

eISSN 2709-4766
ISSN 2709-4758

№4 (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 _____

№ 4 (143)

Научные редакторы:

Рысбеков Канай Бахытович, к.т.н., ассоц.проф., директор Института металлургии и промышленной инженерии, КазННТУ (Алматы, Казахстан);

Азат Сейтхан, доктор PhD, ассоц.проф., руководитель Лаборатории инженерного профиля КазННТУ (Алматы, Казахстан);

Елемесов Касым Коптлеуович, к.т.н., ассоц.проф., директор Института управления проектами КазННТУ, (Алматы, Казахстан);

Бекботаева Алма Анарбековна, доктор PhD, ассоц.проф., заведующая кафедрой «Геологическая съемка, поиск и разведка месторождений полезных ископаемых» Института геологии, нефти и горного дела им. К.Турысова КазННТУ (Алматы, Казахстан);

Сейлова Нургул Абадуллаевна, к.т.н., ассистент-профессора, заведующая кафедрой «Кибербезопасность, обработка и хранение информации» КазННТУ (Алматы, Казахстан);

Редакционная коллегия:

Ракишев Баян Ракишевич, д.т.н., проф., академик НАН РК, кафедра «Горное дело», Института геологии, нефти и горного дела им. К.Турысова КазННТУ, Алматы, Казахстан, **h-индекс: 4**;

Енсеппаев Талгат Аблаевич, к.г.-м.н., доктор PhD, член-корреспондент НАН РК, заведующий кафедрой «Геология нефти и газа» Института геологии, нефти и горного дела им. К.Турысова КазННТУ, Алматы, Казахстан, **h-индекс: 1**;

Сыздыков Аскар Хамзаевич, доктор PhD, проф., директор Института геологии, нефти и горного дела им. К.Турысова КазННТУ, Алматы, Казахстан, **h-индекс: 2**;

Абетов Ауэз Егембердыевич, к.г.-м.н., проф., член-корреспондент НАН РК, заведующий кафедрой «Геофизики» Института геологии, нефти и горного дела им. К.Турысова КазННТУ, Алматы, Казахстан, **h-индекс: 3**;

Уалиев Жомарт Разханович, доктор PhD, ассоциированный профессор, кафедра «Робототехника и технические средства автоматизации» Института промышленной автоматизации и цифровизации КазННТУ, **h-индекс: 3**;

Столповских Иван Никитович, д.т.н., ассоц.проф., кафедра «Технологические машины, транспорт и логистика» Института металлургии и промышленной инженерии КазННТУ, **h-индекс: 4**;

Кубекова Шолпан Накишбековна, к.т.н., ассоц.проф., заведующая кафедрой Химических Процессов и Промышленной Экологии Института химических и биологических технологий КазННТУ, **h-индекс: 5**;

Рафикова Хадичахан Сабиржановна, доктор PhD, ассоц.проф., заведующая кафедрой Химическая и биохимическая инженерия Института химических и биологических технологий КазННТУ, **h-индекс: 6**;

Селенова Багдат Саматовна, д.х.н., проф., кафедра «Химическая и биохимическая инженерия» Института химических и биологических технологий КазННТУ, **h-индекс: 3**;

Мухамедиев Равиль Ильгизович, д.т.н., проф., кафедра «Программная инженерия» Института кибернетики и информационных технологий КазННТУ, **h-индекс: 5**;

Калтаев Айдархан, д.ф.-м.н., заведующий кафедрой «Прикладная механика и инженерная графика» Института кибернетики и информационных технологий КазННТУ, **h-индекс: 8**;

Seltmann Reimar, доктор PhD, профессор, Директор Отдел Наук о Земле, Центр Российских и Среднеазиатских Минеральных Исследований (CERCAMS), Великобритания, **h-индекс: 36**;

Евгений Левин, доктор PhD, ассоц.проф., Мичиганский технологический университет, США, **h-индекс: 51**;

Лозинский Василий Григорьевич, Доцент кафедры горной инженерии и образования, Национальный технический университет «Днепропетровская политехника», Украина, **h-индекс: 16**;

