сокращение энергозатрат приносит выгоду как экономический инструмент, дающий возможность получать максимальную пользу от ресурсов и как вклад в защиту окружающей среды, сокращая количество вредных выбросов в атмосферу планеты.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Council Directive 93/76/EEC of 13 September 1993 to limit carbon dioxide emissions by improving energy efficiency (SAVE)
- [2] Стратегический план развития Республики Казахстан до 2025 года
- [3] Концепция по переходу Республики Казахстан к “зеленой экономике”
- [4] СП РК 3.02-138-2013 «Энергосберегающие здания»
- [5] И.Л. Васильева, Д.В. Немова. Перспективы применения аэрогелей в строительстве // Alfabuild – 2018, Санкт-Петербург – 4(6) – С. 135-145
- [6] Cinzia Buratti, Elisa Moretti, Elisa Belloni and Michele Zinzi. Experimental and Numerical Energy Assessment of a Monolithic Aerogel Glazing Unit for Building Applications // Applied Sciences – 2019 – 9(24) , 5473
- [7] Р.А. Назиров, А.В. Тахтобин. Материалы с изменяющимся фазовым состоянием в ограждающих конструкциях // Строительные материалы и технологии – 2019, Красноярск – 6(86) – С. 66-85
- [8] Morshed Alam, Hasnat Jamil, Jay Sanjayan, John Wilson. Energy saving potential of phase change materials in major Australian cities // Energy and Buildings – 2014– 78 – С. 192-201
- [9] Существующие уровни BMS (системы управления зданием) [Электронный ресурс]. URL: <http://asupro.com/building/smart/existing-levels-bldg-management-system.html>
- [10] Building Management System services [Электронный ресурс]. URL: <https://www.greenconsultancy.com/discover-total-energy-management/identifying-energy-efficiency-opportunities/building-management-system-services>
- [11] Zoltan Nagy, Bratislav Svetozarevic, Prageeth Jayathissa, Moritz Begle, Johannes Hofer, Gearoid Lydon, Anja Willmann, Arno Schlueter. The Adaptive Solar Facade: From concept to prototypes // Frontiers of Architectural Research – 2016 – 5 – С. 143-156
- [12] Алоян Р.М., Федосов С.В., Опарина Л.А. Энергоэффективные здания – состояние, проблемы и пути решения – Иваново: ПресСто, 2016. – 276 с.

REFERENCES

- [1] Council Directive 93/76/EEC of 13 September 1993 to limit carbon dioxide emissions by improving energy efficiency (SAVE)
- [2] Strategicheskij plan razvitija Respubliki Kazahstan do 2025 goda
- [3] Koncepcija po perehodu Respubliki Kazahstan k “zelenoj jekonomike”
- [4] SP RK 3.02-138-2013 «Jenergoberegajushhie zdanija»
- [5] I.L. Vasil'eva, D.V. Nemova. Perspektivy primenenija ajerogelej v stroitel'stve // Alfabuild – 2018, Sankt-Peterburg – 4(6) – S. 135-145
- [6] Cinzia Buratti, Elisa Moretti, Elisa Belloni and Michele Zinzi. Experimental and Numerical Energy Assessment of a Monolithic Aerogel Glazing Unit for Building Applications // Applied Sciences – 2019 – 9(24) , 5473
- [7] R.A. Nazirov, A.V. Tahtobin. Materialy s izmenjajushhimsja fazovym sostojaniem v ograzhdajushhih konstrukcijah // Stroitel'nye materialy i tehnologii – 2019, Krasnojarsk – 6(86) – S. 66-85
- [8] Morshed Alam, Hasnat Jamil, Jay Sanjayan, John Wilson. Energy saving potential of phase change materials in major Australian cities // Energy and Buildings – 2014– 78 – С. 192-201
- [9] Sushhestvujushhie urovni BMS (sistemy upravlenija zdaniem) [Jelektronnyj resurs]. URL: <http://asupro.com/building/smart/existing-levels-bldg-management-system.html>
- [10] Building Management System services [Jelektronnyj resurs]. URL: <https://www.greenconsultancy.com/discover-total-energy-management/identifying-energy-efficiency-opportunities/building-management-system-services>
- [11] Zoltan Nagy, Bratislav Svetozarevic, Prageeth Jayathissa, Moritz Begle, Johannes Hofer, Gearoid Lydon, Anja Willmann, Arno Schlueter. The Adaptive Solar Facade: From concept to prototypes // Frontiers of Architectural Research – 2016 – 5 – С. 143-156
- [12] Alojjan R.M., Fedosov S.V., Oparina L.A. Jenergojefektivnye zdanija – sostojanie, problemy i puti reshenija – Ivanovo: PresSto, 2016. – 276 s.

С.А. Баймуканов*

Satbayev University, Алматы, Қазақстан

*e-mail: baimukanov.s@gmail.com

ҚҰРЫЛЫС САЛАСЫНДА ЭНЕРГИЯ ТИІМДІ ТЕХНОЛОГИЯЛАРДЫ ҚОЛДАНУДЫ ТАЛДАУ

Андатпа. Мақалада ғимараттарды энергияны үнемдеуге бағытталған заманауи технологиялар мен материалдарға шолу жасалады. Жұмыс барысында әлемде жылу ресурстарын ұтымды пайдалануды реттейтін негізгі құжаттама зерделенді. Жылу ресурстарының жоғалу себептерін талдау оңтайландыруды қажет ететін құрылыс конструкцияларының проблемалық аймақтарын анықтауға мүмкіндік берді. Бұл жұмыс инновациялық әдістердің тиімділігін қолданыстағы ғимараттардың стандартты сипаттамасымен салыстырды. Ғимараттардың энергетикалық тиімділігін арттыруға және табиғи ресурстарды пайдалануды қысқартуға бағытталған инновациялық шешімдерді зерделеу жүргізілді. Мақалада энергияны үнемдеудің негізгі бағыттары қарастырылған: құрылымдарды жақсарту, жылу энергиясын тұтынуды талдау үшін инженерлік жүйелердің мониторингі, оңтайландырылған жылумен жабдықтау және қоршау құрылымдарында жаңа материалдарды қолдану. Ресурстарды минималды пайдалану кезінде бөлмелерде жайлы температураны қамтамасыз етуге мүмкіндік беретін техникалық шешімдер келтірілген.

Негізгі сөздер: энергия тиімділігі, энергия үнемдеу, оқшаулау, инновация, оңтайландыру, энергия үнемдеу технологиялары.

S.A. Baimukanov*

Satbayev University, Almaty, Kazakhstan

*e-mail: baimukanov.s@gmail.com

ANALYSIS OF THE USE OF ENERGY-EFFICIENT TECHNOLOGIES IN THE CONSTRUCTION SECTOR

Abstract. The article presents an overview of modern technologies and materials aimed at improving the energy saving of buildings. In the course of the work, the main documentation regulating the rational consumption of thermal resources in the world was studied. The analysis of the causes of the loss of thermal resources allowed us to identify problem areas of building structures that require optimization. In this paper, the effectiveness of innovative methods is compared with the standard characteristics of existing buildings. The study of innovative solutions aimed at improving the energy efficiency of buildings and reducing the use of natural resources was carried out. The article considers the main directions of energy saving: improvement of structures, monitoring of engineering systems for the analysis of heat energy consumption, optimized heat supply and the use of new materials in enclosing structures. The technical solutions that allow to provide a comfortable temperature in the premises with minimal use of resources are given.

Keywords: energy efficiency, energy saving, insulation, innovation, optimization, energy-saving technologies.

М.Е. Калекеева*, Ю.Г. Литвинов

Академия Гражданской Авиации, Алматы, Казахстан

*e-mail: kalekeeva.m@mail.ru

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИСПЫТАНИЯ НОВОГО ВЫСОКОЭФФЕКТИВНОГО СВЕТОДИОДНОГО ДРАЙВЕРА

Аннотация: В этой статье представлен новый высокоэффективный светодиодный драйвер. Разработанная версия драйвера светодиода основана на активном AC-DC преобразователе с обратногоходовой топологией. Особенностью предложенной схемы является использование стабилизатора тока/ напряжения на первичной стороне на базе микроконтроллера FL7733A и пассивного стабилизатора на вторичной стороне. Представлена методика расчета текущих значений действующего значения. По предложенной схеме сконструирован и собран экспериментальный образец драйвера светодиода. Проведены функциональные тесты, которые показывают качественное преимущество перед штатной схемой драйвера светодиода. Были проведены температурные испытания, по ним видно, что элементы драйвера не испытывают чрезмерных температурных нагрузок и работают в нормальных температурных пределах.

Ключевые слова: светодиод, драйвер, обратный ход, преобразователь, стабилизатор.

Введение. УП к специфике работы светодиодов требуется стабилизатор напряжения или тока для ограничения напряжения светодиодов до безопасных значений, кроме того, стабилизатор должен обеспечивать пульсации тока в пределах допустимых значений не более 5% в общий случай. Использование линейных регуляторов в качестве стабилизаторов тока для светодиодов возможно, но во многих случаях неприемлемо с точки зрения эффективности. Потери на линейном регуляторе могут свести на нет использование дорогого, но экономичного светодиодного освещения. Более того, выгода от использования светодиодного освещения заключается именно в экономии затрат на электроэнергию. Из-за больших потерь мощности на линейном стабилизаторе необходимо принять меры по отводу тепла от линейного элемента, что может привести к удорожанию, несмотря на кажущуюся дешевизну решения.

Наиболее эффективным решением для защиты и стабилизации тока, а значит, и для стабилизации светового потока осветительного устройства является использование импульсных преобразователей. Хорошо известные топологии преобразователей, используемых в светодиодном освещении, могут быть либо без гальванической развязки, либо с гальванической развязкой, см. Рисунок 1.

Согласно требованиям безопасности, светодиодные лампы должны быть гальванически изолированы, чтобы минимизировать токи утечки и уравнивающие токи, опасные для здоровья и жизни человека. Электронные источники, выпускаемые для промышленного и офисного использования, спроектированы исключительно на основе топологий с гальванической развязкой, и наиболее распространены схемы обратногоходового преобразователя (рис.1, г) и резонансного LLC-преобразователя (рис.1, е). [6-12]. Достоинством обратногоходового преобразователя является простота схемы. Однако меньший КПД, из-за чего его использование оправдано со светодиодами мощностью до 100-150 Вт, когда резонансные LLC используются на мощностях выше 150 Вт.

Схематическое решение. Разработана инновационная схема драйвера светодиода (рис. 2). В этой схеме используется инновационная упрощенная схема управления. В этой схеме используется регулятор первичного тока и пассивный линейный регулятор.

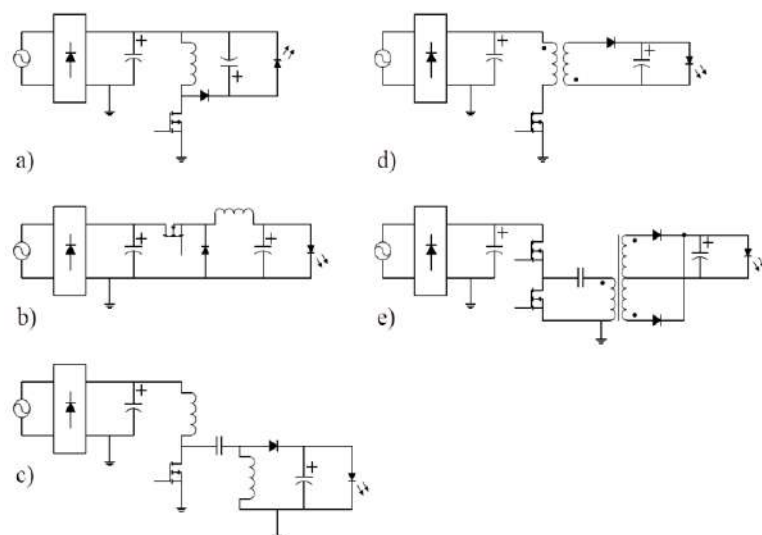


Рисунок 1. Топологии схем трансформатора

Без гальванической развязки: а) понижение-повышение (понижение-повышение), б) понижение (понижение), в) SEPIC. С гальванической развязкой: г) обратный ход, в) резонансный преобразователь LLC

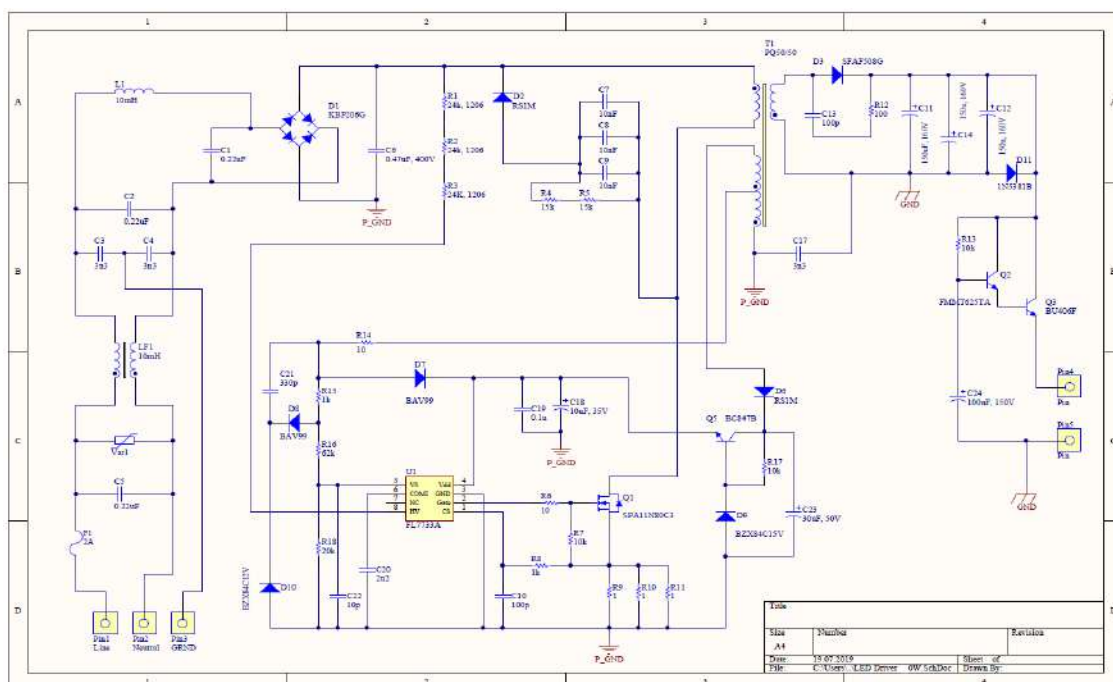


Рисунок 2. Схема драйвера светодиода

На рис. 2. показан разработанный блок питания мощностью 60 Вт для светодиодного освещения. Драйвер светодиода был разработан для промышленного и офисного использования, для переменной сети с номинальным напряжением 140-275 В и возможностью работы до 300 В. По возможности была выбрана универсальная и наиболее востребованная модель драйвера мощностью 60Вт и выходным напряжением 60В. Наиболее распространенные модели драйверов представлены от 24 до 100 Вт и выходного напряжения от 12 до 170 В. Поэтому представляется правильным разработать источник питания на среднюю мощность и выходное напряжение, чтобы в будущем при необходимости можно было внести изменения в развитый источник для расширения линейки.

На рис. 2. драйвер состоит из основных строительных блоков: предохранитель F1, защита от высоковольтных скачков напряжения (молние защита) Var1, входной фильтр для подавления высокочастотных помех, диодный выпрямитель D1, цепь управления, регулятор напряжения / ток светодиодов, выходной фильтр — это основные составляющие современного стабилизатора. Все эти структурные блоки содержат качественные стабилизаторы тока / напряжения, отвечающие требованиям электромагнитной совместимости, безопасности, надежности светодиодной лампы, высокой эффективности.

Предохранитель F1 необходим для установки и предназначен для предотвращения возгорания в случае выхода из строя источника, выбирается с допустимым рабочим током, превышающим ток, потребляемый драйвером, и с учетом пусковых токов.

Варистор Var1 защищает драйвер светодиода от импульсного шума на входе, чтобы удовлетворить требованиям устойчивости электронного устройства к помехам в сети. Если максимальное входное напряжение переменного тока составляет 300 В, то значение напряжения варистора должно находиться в диапазоне 450-750 В. В то же время, чтобы соответствовать требованиям невосприимчивости к помехам по сетям, предохранитель и варистор выбираются таким образом, чтобы предохранитель не перегорал при кратковременном высоковольтном импульсном напряжении в сети при включении варистора. работа, поглощающая энергию импульса.

Входные компоненты: емкость C5 (класс X2), индуктивность LF1, емкость C1 (класс X2), емкость C2 (класс Y1), емкость C3 (класс Y1), емкость C4 (класс Y1) образуют входной фильтр электромагнитных помех. Входной фильтр предназначен для подавления электромагнитных помех, создаваемых источником светодиодов, и очень эффективен в борьбе с кондукторными (проводными) помехами и излучаемыми помехами.

Светодиодный стабилизатор состоит из первичного ключа MOSFET Q1, трансформатора T1, выпрямительного диода D3 на вторичной стороне и микросхемы контроллера FL7733A. Стабилизатор выполнен на базе обратного преобразователя с гальванической развязкой. Контроллер стабилизатора FL7733A обеспечивает обратный ход в режиме разрывных токов, при этом для стабилизации выходного напряжения используется сигнал вспомогательной силовой обмотки. Это уменьшает количество компонентов, необходимых для организации обратной связи.

Силовые полупроводниковые компоненты транзистора Q1 и выпрямительный диод D3 стабилизатора выбираются исходя из того, что режим работы не выходит за пределы их безопасной зоны, указанной в технических характеристиках компонентов. Кроме того, силовые полупроводники выбираются из соображений цены и оптимизации потерь мощности. Как правило, полупроводниковые компоненты, выбранные из соображений оптимизации потерь в существующих условиях эксплуатации в изделии, имеют достаточную область безопасной эксплуатации, то есть значения их допустимых токов и напряжений достаточно выше необходимого минимума. Потери мощности в силовых полупроводниках импульсного преобразователя складываются из проводящих потерь (омических потерь в полевых транзисторах или при прямом переходе в диодах) и динамических потерь, то есть коммутационных потерь. Как правило, минимальные потери достигаются, когда выбирается полупроводник, у которого кондукторные и динамические потери равны (сбалансированы).

Анализ стабилизатора. Как видно на схеме на первичной стороне, для стабилизации тока использовалась микросхема FL7733A. Пассивный линейный стабилизатор на вторичной стороне перед выходом.

Рассмотрим работу преобразователя более подробно [13-17].

Схема на рис. 3. наглядно показывает временные шаги преобразователя.

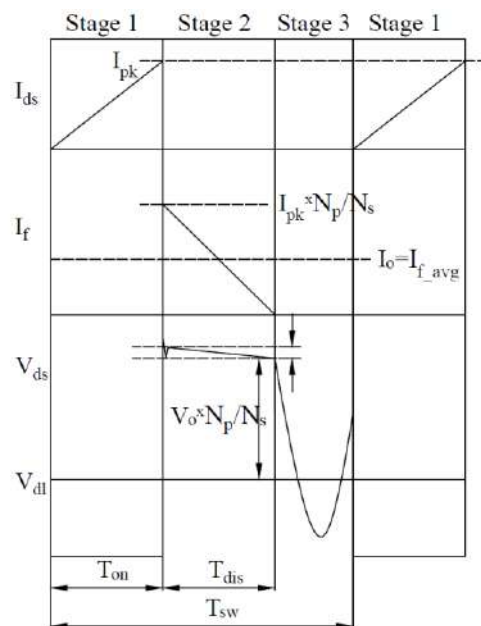


Рисунок 3. Фазовая диаграмма передатчика (Flyback)

На этапе 1: во время включения (T_{on}) полевого МОП-транзистора Q1 входное напряжение V_{dl} (на входном конденсаторе C_{dl}) прикладывается к первичной обмотке трансформатора T1. Ток I_{ds} транзистора Q1 линейно увеличивается со временем:

$$I_{ds}(t) = \frac{V_{dl}}{L1} \cdot t, \quad (1)$$

до максимального значения I_{pk} :

$$I_{pk} = \frac{V_{dl}}{L1} \cdot T_{on}, \quad (2)$$

где $L1$ - индуктивность смещения первичной обмотки трансформатора. За это время в трансформаторе T1 накапливается энергия от сети. Пусть P_o будет выходной мощностью преобразователя, тогда средний входной ток преобразователя за период переключения $I_{in} = P_o / V_{dl}$. Из баланса заряда нетрудно рассчитать, что средний входной ток и пиковый ток связаны соотношением: $T_{on} \cdot I_{pk} / 2 = T_{sw} \cdot I_{in}$, где T_{sw} - период переключения основного ключа Q1. Из (2) несложно найти зависимость, определяющую необходимое время включения главного ключа, от нагрузки и параметров схемы:

$$T_{on} = \frac{\sqrt{2P_o \cdot L1 \cdot T_{sw}}}{V_{dl}} \quad (3)$$

На этапе 2: в течение времени T_{dis} транзистор Q1 выключен, энергия, накопленная в трансформаторе T1, высвобождается через диод Df на вторичной стороне T1, заряжая выходной конденсатор C_o . Пока диод Df проводит, сумма выходное напряжение V_o и прямое напряжение V_f на диоде прикладываются ко вторичной обмотке трансформатора. Вторичный ток I_f линейно уменьшается со временем от максимального значения $I_{pk} \cdot N_p / N_s$ до нуля в конце стадии:

$$I_f(t) = I_{pk} \frac{N_p}{N_s} - \frac{V_o}{L2} \cdot t \quad (4)$$

где N_p и N_s соответственно количество обмоток на первичной и вторичной сторонах, а $L2$:

$$L2 = \left(\frac{N_s}{N_p} \right)^2 \cdot L1 \quad (5)$$

- индуктивность смещения вторичной обмотки. Из (4) нетрудно найти, что время разряда определяется по формуле:

$$T_{dis} = \frac{N_s}{N_p} \cdot \frac{\sqrt{2P_0 \cdot L1 \cdot T_{sw}}}{V_0} \quad (6)$$

В этом случае условие разрывных токов должно выполняться, когда время разряда меньше времени замкнутого состояния переключателя Q1: $T_{dis} < T_{off} = T_{sw} - T_{on}$, или другим способом: $T_{on} + T_{dis} < T_{sw}$.