Бодин Олег Николаевич, д.т.н., профессор, Пензенский государственный университет, Россия, **h-индекс: 5**;

Сладковски Александр Валентинович, д.т.н., профессор, зав.кафедрой "Логистики и транспортных технологий", Силезский технический университет, Польша, **h-индекс: 7**;

Зорин Владимир Александрович, д.т.н., профессор, зав.каф. «Производство и ремонт автомобилей и дорожных машин», Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет, Россия, **h-индекс: 8**;

Кольга Анатолий Дмитриевич, д.т.н., профессор кафедры "Горных машин и транспортно-технологических комплексов", Магнитогорский государственный технический университет, Россия, **h-индекс: 4**;

Атаманова Ольга Викторовна, д.т.н., проф., ФГБОУ ВО "Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.", Россия, **h-индекс: 2**;

Монтаев Сарсенбек Алиакпарович, д.т.н., проф., академик НИА РК, Директор института энергосбережения ЗКАТУ им. Жангир хана, г.Уральск, Казахстан, **h-индекс: 5**;

Селяев Владимир Павлович, д.т.н., проф., академик РААСН, зав.кафедрой «Строительные конструкции», Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарева, Россия, **h-индекс: 4**;

Rosa Busquets Santacana, доктор PhD, ассоц.проф., Kingston University, Великобритания, **h-индекс: 17**;

Leticia Fernandez Velasco, доктор PhD, исследователь, Royal Military Academy, Бельгия, **h-индекс: 17**;

Vassilis Inglezakis, доктор PhD, University of Strathclyde, Великобритания, **h-индекс: 32**;

Nicolas Kalogerakis, доктор PhD, проф., Technical University of Crete, Греция, **h-индекс: 53**;

Galaev Igor, доктор PhD, DSM Food Specialties, Нидерланды, **h-индекс: 52**;

Mohamed Othman, доктор PhD, проф., Университет Путра, Малайзия, **h-индекс: 20**;

Bagher Babaali, доктор PhD, проф., Университет Тегерана, **h-индекс: 5**;

Гнатюк Сергей Александрович, д.т.н., доцент, Национальный авиационный университет, Украина, **h-индекс: 15**;

Калимолдаев Максат Нурадилович, д.ф.-м.н., проф., академик НАН РК, Советник генерального директора РГП ««Института информационных и вычислительных технологий» КН МОН РК, **h-индекс: 3**;

Мамырбаев Оркен Жумажанович, доктор PhD, ассоц.проф., зам.генерального директора РГП ««Института информационных и вычислительных технологий» КН МОН РК, **h-индекс: 3**;

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

М.Т. Берлигужин*

Казан федеральдық университеті, Казан, Ресей

*e-mail: 88_max_88.88@inbox.ru

ОРАЛ ӨЗЕНІНІҢ (ЖАЙЫҚ) ТӨМЕНГІ АҒЫСЫ АУМАҒЫНАН ОҢТҮСТІК ПІЛІНІҢ ARCHIDISKODON MERIDIONALIS GROMOVI ЖАҢА ТІСТЕРІН ТАБУ ТУРАЛЫ

Аңдатпа. Орал қ. (Батыс Қазақстан облысы, Қазақстан Республикасы) маңындағы аллювиалды шөгінділерден *Archidiskodon meridionalis gromovi* оңтүстік пілінің молярлы тістері табылды. Бұл жұмыста далалық және камералдық зерттеулердің жалпы қабылданған палеонтологиялық әдістері қолданылды: жыныстардан үлгілерді алу; түрлік диагностика кезіндегі қазба қалдықтарын морфологиялық және морфометриялық талдау. Батыс Қазақстан аумағынан табылған *Archidiskodon meridionalis* палеоплейстоцендік (орта виллафранк) бір-бірін хронологиялық алмастыратын кіші түрлерінің МЗ/мз ауысымдық тістері зерттелді. Тістердің сипаттамаларын талдау (пластиналардың жиілігі, бір пластинаның ұзындығы, пластиналардың саны, эмаль қалыңдығы, гипсодонт индексі, тістің пропорция индексі) зерттелген көрсеткіштер *Archidiskodon [Elaphas] meridionalis gromovi*-ге тән көрсеткіштерге жақындағанын көрсетті.