На этапе 3: когда ток вторичной обмотки I_f достигает нуля, в результате процесса блокировки диода D_f возрастает обратное напряжение диода, напряжение на вторичной стороне трансформатора $T1$ и напряжение V_a на вспомогательной уменьшение обмотки. Напряжения на обмотках трансформатора начинают колебаться из-за резонанса между индуктивностью намагничивания трансформатора $T1$ и эффективной выходной емкостью транзистора Q1.

Для выбора оптимальных компонентов схемы полезно найти текущие значения токов на первичной и вторичной стороне. Текущие значения токов будем рассчитывать по известной формуле:

$$I_{rms} = \sqrt{\frac{1}{T_{sw}} \cdot \int_0^{T_{sw}} I(t)^2 dt} \quad (7)$$

После несложных расчетов получаем для действующего значения первичной стороны:

$$I_{rms1} = \sqrt{\frac{1}{T_{sw}} \cdot \int_0^{T_{on}} \left(\frac{I_{pk}}{T_{on}} \cdot t \right)^2 dt} = I_{pk} \sqrt{\frac{T_{on}}{3 \cdot T_{sw}}} = I_{in} \sqrt{\frac{4 \cdot T_{sw}}{3 \cdot T_{on}}} \quad (8)$$

Для эффективного значения вторичной стороны:

$$\begin{aligned} I_{rms2} &= \sqrt{\frac{1}{T_{sw}} \cdot \int_0^{T_{dis}} \left(\frac{N_p}{N_s} \cdot \frac{I_{pk}}{T_{dis}} \cdot t \right)^2 dt} = \frac{N_p}{N_s} \cdot I_{pk} \sqrt{\frac{T_{dis}}{3 \cdot T_{sw}}} = \\ &= \sqrt{\frac{N_p \cdot V_{dl}}{N_s \cdot V_0}} \cdot I_{in} \sqrt{\frac{4 \cdot T_{sw}}{3 \cdot T_{on}}} \end{aligned} \quad (8)$$

Зная текущие значения токов в электрических цепях, можно рассчитать потери проводимости (омические потери и потери при прямом переходе в диодах) электронных элементов - магнитных (катушечных) компонентов и полупроводников. Чтобы получить представление о суммарных потерях электронных элементов (компонентов) схемы, необходимо рассчитать их динамические потери, то есть потери на переключение или перемагничивание в случае магнитных компонентов. Выбор лучшего электронного компонента будет сводиться к выбору компонента с минимальными общими потерями мощности [18,19].

Экспериментальный образец. FL7733A - это контроллер активной коррекции коэффициента мощности (PFC), используемый в одноступенчатой топологии обратной связи или топологии с низким коэффициентом усиления (рис. 4) [20].

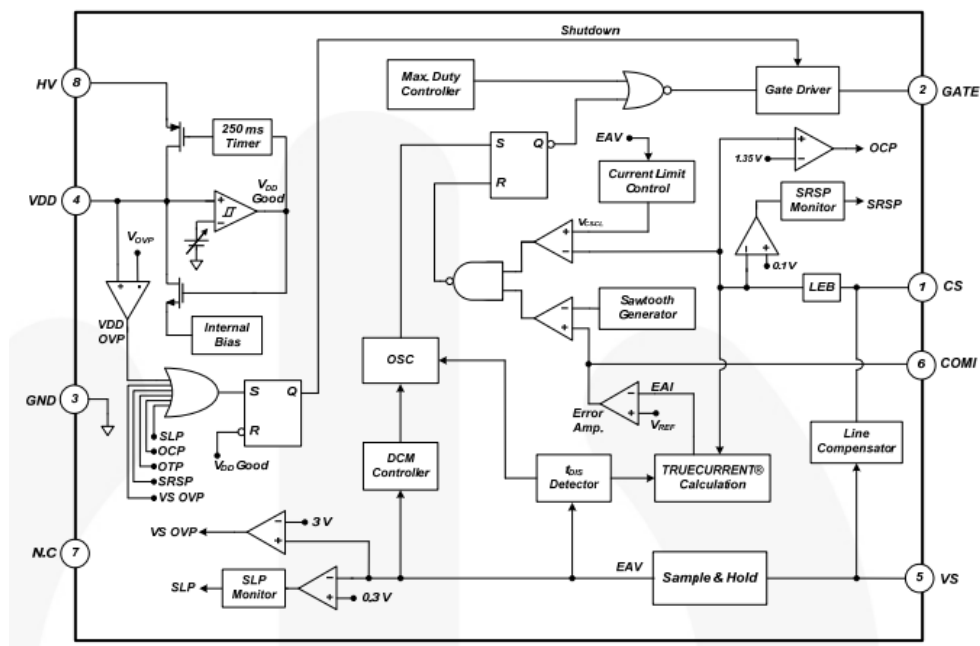


Рисунок 4. Блок-схема FL7733A

Управление первичной стороной и одноступенчатая топология сокращают количество внешних компонентов, таких как входные конденсаторы и цепи обратной связи, сводя к минимуму затраты. Чтобы улучшить коэффициент мощности и общий коэффициент гармонических искажений (THD), используется непрерывный контроль времени с внутренним усилителем ошибок и компенсатором низкой полосы пропускания. Точный постоянный контроль регулирует точный выходной ток, независимо от входного и выходного напряжения. Рабочая частота пропорционально изменяется в зависимости от выходного напряжения для обеспечения работы в режиме прерывистого тока (DCM), что обеспечивает высокую эффективность и простую конструкцию. FL7733A обеспечивает защиту от максимального напряжения светодиодов при обрыве, тока короткого замыкания светодиодов и перегрева.

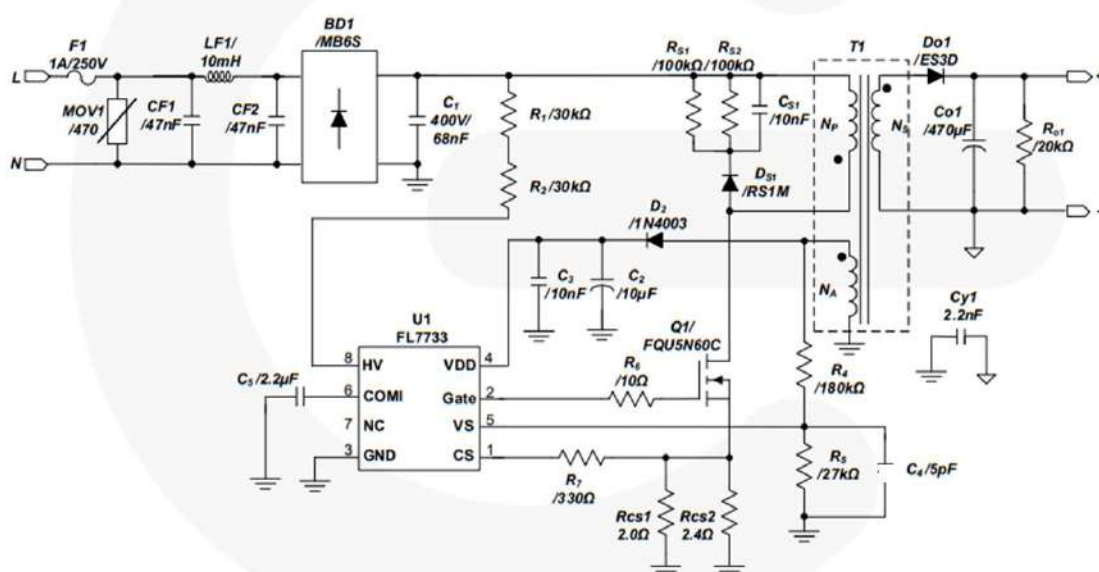


Рисунок 5. Типовая схема на FL7733A

На рисунке 5 показана типичная электрическая схема FL7733A. Принципиальным отличием предлагаемой нами реализации от типовых схем является использование пассивного стабилизатора на вторичной стороне и некоторые схемные изменения на первичной стороне. Внесенные нами улучшения отражаются в сравнении двух схем во время функциональных тестов.

Согласно схеме драйвера светодиода были разработаны шаблоны для верхней и нижней сторон печатной платы (рис.6).

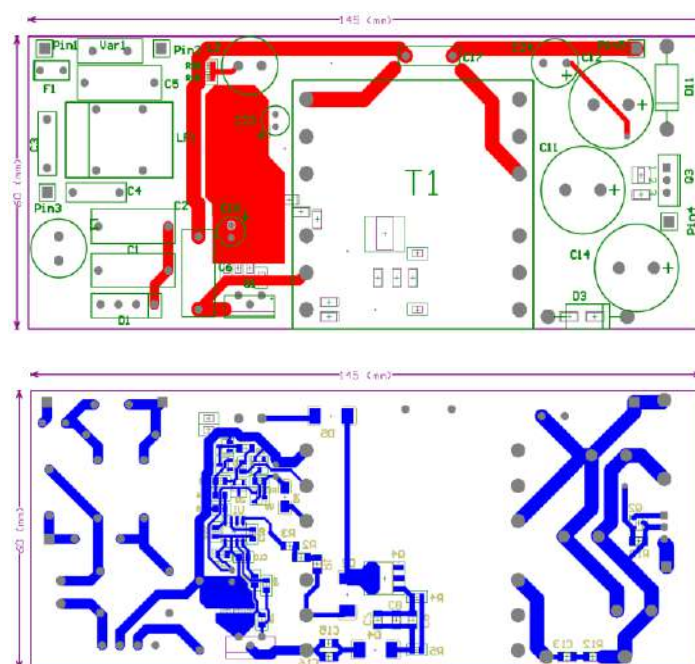


Рисунок 6. Верхний и нижний планы печатной платы светодиода

Собран и отлажен лабораторный образец блока питания (драйвера) светодиода, рис.7.

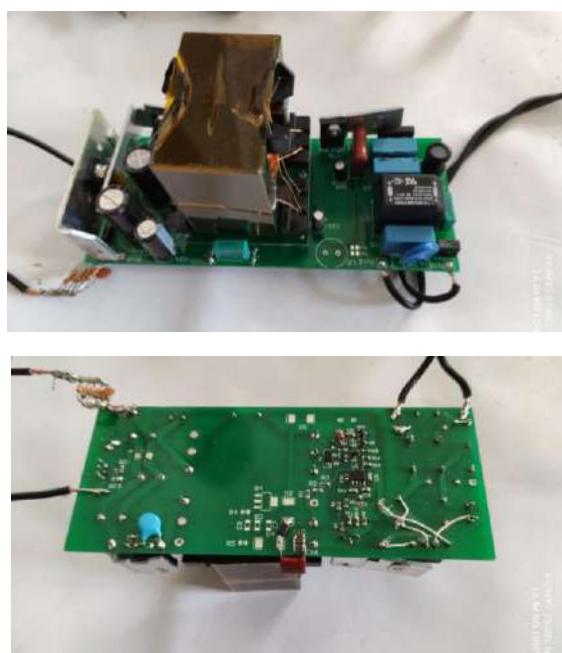
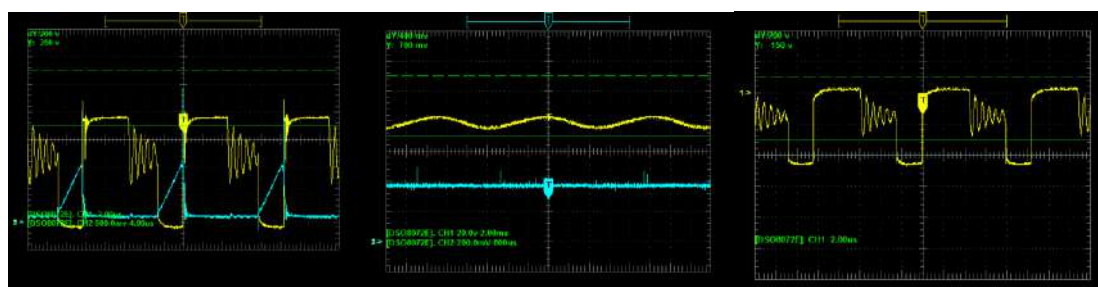


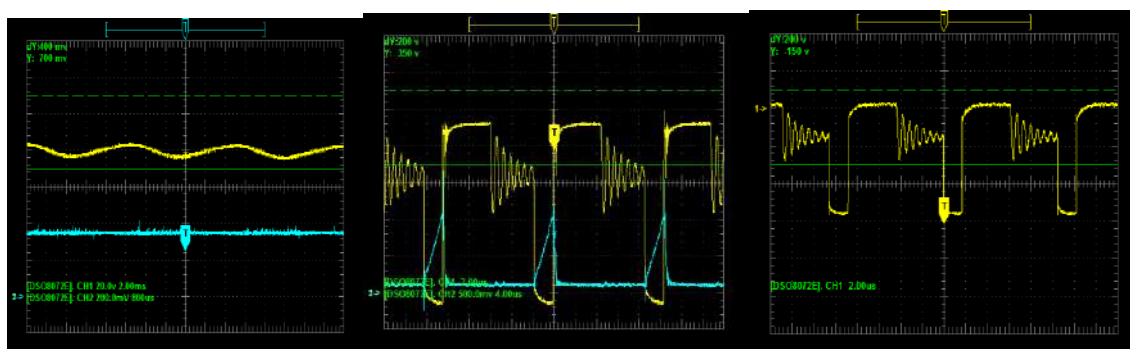
Рисунок 7. Внешний вид лабораторного образца драйвера светодиода, вид сверху и снизу.

I. Тестирование. Проведены функциональные испытания экспериментального лабораторного образца инновационного светодиодного драйвера мощностью 60 Вт. Эксперимент проводился при различных входных напряжениях, в частности 160 и 220 В.

Как видно из графиков (рис. 8), в обоих случаях при 160 и 220 В картина на выходах идентична. К моменту начала цикла сердечник трансформатора полностью размагничен, и в нем нет тока. В момент поступления управляющего сигнала от ШИМ-контроллера силовой выключатель Q1 размыкается и ток в трансформаторе начинает увеличиваться. Происходит скачок тока, связанный с зарядом паразитной емкости трансформатора. К этому времени выходной диод также полностью закрыт.



а) Ключевое напряжение и ток на первичной стороне при $V_{in} = 160$ В б) выходное напряжение диода на вторичной стороне при $V_{in} = 160$ В в) выходное напряжение и ток при $V_{in} = 160$ В



а) Ключевое напряжение и ток на первичной стороне при $V_{in} = 220$ В б) выходное напряжение диода на вторичной стороне при $V_{in} = 220$ В в) выходное напряжение и ток при $V_{in} = 220$ В

Рисунок 8. Графики напряжений и тока драйвера светодиода

Далее силовой транзистор отключается, ток в нем резко падает с I_{pk} до нуля, а напряжение начинает быстро расти и достигает V_{MAX} .

К следующему моменту ток во вторичной обмотке трансформатора полностью прекратился, а выходной диод замкнулся. Таким образом, трансформатор «подвешен в воздухе», и на его первичной обмотке возникают относительно низкочастотные колебания, вызванные колебательным контуром из-за индуктивности намагничивания трансформатора и некоторой эквивалентной емкости, образованной межвитковой / межобмоточной емкостью. и выходная мощность переключателя питания.

Затем открывается клавиша включения и процесс повторяется.

На графиках (рис. 8) все описанные этапы работы драйвера происходят в штатном режиме, максимальное напряжение, возникающее при отключении тока ключом Q1, лежит в пределах, допускаемых компонентами схемы, т.е. превышение допустимого предельного напряжения на ключе и диодах. При входном напряжении 160 В максимальное напряжение V_{MAX} достигало 400 В, а при 220 В - 600 В. Компоненты, которые используются в схеме, могут работать при напряжении 800 В, что позволяет не бояться выхода из строя при

падении входного напряжения. На вторичной стороне аналогично падения напряжения лежат в пределах допустимой нормы выходного диода.

Важно отметить, что выходной ток, измеренный при различных напряжениях, совершенно ровный (рис. 8). Это достигается за счет использования пассивного стабилизатора на выходе схемы. По сравнению с тестами штатной схемы для микросхемы FL7733A (рис.9) наша схема выгодно отличается от постоянного тока на выходе, когда, как и в штатной схеме, наблюдаются колебания тока небольшой амплитуды с частотой входное напряжение, негативно влияющее на мерцание поставляемых диодов.

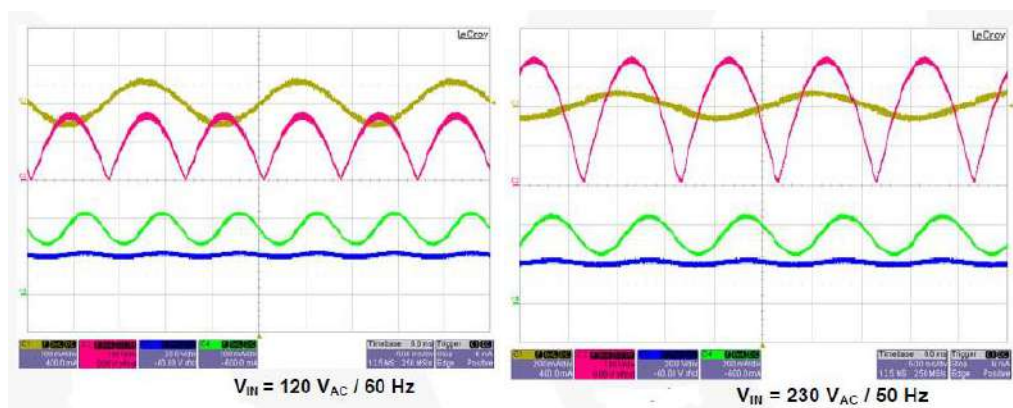


Рисунок 9. Входное и выходное напряжение и ток в стандартной схеме с FL7733A

II. Тепловые испытания. Проведены тепловые испытания экспериментального лабораторного образца инновационного драйвера светодиода.

Во время тестирования инновационный драйвер был подключен к внешней сети и на выходе к диодам, чтобы потребляемая светодиодами мощность не превышала 60 Вт.

На рисунке 10 показаны карты температурных условий сверху и снизу. Измерение производилось на специальном тепловизоре через 1 час работы драйвера, чего достаточно для стабилизации температуры в системе. Обычно температура контура стабилизируется в течение 30-40 минут.

Как видно из измерений, основными источниками тепла в цепи являются ключ Q1 на первичной стороне, выходной транзистор пассивного стабилизатора Q3 и выходной диод D3 на вторичной стороне. Нагрев этих элементов не превышал 80 градусов, что находится в допустимых пределах работы этих компонентов.

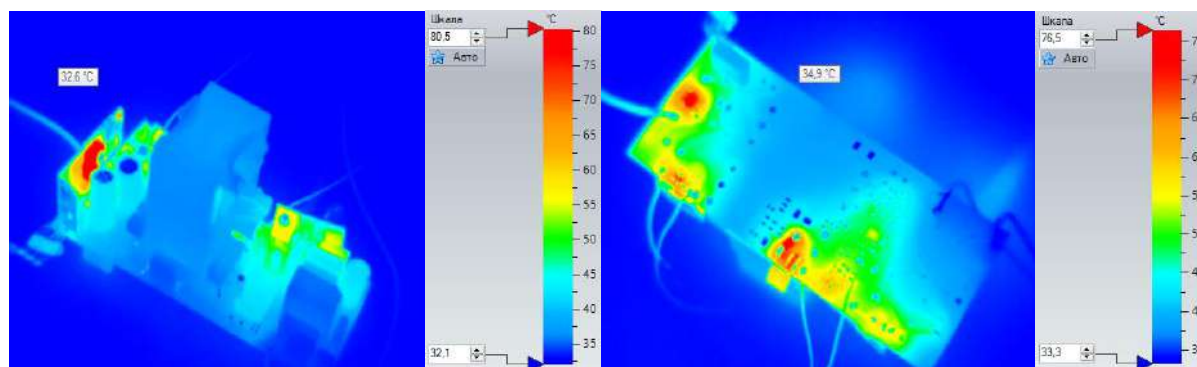


Рисунок 10. Температурная карта

Поскольку это экспериментальный образец, из-за отсутствия кожуха и других теплоотводящих элементов элементы схемы нагреваются немного выше среднего. После

доработки схемы уменьшатся ее габариты, в частности трансформатор уменьшится. Также будут добавлены диффузоры тепла - радиаторы и корпус, точнее на металлический корпус планируется прикрепить ТЭНы, транзисторы, ключи и диоды. Это значительно снизит нагрев этих элементов и повысит надежность и долговечность схемы.

Вывод. Разработана упрощенная схема управления - за счет использования управления на первичной стороне и пассивного линейного стабилизатора.