Ауысқан тістердің зерттелуі бір пластинаның ұзындық параметріне диагностикалық сәйкестікте болды. Әр түрлі кіші түрлердегі тістерінің мөлшерінің өзгергіштік шегі негізінен бір-біріне сәйкес келеді.

Негізгі сөздер: оңтүстік піл; мамонт; төрттік шөгінділер; неоплейстоцен; тіс; *Archidiskodon meridionalis*; сүтқоректілер; хвалын трансгрессиясы; Батыс Қазақстан; Жайық өзенінің жайылмасы (Орал).

Кіріспе. Батыс Қазақстан аумағында плейстоцен кезеңіндегі тұяқты жануарлардың алғашқы ғылыми деректері XVIII ғасырға жатады. Әдеби деректер бойынша Урал өзенінде (Жайық өзені) жануарлардың ірі қазба қалдықтарының болуы П.С. Палластың (1786) саяхатынан бері белгілі болған, бұл алғашқы бизондар мен мамонттардың сүйектері Индер ауылы маңында Орал өзенінің (Жайық өзені) жағалауларынан жиі жуылатындығын көрсетеді.

1901 жылы Казан университетінің профессоры А.А. Штукенберг "Орынбор ғылыми мұрағат комиссиясы мұражайының плиоценнен кейінгі жануарларының қалдықтары" мақаласында *Elephas sp* сүйектерінің табылғанын атап өтті. Бұдан әрі Орынбор облысының, Қазақстанның Орал (Батыс Қазақстан облысы) және Торғай (Ақтөбе облысы) облыстарының әртүрлі жерлерінде табылған жақсы сақталған молярлар, бірнеше мамонттардың мүйіз сүйектері, омыртқалар және *Elephas primigenius* (Blum) бас сүйектерінің сынықтары туралы хабарлады. Табылған палеонтологиялық қалдықтар қазіргі уақытта Алматы қаласындағы Қазақстанның Орталық мемлекеттік мұражайында сақтаулы.

Л.С.Берг "Арал теңізі" монографиясында (1908) тіс қалдықтары туралы жазып кеткен: И.П. Толмачевтің анықтамасы бойынша *Elephas primigenius* (Blum) мамонтына жатады.

А.Н.Рябинин (1933) Батыс Сібірдің төрттік шөгінділерінен табылған сүйектер туралы хабарлай отырып, 1928 жылы Есіл өзенінің оң жағалауында Ақмола облысының Селим-

Джевар ауылының маңында Қызыл-айғыр өзенінің көк сазынан *Elephas primigenius*, *Equus caballus fossilis* қалдықтары табылғанын көрсетті.

Н. Г. Кассин (1947) *Elephas primigenius*, *Bos sp* палеонтологиялық қазбалар рис және рис-вюрм дәуірінің басқа қазба сүтқоректілері туралы айтады. Алматы қаласындағы төрттік түзілімдердің үшінші террасасының шөгінділерінде, қиыршық тастардан, құмдардан, саздақтардан және лес саздақтарының жоғарғы бөлігінен тұрады. Қазақстанның батысында Хвалын трансгрессиясының шөгінділерінде *Elephas antiquus*, *Equus caballus* сүйектері кездеседі [1].

Орталық және Солтүстік Қазақстанда (Батыс Сібір жазығының оңтүстігінде) пілдердің қазба қалдықтары өте көп. Б.С.Қожамқұлова [3] ерте неоплейстоценнің 30 табылған жерін атап өтеді.

Қазақстан Республикасы Павлодар облысы Қожамжар кентінің Тобыл жасындағы аллювиалды шөгінділерінде *Elasmotherium sibiricum*, *Mammuthus ex gr*, *Trogontherii-chosaricus*, *Bison sp.* қалдықтары табылды. Кеш неоплейстоценнің шөгінділерінде *mammuthus primigenius* тістері табылды. Сібір эласмотериясының бас сүйегі Шығыс Еуропаның бас сүйектерінен үлкен. Пілдің төменгі жақ сүйегі соңғы ауысымдағы тістердің мөлшері мен морфологиясы бойынша *Mammuthus trogontherii chosaricus* түрлеріне өте жақын [4].