В предлагаемой схеме используется микросхема FL7733A. Стандартная схема использования этой микросхемы существенно уступает предложенной нами. Это подтверждают функциональные тесты. Они показывают, что на выходе штатной схемы есть колебания тока на частоте входного напряжения. Они сильно влияют на мерцание светодиодов и пагубно сказываются на их жизни. В разработанной нами схеме этот недостаток устранен за счет использования пассивного регулятора тока на вторичной стороне.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Масштаб светодиодного промышленного освещения достигнет 2,9 млрд долларов США в 2016 году // [www.ledinside.com / node / 24822](http://www.ledinside.com/node/24822). 2 марта 2016 г.
- [2] Глобальное светодиодное и интеллектуальное уличное освещение (2016-2026) / www.prnewswire.com, 24 января 2017 г.
- [3] Глобальное светодиодное и интеллектуальное уличное освещение (2015-2025) / www.northeast-group.com, Reportlinker / Vol 2, апрель 2015.
- [4] Решения для современных тенденций в области светодиодного освещения с низким энергопотреблением /Бэйн Джонсон, Джеймс Ли//www.fairchildsemi.com. Март 2012 г.
- [5] Ван Ха Нгуен, Сангук Нам, Килсу Сео, Йонгсу Парк и Ханджунг Сонг, «Низкая стоимость, высокий коэффициент мощности, диммируемый, монолитный светодиодный драйвер прямого переменного тока со встроенным ступенчатым диммером для наружного применения», Международный журнал инженерии Технологии. Том 8, №6, декабрь 2016 г., - стр. 414-417. DOI:10.7763/IJET.2016.V8.924.
- [6] Х. Ма, В. Ю, К. Фен, Дж. Лай и Ч. Чжэн, «Новый предварительный регулятор PFC на основе SEPIC без электролитического конденсатора для применения в светодиодном освещении с ШИМ-регулировкой яркости на основе схемы заполнения впадин», *Конгресс и выставка IEEE Energy Conversion 2011*, Феникс, Аризона, сентябрь 2011 г., стр. 2310-2317. DOI: 10.1109 / ECCE.2011.6064075.
- [7]Х. Ма, В. Ю, Ч. Чжэн, Дж. Лай, К. Фэн и Б. Чен, «Предрегулятор PFC с универсальным входом и высоким коэффициентом мощности без электролитического конденсатора для применения в светодиодном освещении с ШИМ-регулировкой яркости», 2011 г. Конгресс и выставка IEEE Energy Conversion, Феникс, Аризона, сентябрь 2011 г., стр. 2288-2295.DOI: 10.1109 / ECCE.2011.6064072.
- [8] Ю. Ху, Л. Хубер и М. М. Йованович, «Одноступенчатый светодиодный драйвер переменного / постоянного тока с универсальным входом и регулируемым током повышающего индуктора PFC», в *IEEE Transactions on Power Electronics*, vol. 27, нет. 3, стр. 1579-1588, март 2012 г.,DOI:10.1109 / TPEL.2010.2082564.
- [9]М. Бркович и С. Цук, «Формирователь входного тока с использованием преобразователя Cuk», [Труды] Четырнадцатая Международная конференция по электросвязи и энергетике - INTELEC '92, Вашингтон, округ Колумбия, США, август 1992 г., стр. 532-539,DOI:10.1109 / INTLEC.1992.268391.
- [10] DSL Симонетти, Дж. Себастьян и Дж. Учед, «Пререгуляторы коэффициента мощности Sepic и Cuk с прерывистой проводимостью: анализ и проектирование», в *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, vol. 44, нет. 5, стр. 630-637, октябрь 1997 г., DOI: 10.1109 / 41.633459.
- [11]KI Hwu, YT Yau и L. Lee, "Powering LED using-High-Efficiency SR Flyback Converter", in *IEEE Transactions on Industry Applications*, vol. 47, нет. 1, стр. 376-386, январь-февраль. 2011 г., DOI: 10.1109 / TIA.2010.2091234.
- [12] Х.-С. Чой, "AN4151. Разработка полумостового резонансного преобразователя LLC с использованием переключателя мощности Fairchild (FPS)," Fairchild Semiconductor, 2007.
- [13] Карбоне, Росарио. «Метод пассивной коррекции коэффициента мощности для однофазных тиристорных управляемых выпрямителей». Международный журнал схем, систем и обработки сигналов, том 3, выпуск 2, март 2008 г., стр. 169-179.

- [14] Сум, К.К. «Усовершенствованный пассивный формирователь тока с заполнением впадин», Тр. Power Syst. Мир, октябрь 1997 г., стр. 1-8.
- [15] Йе Т. Анализ преобразователей коррекции коэффициента мощности. Тезис. Рочестерский технологический институт, стр. 235, 1992.
- [16] Азази, Х.З., Э. Эль-Холи, С.А. Махмуд и С.С. Шокралла. «Обзор пассивных и активных схем для коррекции коэффициента мощности в однофазных преобразователях переменного тока в постоянный с малой мощностью», Труды 14-й Международной конференции по энергетическим системам Ближнего Востока (MEPCON'10), Каирский университет, Египет, декабрь 2010 г., стр. 217-224, документ ID 154.
- [17] Одноступенчатый обратный ход с высоким коэффициентом мощности для светодиодного освещения / Stockton Wu / Application Note AN012, май 2014 г.
- [18] Вэнь-Тянь ЦАЙ, округ Пиндун (TW); Чинг-Пан Ли, округ Цзиньмэнь (TW); По-Йен CHEN, Тайбэй (TW); Ching-Tsai PAN, Hsinchu City (TW) «Схема пассивной коррекции коэффициента мощности, электронное устройство, использующее то же самое, и методы работы» Патент США 2014/0056046, 27 февраля 2014 г.
- [19] Максат Тузельбаев «Схема коррекции коэффициента мощности Valley-Fill с активным контролем угла проводимости» Патент США 2015/0194883, 9 июля 2015 г.
- [20] Руководство пользователя FEBFL7733A-L5U008A / Fairchild Semiconductor Corporation, 2014.

REFERENCES

- [1] Massstab svetodiodnogo promyshlennogo osveshcheniya dostignet 2,9 mlrd dollarov SShA v 2016 godu // [www.ledinside.com / node / 24822](http://www.ledinside.com/node/24822). 2 marta 2016 g.
- [2] Global'noe svetodiodnoe i intellektual'noe ulichnoe osveshchenie (2016-2026) / www.prnewswire.com, 24 yanvarya 2017 g.
- [3] Global'noe svetodiodnoe i intellektual'noe ulichnoe osveshchenie (2015-2025) / www.northeast-group.com, Reportlinker / Vol 2, aprel' 2015.
- [4] Resheniya dlya sovremennykh tendentsii v oblasti svetodiodnogo osveshcheniya s nizkim energopotrebleniem / Bein Dzhonson, Dzheims Li//www.fairchildsemi.com. Mart 2012 g.
- [5] Van Kha Nguen, Sanguk Nam, Kilsu Seo, Iongsu Park i Khandzhung Song, «Nizkaya stoimost', vysokii koeffitsient moshchnosti, dimmiruemyi, monolitnyi svetodiodnyi draiver pryamogo peremennogo toka so vstroennym stupenchatym dimmerom dlya naruzhnogo primeneniya», Mezhdunarodnyi zhurnal inzhenerii Tekhnologii. Tom 8, No6, dekabr' 2016 g., - str. 414-417. DOI:10.7763/IJET. 2016.V8.924.
- [6] Kh. Ma, V. Yu, K. Fen, Dzh. Lai i Ch. Chzhen, «Novyi predvaritel'nyi regul'yator PFC na osnove SEPIC bez elektroliticheskogo kondensatora dlya primeneniya v svetodiodnom osveshchenii s ShIM-regulirovkoi yarkosti na osnove skhemy zapolneniya vpadin», Kongress i vystavka IEEE Energy Conversion 2011, Feniks, Arizona, sentyabr' 2011 g., str. 2310-2317. DOI: 10.1109 / ECCE.2011.6064075.
- [7] Kh. Ma, V. Yu, Ch. Chzhen, Dzh. Lai, K. Fen i B. Chen, «Predregulyator PFC s universal'nym vkhodom i vysokim koeffitsientom moshchnosti bez elektroliticheskogo kondensatora dlya primeneniya v svetodiodnom osveshchenii s ShIM-regulirovkoi yarkosti», 2011 g. Kongress i vystavka IEEE Energy Conversion, Feniks, Arizona, sentyabr' 2011 g., str. 2288-2295. DOI: 10.1109 / ECCE.2011.6064072.
- [8] Yu. Khu, L. Khuber i M. M. Iovanovich, «Odnostupenchatyi svetodiodnyi draiver peremennogo / postoyannogo toka s universal'nym vkhodom i reguliruемым tokom povyshayushchego induktora PFC», v IEEE Transactions on Power Electronics, vol. 27, net. 3, str. 1579-1588, mart 2012 g., DOI:10.1109 / TPEL.2010.2082564.
- [9] M. Brkovich i S. Tsuk, «Formirovatel' vkhodnogo toka s ispol'zovaniem preobrazovatelya Cuk», [Trudy] Chetyrnadsataya Mezhdunarodnaya konferentsiya po elektrosvyazi i energetike - INTELEC '92, Vashington, okrug Kolumbiya, SShA, avgust 1992 g., str. 532-539, DOI:10.1109 / INTELEC.1992.268391.
- [10] DSL Simonetti, Dzh. Sebast'yan i Dzh. Ucheda, «Preregulyatory koeffitsienta moshchnosti Sepic i Cuk s preryvistoi provodimost'yu: analiz i proektirovanie», v IEEE Transactions on Industrial Electronics, vol. 44, net. 5, str. 630-637, oktyabr' 1997 g., DOI: 10.1109 / 41.633459.
- [11] KI Hwu, YT Yau и L. Lee, "Powering LED using-High-Efficiency SR Flyback Converter", in IEEE Transactions on Industry Applications, vol. 47, net. 1, стр. 376-386, январь-февраль. 2011 г., DOI: 10.1109 / TIA.2010.2091234.
- [12] Kh.-S. Choi, "AN4151. Razrabotka polumostovogo rezonansnogo preobrazovatelya LLC s ispol'zovaniem pereklyuchatelya moshchnosti Fairchild (FPS)," Fairchild Semiconductor, 2007.

[13] Karbone, Rosario. «Metod passivnoi korrektsii koefitsienta moshchnosti dlya odnofaznykh tiristornykh upravlyayemykh vypryamitelei». Mezhdunarodnyi zhurnal skhem, sistem i obrabotki signalov, tom 3, vypusk 2, mart 2008 g., str. 169-179.

[14] Sum, K.K. «Usovershenstvovannyi passivnyi formirovatel' toka s zapolneniem vpadin», Tr. Power Syst. Mir, oktyabr' 1997 g., str. 1-8.

[15] Ie T. Analiz preobrazovatelei korrektsii koefitsienta moshchnosti. Tezis. Rochesterskii tekhnologicheskii institut, str. 235, 1992.

[16] Azazi, Kh.Z., E. El'-Kholi, S.A. Makhmud i S.S. Shokralla. «Obzor passivnykh i aktivnykh skhem dlya korrektsii koefitsienta moshchnosti v odnofaznykh preobrazovatelyakh peremennogo toka v postoyannyi s maloi moshchnost'yu», Trudy 14-i Mezhdunarodnoi konferentsii po energeticheskim sistemam Blizhnego Vostoka (MEPCON'10), Kairskii universitet, Egipet, dekabr' 2010 g., str. 217-224, dokument ID 154.

[17] Odnostupenchatyi obratnyi khod s vysokim koefitsientom moshchnosti dlya svetodiodnogo osveshcheniya / Stockton Wu / Application Note AN012, mai 2014 g.

[18] Ven'-Tyan' TsAI, okrug Pindun (TW); Ching-Ran Li, okrug Tszin'men' (TW); Po-Yen CHEN, Taibei (TW); Ching-Tsai PAN, Hsinchu City (TW) «Skhema passivnoi korrektsii koefitsienta moshchnosti, elektronnoe ustroistvo, ispol'zuyushchee to zhe samoe, i metody raboty» Patent SShA 2014/0056046, 27 fevralya 2014 g.

[19] Maksat Tuzel'baev «Skhema korrektsii koefitsienta moshchnosti Valley-Fill s aktivnym kontrolem ugla provodimosti» Patent SShA 2015/0194883, 9 iyulya 2015 g.

[20] Rukovodstvo pol'zovatelya FEBFL7733A-L5U008A / Fairchild Semiconductor Corporation, 2014.

М.Е. Калекеева*, Ю.Г. Литвинов

Азаматтық авиация академиясы, Алматы, Қазақстан

*e-mail: kalekeeva.m@mail.ru

ЭКСПЕРИМЕНТАЛДЫ СЫНАУ ЖАҢА ЖОҒАРЫ СЕРІКТІЛІГІ СИД-ДРАЙВЕР

Андатпа. Бұл мақалада жаңа жоғары тиімді жарықдиодты драйвер бар. Жарықдиодты драйвердің дамыған нұсқасы белсенді AC-DC түрлендіргішіне негізделген. Ұсынылған тізбектің ерекшелігі-FL7733A микроконтроллеріне негізделген бастапқы жағында ток/ кернеу тұрақтандырғышын және екінші жағында пассивті тұрақтандырғышты қолдану. Ағымдағы мәннің ағымдағы мәндерін есептеу әдістемесі ұсынылған. Ұсынылған схемаға сәйкес жарықдиодты драйвердің эксперименттік үлгісі құрастырылған және жинақталған. Функционалды сынақтар жүргізілді, бұл жарықдиодты драйвердің стандартты схемасынан жоғары сапалы артықшылықты көрсетеді. Температуралық сынақтар жүргізілді, олар бойынша драйвер элементтері шамадан тыс температуралық жүктемелерге ұшырамайды және қалыпты температуралық шектерде жұмыс істейді.

Негізгі сөздер: жарық диоды, драйвер, кері соккы, түрлендіргіш, тұрақтандырғыш.

M.E. Kalekeyeva*, Y.G. Litvinov

Civil Aviation Academy, Almaty, Kazakhstan

*e-mail: kalekeeva.m@mail.ru

EXPERIMENTAL TESTING NEW HIGH PERFORMANCE LED DRIVER

Abstract. This article introduces a new high-performance LED driver. The developed version of the LED driver is based on an active AC-DC converter with a reverse-pass topology. A special feature of the proposed scheme is the use of a current/ voltage stabilizer on the primary side based on the FL7733A microcontroller and a passive stabilizer on the secondary side. The method of calculating the current values of the current value is presented. According to the proposed scheme, an experimental sample of the LED driver was designed and assembled. Functional tests were carried out, which show a qualitative advantage over the standard LED driver circuit. Temperature tests were carried out, and it is clear that the driver elements do not experience excessive temperature loads and operate within normal temperature limits.

Keywords: LED, driver, reverse gear, converter, stabilizer.

МАЗМҰНЫ

Жер туралы ғылымдар

Джамалова Г.А., Тусупова Б.Х., Курбанова Л.С., Нақыпбек М.Ф. МҰНАЙМЕН ЛАСТАНҒАН ТОПЫРАҚТЫҢ МИКРОБИОЛОГИЯЛЫҚ ЖАҒДАЙЫН ЭКОЛОГИЯЛЫҚ БАҒАЛАУ	3
Байкадамова А.М., Jay Sagin ЖАРКЕНТ ТЕРМАЛДЫ ЖЕР АСТЫ СУЛАРЫНЫҢ КЕН ОРНЫНДА ҰҢҒЫМАЛАРДЫ ЗЕРТТЕУ (3-Т ҰҢҒЫМАСЫ).....	12
Бармакова Д.Б., Шакибаев И.И., Завалей В.А. ҚАРАТАЛ АЛҚАБЫНЫҢ СУАРМАЛЫ ЖЕРЛЕРІНІҢ МЕЛИОРАТИВТІК ЖАЙ-КҮЙІН ЖАҚСARTУ ҮШІН ГИДРОГЕОЛОГИЯЛЫҚ-МЕЛИОРАТИВТІК ПРОЦЕСТЕРДІ ЗЕРТТЕУ	19
Курбаниязов С.К. АРАЛ Өңірінің мұнай-газ перспективалық құрылымдарын олардың қорларын болжай отырып зерделеу	25
С Мужеган Хоссаини, Асифа Афзали ЖЕМІР Өндірудің қазіргі күйі.....	34

Физика-математика ғылымдары

Мералиев М., Орынбекова К., Таласбек А., Карибоз Д., Исабек А. ҚАЗАҚ СӨЗДЕРІНІҢ ТАНЫМАЛДЫҒЫН АНЫҚТАУ ҮШІН АРАСНЕ SPARK ПАЙДАЛАНУ АРҚЫЛЫ МӘЛІМЕТ СЕГМЕНТТЕРІН ЖӘНЕ ЯДРОЛАРДЫҢ САНЫН ОПТИМИЗАЦИЯЛАУ	39
Қартбаев Т.С., Лахно В.А., Тұрғынбаева А.А., Айтұғанова Ж.Т., Талпақова Б.Ә. ҚҰРАСТЫРУ БАҒДАРЛАМАЛАУ ПАРАДИГМАСЫН ҚОЛДАНА ОТЫРЫП, ШҚҚЖ ҮШІН ТАҢДАУ ЖӘНЕ ЖОБАЛАУ ОРТАСЫ.....	43
Нестеренков П.А. АВТОНОМДЫҚ ЭНЕРГЕТИКАЛЫҚ КЕШЕН А - ФОТО МОДУЛЬДЕРІМЕН.....	50
Болатбекова Д.К., Тулешев Е.А. МЕДИЦИНАЛЫҚ МАҚСАТТАРҒА АРНАЛҒАН ЖЫЛЖЫМАЛЫ ҚҰРЫЛҒЫНЫҢ МАТЕМАТИКАЛЫҚ МОДЕЛІН ЗЕРТТЕУ ЖӘНЕ ҚҰРУ.....	60
Рысмендеева Г.С. АКТИВТІ БАСҚАРУ ПРОЦЕССИНДЕ ШЕШІМ ҚАБЫЛДАУ ҮШІН АҚПАРАТТЫҚ ЖҮЙЕГЕ МАТЕМАТИКАЛЫҚ ӨЛГІЛЕРДІ ДАМУ	65
Хидолда Е., Асылхан А.А., Жонкешова К.С., Әбдіқалық Н. КҮН ЭЛЕКТР СТАНЦИЯСЫНЫҢ ЖҰМЫС ІСТЕУ ТИІМДІЛІГІН БАҒАЛАУ	76
Мауина Г.М., Черткова Е.А., Айтимова У.Ж., Исмаилова А.А., Маханов М. «СОЛТҮСТІК ҚАЗАҚСТАН АШТС» ЖШС-ДЕ ШЕШІМДЕР ҚАБЫЛДАУДЫ ҚОЛДАУДЫҢ АҚПАРАТТЫҚ-ТАЛДАУ ЖҮЙЕСІН ҚҰРУ ҮШІН ШЕШІМДЕР ҚАБЫЛДАУДЫҢ ТҰЖЫРЫМДАМАЛАРЫ, СТРАТЕГИЯЛАРЫ ЖӘНЕ МОДЕЛЬДЕРІ.....	85
Ускенбаева Р.К., Куандықов А.А., Нуралықызы С., Толегенов А.М. БИЗНЕС ТАЛДАУЫНЫҢ ҚҰРАЛЫ РЕТІНДЕ ОЛАР ТЕХНОЛОГИЯСЫН ҚОЛДАНУ	93
Нұрболат Ш.Т., Жұмаханов Ж., Калкозова Ж.К., Мирзайан М., Абдуллин Х.А. ZNO-COO НАНОҰНАҚТАРЫНЫҢ ҚҰРЫЛЫМДЫҚ ЖӘНЕ ОПТИКАЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІ.....	99
Акашева Ж.К., Болысбек Д.Ә., Асилбеков Б.К., Ергеш А.К., Жансейит А.Е. КЕУЕК-ЖЕЛІЛІК МОДЕЛЬДЕУ ЖӘНЕ ТАУ ЖЫНЫСЫ МЕН ЕКІ-ФАЗАЛЫ СҰЙЫҚ АҒЫСЫНЫҢ ҚАСИЕТТЕРІН АНЫҚТАУ	106

Химия-металлургия ғылымдары

Нурғали Н.З., Келаманов Б.С., Тажиев Е.Б., Сариев О.Р., Әбдірашит А.М., Бурумбаев А.Г., Заякин О.В. Fe-Ti, Ti-Si, Ti-Al МЕТАЛДЫҚ ЖҮЙЕЛЕРІН МОДЕЛЬДЕУ	115
Абуова Р.Ж., Тен Э.Б. МАШИНА ЖАСАУДА ҚОЛДАНЫЛАТЫН ХРОМ-НИКЕЛЬ-ВАНАДИЙ БОЛАТТАРЫНДАҒЫ TiN-CU КЕРАМИКАЛЫҚ-МЕТАЛЛ ЖАБЫНДАРДЫҢ МЕХАНИКАЛЫҚ ЖӘНЕ ТРИБОЛОГИЯЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІН ЗЕРТТЕУ	122