M3/m3 тістерінің сипаттамаларының өзгергіштігін, сондай – ақ Оңтүстік пілдердің бас сүйектерін зерттеу негізінде *Archidiskodon meridionalis S.l.* Шығыс Еуропаның оңтүстігінің ерте плейстоценіне үш таксон бөлінді: *A. M. gromovi* Garutt et Alexejeva, 1964 (хапров фауналық кешені, орта виллафранк); *A. m. meridionalis* (Nesti, 1825) (псекуп фауналық кешені, кеш виллафранк); *A. M. tamanensis* dubrovo, 1964 (таман фаунистік кешені, кеш виллафранктың соңы-галереяның басы) [5, 6]. В.С.Байгушеваның жұмысына сәйкес, қазіргі уақытта DP2/dp2–M1/m1 пілдерінің тістері таксономиялық анықтамалар үшін іс жүзінде қолданылмайды. Сандық көрсеткіштердің бар трансгрессиясына байланысты, сондай-ақ бұл ауысымдардағы пілдердің тістеріне диагноз қою жеткіліксіз болғандықтан қиындық тудырады. Дегенмен, Еуразияның мамонт сызығының әртүрлі пілдеріне жататын мұндай тістердің құрылымы мен өзгергіштігі туралы ақпарат ғылыми қызығушылық тудырады [7].

Қазба пілдерінің тістерінің жақсы сақталуы және олардың жеткілікті зерттелуі қазба пілдерінің жүйелі жағдайын анықтауға мүмкіндік береді. Еуразияның мамонт сызығының пілдеріне арналған көптеген жұмыстар бар, соның ішінде тіс жүйесі мен тістердің морфометриялық белгілерін талдау [8-15].

Зерттеу материалдары мен әдістері. 2019-2020 жылдары Орал қаласы маңындағы Желаев ауылында және Жайық өзенінің жайылмасында Яик ауылында құм-қиыршық тас қоспасының карьерлерінде моляр түрінде остеологиялық материалдар (сурет 1, 2) табылды. Остеологиялық материалдар табылған аудан батпақты-сазды түзілімдерден тұрады. Литологиялық құрамы бойынша бұл аллювиалды және эолдық тастар, құмдақтар мен саздақтар.

Қималардың мынадай географиялық координаттары бар: Желаев а. – N 51°15'21" E 51°29'37", Яик а. – N 51°14'68" E 51°29'61".

Тістердің морфологиялық сипаттамалары мен абсолютті өлшемдері үшін В.Е.Гаруттың (1976), К.Ж.Жылқыбаевтың (1975) еңбектерінде баяндалған әдістемелер мен әдістер қолданылды [1, 2]. Морфометриялық көрсеткіштер 0,1 мм дәлдікпен штангенциркуль арқылы орындалды.

Піл тістерінің маңызды белгілеріне пластиналардың жиілігі, бір пластинаның ұзындығы, пластиналардың саны, эмаль қалыңдығы, гипсодонт индексі, тістің пропорция индексі жатады.



1-сурет. Орал өзенінің (Жайық) сол жағалауы Желаев ауылы маңынан табылған оңтүстік пілінің m3 *Archidiskodon [Elaphas] meridionalis* тісі (масштаб 1:2).



2-сурет. Орал өзенінің (Жайық) жайылмасы Яик ауылы маңынан табылған оңтүстік пілінің m3 *Archidiskodon [Elaphas] meridionalis* тісі (масштаб 1:3).

Сонымен қатар, Батыс Қазақстан тарихи өлкетану музейінің филиалы табиғат және экология музейінде сақтаулы тұрған 8 тіске (остеологиялық материал) талдау жасалып, салыстырылды.