<i>Айтенов Е.К., Тулепов М.И., Нагыман Н.Ж.</i> СЫМСЫЗ СЕНСОРЛЫҚ ЖЕЛІНІ ҚОЛДАНА ОТЫРЫП, ЖАРЫЛҒЫШ ЗАТТАРДЫҢ ҚАЗІРГІ ЖАҒДАЙЫНА, ЖАРЫЛҒЫШ ЗАТТАРДЫ АНЫҚТАУ ЖӘНЕ АВТОМАТТЫ ТҮРДЕ АНЫҚТАУ ӘДІСТЕРІНЕ ӘДЕБИ ШОЛУ	128
<i>Тельман Ә.Т., Исмаилова А.Г., Адилхан Н.А.</i> ИТТРИЙДІҢ ЭКСТРАКЦИЯЛЫҚ БӨЛІНУІ.....	140
<i>Шаутинов М.Р., Ногаева К.Ә., Аскарова Г.Е., Кульдеев Е.И.</i> ГИДРОКОНЦЕНТРАТОРДАҒЫ БАЙЫТУ	150

Техникалық ғылымдар

<i>Кусаинов Ч., Баймаханбетов М.</i> ҚАРЖЫ ИНВЕСТИЦИЯЛАРЫНЫҢ ИНФЛЯЦИЯЛЫҚ ТӘУЕКЕЛДЕРІН ТАЛДАУ ҮШІН ВАЛЮТАЛЫҚ ИНФЛЯЦИЯНЫ БОЛЖАУ	160
<i>Сейтқұлов Е.Н., Оспанов Р.М., Ергалиева Б.Б.</i> БЕРІЛГЕН УАҚИТТА АҚПАРАТТЫ САҚТАУ БІР ӘДІС ТУРАЛЫ.....	167
<i>Айтхожаева Е.Ж., Тынымбаев С., Мұқашева А.К., Бердибаев Р.Ш., Әділбекқызы С.</i> МОДУЛЬДІҢ БІРНЕШЕ ЕСЕЛІКТЕРІН ҚОЛДАНА ОТЫРЫП, МОДУЛЬ БОЙЫНША САНДАРДЫ КЕЛТІРУДІҢ ЖЫЛДАМ ӘРЕКЕТ ЕТЕТІН ҚҰРЫЛҒЫСЫ.....	175
<i>Бердішева Д.Д., Асхатұлы А., Еділхан Д.</i> КОМПАНИЯНЫҢ АҚПАРАТТЫҚ ҚАУІПСІЗДІГІН КҮШЕЙТУ МАҚСАТЫНДА ҚЫЗМЕТКЕРЛЕРДІҢ БІЛІМІН АРТТЫРУ ӘДІСТЕРІНЕ ШОЛУ.....	185
<i>Козбагаров Р.А., Жусупов К.А., Калиев Е.Б., Дильманов Е.С., Кожатаев С.К., Кочетков А.В.</i> ЖОЛ-ҚҰРЫЛЫС МАТЕРИАЛДАРЫНА ӘСЕР ЕТУ ТӘСІЛДЕРІН ТАЛДАУ	190
<i>Глуценко Т., Бедыч Т., Сакенов Б., Хабдуллина Г.</i> БИОЭТАНОЛДЫ АЛУҒА АРНАЛҒАН БИОМАССА РЕСУРСТАРЫ.....	197
<i>Джомартов А.А., Камал А.Н., Абдураимов А.</i> СЫМДЫ ПАРАЛЛЕЛЬДІ РОБОТТАРҒА ШОЛУ	202
<i>Марасулов А., Сафаров И.И., Абдраимова Г.А., Төлеп Ә.С.</i> ТҮТҚЫР-СЕРПІМДІ ҚЫРЛЫ ҚИЫҚ КОНУСТЫҚ ҚАБЫҚШАНЫҢ МЕНШІКТІ ТЕРБЕЛІСТЕРІ....	211
<i>Оспанова А.Б., Жаркимбекова А.Т., Кусепова Л.Т., Токкулиева А.К., Манмұрын М.</i> КОМПЬЮТЕРЛІК ЖЕЛІЛЕРДІ ҚОРҒАУҒА ЖӘНЕ МОНИТОРИНГІЛЕУГЕ АРНАЛҒАН БҮЛТТІК СЕРВИС.....	221
<u>Кульгильдинов М. С.</u> , <i>Камзанов Н.С., Қанажанов А.Е.</i> ФРЕЗЕРЛЕУ КЕЗІНДЕ КЕСКІШТІҢ ЖӘНЕ ЖОЛ ЖАБЫНЫНЫҢ ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ СХЕМАСЫ МЕН ӨЗАРА ӘРЕКЕТТЕСУ ПРОЦЕСІН ТАЛДАУ	229
<i>Баймуқанов С.А.</i> ҚҰРЫЛЫС САЛАСЫНДА ЭНЕРГИЯ ТИІМДІ ТЕХНОЛОГИЯЛАРДЫ ҚОЛДАНУДЫ ТАЛДАУ	239
<i>Калекеева М.Е., Литвинов Ю.Г.</i> ЭКСПЕРИМЕНТАЛДЫ СЫНАУ ЖАҢА ЖОҒАРЫ СЕРІКТІЛІГІ СИД-ДРАЙВЕР.....	246

СОДЕРЖАНИЕ

Науки о Земле

<i>Джамалова Г.А., Тусупова Б.Х., Курбанова Л.С., Накыпбек М.</i> ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННЫХ ПОЧВ.....	3
<i>Байкадамова А.М., Jay Sagin</i> ОБСЛЕДОВАНИЕ СКВАЖИНЫ ЖАРКЕНТСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ТЕРМАЛЬНЫХ ПОДЗЕМНЫХ ВОД (СКВАЖИНА 3-Т).....	12
<i>Бармакова Д.Б., Шакибаев И.И., Завалей В.А.</i> ИЗУЧЕНИЕ ГИДРОГЕОЛОГО-МЕЛИОРАТИВНЫХ ПРОЦЕССОВ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ МЕЛИОРАТИВНОГО СОСТОЯНИЯ ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ КАРАТАЛЬСКОГО МАССИВА.....	19
<i>Курбаниязов С.К.</i> ИЗУЧЕНИЕ НЕФТЕГАЗОПЕРСПЕКТИВНЫХ СТРУКТУР ПРИАРАЛЯ С ПРОГНОЗИРОВАНИЕМ ИХ ЗАПАСОВ.....	25
<i>Сарыбаев Н.О., Чухарев С.М., Рысбеков К.Б., Кульдеев Е.И., Хадижа Таваккулу, Мужеган Хоссаини, Асифа Афзали</i> СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ДОБЫЧИ ЖЕЛЕЗА.....	34

Физико-математические науки

<i>Мералиев М., Орынбекова К., Таласбек А., Карибоз Д., Исабек А.</i> ОПТИМИЗАЦИЯ СЕГМЕНТОВ ДАННЫХ И КОЛИЧЕСТВА ЯДЕР ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОПУЛЯРНОСТИ КАЗАХСКИХ СЛОВ С ПОМОЩЬЮ APACHE SPARK.....	39
<i>Картбаев Т.С., Лахно В.А., Тургынбаева А.А., Айтуганова Ж.Т., Талпакова Б.А.</i> ВЫБОР И СРЕД ПРОЕКТИРОВАНИЯ ДЛЯ СППР С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПАРАДИГМЫ СБОРОЧНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ.....	43
<i>Нестеренков П.А.</i> АВТОНОМНЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС С Λ - ФОТОМОДУЛЯМИ.....	50
<i>Болатбекова Д.К., Тулешев Е.А.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ И ПОСТРОЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПЕРЕДВИЖНОГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ МЕДИЦИНСКИХ ЦЕЛЕЙ.....	60
<i>Рысмендеева Г.С.</i> РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В ПРОЦЕССЕ УПРАВЛЕНИЯ АКТИВАМИ.....	65
<i>Хидолда Е., Асылхан А.А., Жонкешова К.С., Әбдіқалық Н.</i> ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СОЛНЕЧНОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ	76
<i>Мауина Г.М., Черткова Е.А., Айтимова У.Ж., Исмаилова А.А., Маханов М.</i> КОНЦЕПЦИИ, СТРАТЕГИИ И МОДЕЛИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В ТОО «СЕВЕРО-КАЗАХСТАНСКАЯ СХОС».....	85
<i>Ускенбаева Р.К., Куандыков А.А., Нуралыкызы С., Толегенов А.М.</i> ПРИМЕНЕНИЕ OLAP-ТЕХНОЛОГИЙ КАК ИНСТРУМЕНТ ДЛЯ БИЗНЕС-АНАЛИТИКИ.....	93
<i>Нурболат Ш.Т., Жұмаханов Ж., Калкозова Ж.К., Мирзайан М., Абдуллин Х.А.</i> СТРУКТУРНЫЕ И ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА НАНОПОРОШКОВ ZnO-CoO.....	99
<i>Акашева Ж.К., Болысбек Д.Ә., Асилбеков Б.К., Ергеш А.К., Жансейт А.Е.</i> ПОРОМАСШТАБНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ СВОЙСТВ ГОРНЫХ ПОРОД И ДВУХФАЗНОГО ТЕЧЕНИЯ ФЛЮИДОВ.....	106

Химико-металлургические науки

<i>Нурғали Н.З., Келаманов Б.С., Тажиев Е.Б., Сариев О.Р., Абдирашит А.М., Бурумбаев А.Г., Заякин О.В.</i> МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ СИСТЕМ Fe-Ti, Ti-Si, Ti-Al.....	115
<i>Абуова Р.Ж., Тен Э.Б.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ХРОМОНИКЕЛЕВАНАДИЕВЫХ СТАЛЕЙ С КЕРАМИКО-МЕТАЛЛИЧЕСКИМ (TiN-Cu) НАНОСТРУКТУРНЫМ ПОКРЫТИЕМ ПРИМЕНЯЕМЫХ В МАШИНОСТРОЕНИИ.....	122

<i>Айтенев Е.К., Тулепов М.И., Нагыман Н.Ж.</i> ОБЗОР СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ВЗРЫВЧАТЫХ ВЕЩЕСТВ, МЕТОДОВ ОБНАРУЖЕНИЯ И АВТОМАТИЧЕСКОГО ОБНАРУЖЕНИЯ ВЗРЫВЧАТЫХ ВЕЩЕСТВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БЕСПРОВОДНОЙ СЕНСОРНОЙ СЕТИ.....	128
<i>Тельман А.Т., Исмаилова А.Г., Адилхан Н.А.</i> ЭКСТРАКЦИОННОЕ ИЗВЛЕЧЕНИЕ ИТТРИЯ.....	140
<i>Шаутенов М.Р., Ногаева К.Э., Аскарова Г.Е., Кульдеев Е.И.</i> ОБОГАЩЕНИЕ В ГИДРОКОНЦЕНТРАТОРЕ.....	150

Технические науки

<i>Кусаинов Ч., Баймаханбетов М.</i> ПРОГНОЗ ВАЛЮТНОЙ ИНФЛЯЦИИ ДЛЯ АНАЛИЗА ИНФЛЯЦИОННЫХ РИСКОВ ФИНАНСОВЫХ ИНВЕСТИЦИЙ.....	160
<i>Сейткулов Е.Н., Оспанов Р.М., Ергалиева Б.Б.</i> ОБ ОДНОМ МЕТОДЕ ХРАНЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ НА ЗАДАННОЕ ВРЕМЯ.....	167
<i>Айтхожаева Е.Ж., Тынымбаев С., Мукашева А.К., Бердибаев Р.Ш., Эділбеккызы С.</i> БЫСТРОДЕЙСТВУЮЩЕЕ УСТРОЙСТВО ПРИВЕДЕНИЯ ЧИСЕЛ ПО МОДУЛЮ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КРАТНЫХ МОДУЛЯ.....	175
<i>Бердышева Д.Д., Асхатулы А., Едилхан Д.</i> ОБЗОР МЕТОДИК ПОВЫШЕНИЯ ОСВЕДОМЛЕННОСТИ КОНЕЧНЫХ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ В ЦЕЛЯХ УКРЕПЛЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ КОМПАНИИ.....	185
<i>Козбазаров Р.А., Жусупов К.А., Калиев Е.Б., Дильманов Е.С., Кожатаев С.К., Кочетков А.В.</i> АНАЛИЗ СПОСОБОВ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ДОРОЖНО-СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ.....	190
<i>Глуценко Т., Бедыч Т., Сакенов Б., Хабдуллина Г.</i> РЕСУРСЫ БИОМАССЫ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ БИОЭТАНОЛА.....	197
<i>Джомартов А.А., Камал А.Н., Абдураимов А.</i> ОБЗОР ПО ТРОСОВЫМ ПАРАЛЛЕЛЬНЫМ РОБОТАМ.....	202
<i>Марасулов А., Сафаров И.И., Абдраимова Г.А., Тулеп А.С.</i> СОБСТВЕННЫЕ КОЛЕБАНИЯ РЕБРИСТОЙ УСЕЧЕННОЙ КОНИЧЕСКОЙ ОБОЛОЧКИ.....	211
<i>Оспанова А.Б., Жаркимбекова А.Т., Кусепова Л.Т., Токкулиева А.К., Манмұрын М.</i> ОБЛАЧНЫЙ СЕРВИС ДЛЯ ЗАЩИТЫ И МОНИТОРИНГА КОМПЬЮТЕРНЫХ СЕТЕЙ.....	221
<u>Кульгильдинов М. С.</u> <i>Камзанов Н.С., Канажанов А.Е.</i> АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ И ПРОЦЕССА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ФРЕЗЫ И ДОРОЖНОГО ПОКРЫТИЯ ПРИ ФРЕЗЕРОВАНИИ.....	229
<i>Баймуханов С.А.</i> АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В СФЕРЕ СТРОИТЕЛЬСТВА.....	239
<i>Калекеева М.Е., Литвинов Ю.Г.</i> ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИСПЫТАНИЯ НОВОГО ВЫСОКОЭФФЕКТИВНОГО СВЕТОДИОДНОГО ДРАЙВЕРА.....	246

CONTENTS

Earth sciences

<i>Dzhamalova G.A., Tusupova B.H., Kurbanova L.S., Nakypbek M.</i> ECOLOGICAL ASSESSMENT OF THE MICROBIOLOGICAL STATE OF OIL-CONTAMINATED SOILS.....	3
<i>Baikadamova A.M., Jay Sagin</i> SURVEY OF THE WELL OF THE ZHARKENT DEPOSIT TERMALNY UNDERGROUND WATER (WELL 3-T).....	12
<i>Barmakova D., Shakibayev I., Zavaley V.</i> STUDY OF HYDROGEOLOGICAL AND RECLAMATION PROCESSES FOR IMPROVING THE RECLAMATION CONDITION OF IRRIGATED LANDS OF THE KARATAL MASSIF.....	19
<i>Kurbaniyazov S.K.</i> STUDY OF OIL AND GAS PROSPECTIVE STRUCTURES OF THE ARAL SEA REGION WITH THE FORECAST OF THEIR RESERVES.....	25
<i>Sarybayev N.O., Chukharev S.M., Rysbekov K.B., Kuldeyev Ye.I., Khadija Tawakkuly, Muzhgan Hossaini, Asifa Afzali</i> MODERN STATE OF IRON ORE MINING.....	34

Physical and mathematical sciences

<i>Meraliyev M., Orynbekova K., Talasbek A., Kariboz D., Issabek A.</i> OPTIMIZATION OF DATA SEGMENTS AND NUMBER OF CORES FOR DEFINING POPULARITY OF KAZAKH WORDS USING APACHE SPARK.....	39
<i>Kartbayev T.S., Lakhno V.A., Turgynbayeva A.A., Aytuganova Zh.T., Talpakova B.A.</i> SELECTION AND DESIGN ENVIRONMENTS FOR DSS USING THE ASSEMBLY PROGRAMMING PARADIGM.....	43
<i>Nesterenkov P.A.</i> AUTONOMOUS ENERGY COMPLEX WITH Λ - PHOTO MODULES.....	50
<i>Bolatbekova D.K., Tuleshev E.A.</i> RESEARCH AND CONSTRUCTION OF A MATHEMATICAL MODEL OF A MOBILE DEVICE FOR MEDICAL PURPOSES.....	60
<i>Rysmendeyeva G.</i> DEVELOPMENT OF MATHEMATICAL MODELS FOR AN INFORMATION SYSTEM FOR DECISION-MAKING IN THE ASSET MANAGEMENT PROCESS.....	65
<i>Khidolda Ye., Asylkhan A.A., Zhonkeshova K.S., Abdikalyk N.</i> ASSESSMENT OF FUNCTIONAL EFFICIENCY SOLAR POWER PLANT.....	76
<i>Mauina G.M., Chertkova E.A., Aitimova U.Zh., Ismailova A.A., Makhanov M.</i> CONCEPTS, STRATEGIES AND MODELS OF DECISION MAKING FOR CREATION OF INFORMATION AND ANALYTICAL SYSTEM OF SUPPORT OF DECISION MAKING IN «NORTH-KAZAKHSTAN AGRICULTURAL EXPERIMENTAL STATION» LLP.....	85
<i>Uskenbaeva R.K., Kuandykov A.A., Nuralykyzy S., Tolegenov A.M.</i> APPLYING OLAP TECHNOLOGIES AS A TOOL FOR BUSINESS ANALYTICS.....	93
<i>Nurbolat Sh.T., Zhumakhanov Zh., Kalkozova Zh.K., Mirzaeian M., Abdullin Kh.A.</i> STRUCTURAL AND OPTICAL PROPERTIES OF ZnO-CoO NANOPOWDERS.....	99
<i>Akashova Zh.K., Bolysbek D.A., Assilbekov B.K., Yergesh A.K., Zhanseit A.Ye.</i> PORE-NETWORK MODELING AND DETERMINATION OF ROCK AND TWO-PHASE FLUID FLOW PROPERTIES.....	106

Chemical and metallurgical sciences

<i>Nurgali N.Z., Kelamanov B.S., Tazhiyev Ye.B., Sariyev O.R., Abdirashit A.M., Burumbayev A.G., Zayakin O.V.</i> MODELING OF METAL SYSTEMS Fe-Ti, Ti-Si, Ti-Al.....	115
<i>Abuova R., Ten E.B.</i> STUDY OF THE MECHANICAL PROPERTIES OF CHROMONICELEVANADIUM STEELS WITH CERAMIC-METALLIC (TIN-CU) NANOSTRUCTURAL COATING USED IN MACHINE BUILDING.....	122
<i>Aitenov E.K., Tulepov M.I., Nagyman N.Zh.</i> A SURVEY ON THE PRESENT STATE-OF-THE-ART OF EXPLOSIVES, DETECTION METHODS AND AUTOMATIC EXPLOSIVE DETECTION USING WIRELESS SENSOR NETWORK.....	128

<i>Telman A.T., Ismailova A.G., Adilhan N.A.</i>	
EXTRACTION OF YTTRIUM.....	140
<i>Shautenov M.R., Nogaeva K.A., Askarova G.E., Kuldeyev Ye.I.</i>	
ENRICHMENT IN A HYDROCONCENTRATOR.....	150

Technical Sciences

<i>Kussainov C., Baimakhanbetov M.</i>	
FORECASTING CURRENCY INFLATION FOR INFLATION RISK ANALYSIS OF FINANCIAL INVESTMENT.....	160
<i>Seitkulov Y.N., Ospanov R.M., Yergaliyeva B.B.</i>	
ON ONE METHOD OF STORING INFORMATION FOR A SPECIFIED TIME.....	167
<i>Aitkhozhayeva Y.Zh., Tynymbayev S., Mukasheva A.K., Berdybaev R.Sh., Adilbekkyzy S.</i>	
HIGH-SPEED MODULAR REDUCTION DEVICE USING MULTIPLES OF MODULE.....	175
<i>Berdysheva D., Askhatuly A., Yedilkhan D.</i>	
REVIEW ON METHODS OF IMPROVING INFORMATION SECURITY POSTURE OF THE COMPANY BY INCREASING END USER AWARENESS	185
ANALYSIS OF WAYS TO INFLUENCE ROAD CONSTRUCTION MATERIALS.....	190
<i>Glushchenko T., Bedych T., Sakenov B., Khabdullina G.</i>	
BIOMASS RESOURCES FOR PRODUCTION OF BIOETHANOL.....	197
<i>Jomartov A.A., Kamal A.N., Abduraimov A.</i>	
OVERVIEW OF CABLE PARALLEL ROBOTS.....	202
<i>Marasulov A., Safarov I.I., Abdraimova G.A., Tolep A.S.</i>	
OWN VIBRATIONS OF RIBBED TRUNCATED CONICAL SHELL.....	211
<i>Ospanova A.B., Zharkimbekova A.T., Kusepova L.T., Tokkulyeva A.K., Manmuryn M.</i>	
CLOUD SERVICE FOR PROTECTION AND MONITORING OF COMPUTER NETWORKS.....	221
<i>[Kulgildinov M.S.], Kamzanov N.S., Kanazhanov A.E.</i>	
ANALYSIS OF THE TECHNOLOGICAL SCHEME AND THE PROCESS OF INTERACTION OF THE MILL AND THE ROAD SURFACE DURING MILLING.....	229
<i>Baimukanov S.A.</i>	
ANALYSIS OF THE USE OF ENERGY-EFFICIENT TECHNOLOGIES IN THE CONSTRUCTION SECTOR.....	239
<i>Kalekeyeva M.E., Litvinov Y.G.</i>	
EXPERIMENTAL TESTING NEW HIGH PERFORMANCE LED DRIVER.....	246

Редакторы:
Г.А. Буршукова
Верстка на компьютере:
Л.П. Умирбекова
Д.Ш. Тажиева

Заказ № 273

Адрес редакции:
ул. Сатпаева, 22, тел. 292-63-46
<https://vestnik.satbayev.university/index.php/journal/>

Департамент маркетинга и коммуникаций КазННТУ
Казахского национального исследовательского
технического университета имени К.И. Сатпаева