Зерттеу нәтижелері. Орал өзенінің (Жайық) сол жағалауы Желаев ауылы маңынан және Орал өзенінің (Жайық) жайылмасы Яик ауылы маңынан табылған оңтүстік пілінің m3 *Archidiskodon [Elaphas] meridionalis* тістерінің зерттеу нәтижелері 1 кестеде көрсетілді.

1-кесте. m3 *Archidiskodon [Elaphas] meridionalis gromovi* молярларының өлшемдері

Молярлардың ауысуы M 3/3	Коронканың ұзындығы, мм	Коронканың ең кен ені, мм	Коронканың ең биік жері, мм	Кластияның жалпы саны, шт	Бір пластинаны орташа ұзындығы, мм	Пластинаның 10 см жиілігі, шт	Эмаль қалыңдығы, мм	Желіну дәрежесі	Гипсодонтиндіксі, (H/W), %	Коронканың пропорция индексі (W/L), %
Т ж ЭМ №46	210	96	180	14	15	8	2	4	180/96	96/210
Т ж ЭМ №163/2	160	82	175	9	17,7	9	4	2	175/82	82/160
БН-№1	178+	90	170	11+	16,2	8	2	2	170/90	90/178
БН-№2	150+	75	176	9+	16,7	8	2	3	176/75	75/150
Т ж ЭМ №59	125	59	118	12	10,4	11	1	2	118/59	59/125
Т ж ЭМ №29090к	185+	85	170	7+	26,4	6	2	2	170/85	85/185

Т ж ЭМ №87	198	97	160	10	19,8	5	4	3	160/97	97/197
МПи Э №131В	140	74	57	8	17,5	8	3	2	57/74	74/140
Желаев ауылы.	143	74	162	8	17,9	9	4	2	162/74	74/143
Яик ауылы	210	92	148	10	21	6	3	1	148/92	92/210

Тістердің беті қара қоңыр түске боялған. Тістің жеке жасы оның желіну (тозу) деңгейімен анықталады. Бұл белгіні анықтау үшін В.И. Громовтың (1937) әдісіне сүйендік. Сәйкесінше зерттелетін тістің желіну дәрежесі 1-ге тең, яғни зерттеу алған остеологиялық материалымыз аздап желінген (тозған).

Коронкалар көлденең жазықтықта иілген, тістердің коронкалары сыртқы жағынан иілген және ішкі жағынан дөңес. Төменгі жақтың тістерінің шайнау беті сәл иілген. Табылған тіс коронка пішіні бойынша сол жаққа жатады. Пластиналар ортаңғы бөлігінде кеңі түскен.

Тамақты шайнау процесінде пластиналардың біртіндеп желінуі байқалады: шайнау бетінде олардың көлденең қималарынан әртүрлі фигураларды құрағаны анық көрінеді. Пластиналардың желіну дәрежесі бойынша зерттелетін тіс желінудің бірінші түріне - меридионалоид (-.-) жатады. Толқынды қатпарлары бар орташа қалың Эмаль 3-4 мм. Пластиналар саны, бір пластинаның ұзындығы, пластиналардың жиілігі, эмальдың қалыңдығы бойынша алынған нәтижелер мұражайда сақталған үлгілердегі тіс параметрлерімен сәйкес келеді.

Екінші тіс Яик ауылы маңындағы Жайық өзенінің жайылмасынан табылды.

Пластиналардың жалпы санының жартысынан азы желінген, яғни зерттелетін тістің желіну коэффициенті 2-ге тең. Коронкалар көлденең жазықтықта иілген, тістердің коронкалары сыртқы жағынан иілген және ішкі жағынан дөңес. Төменгі жақтың шайнау бетінің тістері сәл иілген. Корнаның пішіні бойынша тіс жақтың сол жағына жатады.



3-сурет. Оңтүстік пілінің моляры (экз. МПи Э №87) (экз. МПи Э №131В) (масштаб 1:3).



4-сурет. Оңтүстік пілінің моляры (масштаб 1:3).

Сондай-ақ, 1-кестеде табиғат және экология музейінде сақталған молярлардың өлшемдері келтірілген, (сурет. 3,4). Олардың көптеген көрсеткіштері бойынша (пластиналардың жиілігі, бір пластинаның ұзындығы, пластиналардың саны, эмальдың қалыңдығы, гипсодонт индексі, коронканың пропорция индексі) Орал өзенінің (Жайық) сол жағалауы Желаев ауылы маңынан және Орал өзенінің (Жайық) жайылмасы Яик ауылы маңынан жаңадан табылған оңтүстік пілінің m3 *Archidiskodon* [*Elaphas*] *meridionalis* тістерінің зерттеу нәтижелеріне сәйкес келеді.

Қорытынды. Зерттеуге алынған остеологиялық материалдардың көрсеткіштері А.В.Шпанскийдің жұмысында сипатталған тіс көрсеткіштерімен сәйкес келеді. [4].

Батыс Қазақстанда табылған тістерді басқа жерлердегі пілдердің тістерімен салыстыру көрсеткіш сипаттамалары бойынша – коронкалардың ұзындығы, пластиналардың 10 см жиілігі және эмальдың қалыңдығы – *Archidiskodon* [Elaphas] *meridionalis gromovi* (орташа виллафранк) тән көрсеткіштерге жақындағанын көрсетті.

Авторлар, табиғат және экология мұражайы, Батыс Қазақстан тарихи-өлкетану музейі филиалының қызметкерлеріне коллекциялық материалдарды зерттегені үшін және БҚУ гуманитарлық және жаратылыстану ғылымдары зерттеу зертханасының ғылыми қызметкеріне алғыс білдіреді.

ӘДЕБИЕТТЕР

- [1] Жылкибаев К.Ж. Древние слоны Казахстана: научн.изд. / К.Ж. Жылкибаев. - Алма-Ата: Наука, 1975. - 132 с.
- [2] Гарутт В.Е. Исследование зубов вымерших слонов: учеб.пос. / В.Е. Гарутт, И.В. Форонова. – Новосибирск: ИГГ СО АН СССР, 1976. - 35 с.
- [3] Кожамкулова Б.С. Позднекайнозойские копытные Казахстана: учеб. пос. / Б.С. Кожамкулова. - Алма-Ата: Наука, 1981. - 144 с.
- [4] Шпанский А. В. Четвертичные млекопитающие из местонахождения Кожамжар (Павлодарская область, Казахстан) / А.В. Шпанский, С.А. Ильина, В.Н. Алиясова // Вестник Томского государственного университета. - 2015. - № 399. - С. 254-264.
- [5] Громов В.И. Палеонтологическое и археологическое обоснование стратиграфии континентальных отложений четвертичного периода на территории СССР (Млекопитающие, палеолит) / В.И. Громов. – Москва: АН СССР, 1948. – 520 с.
- [6] Алексеева Л.И. Новые данные об эволюции слонов рода *Archidiskodon* / Л.И. Алексеева, В.Е. Гарутт // Бюллетень комиссии по изучению четвертичного периода. - 1965. - № 30. - С. 161–166.
- [7] Байгушева В.С. Особенности строения зубов $dp4$ и $m1$ слонов рода *Archidiskodon* (mammalia, elephantidae) юго-восточной Европы / В.С. Байгушева, В.В. Титов, И.В. Форонова // Наука Юга России. - 2016. - Т.12. - № 3. - С. 67-88.
- [8] Baigusheva V. & Titov V. (2012). The evolution of Eastern European meridionaloid elephants' dental characteristics. - *Quaternary International*, 206–216.
- [9] Maschenko E.N., Tikhonov A.N. & MacPhee D.E. (2005). Mammoth calf from Bolshoi Lyakhovskii Island (New Siberian Islands, Arctic Siberia). - *Russian journal of theriology*. 4(1): 79–88.
- [10] Lister A.M., Sher A.V., Van Essen H. & Wei G. (2005). The pattern and process of mammoth evolution in Eurasia. - *Quaternary International*, 126–128.
- [11] Wei G., Hiroyuki T., Kawamura Y. & Jin C. (2006). Pliocene and early Pleistocene Mammoths of Northern China: their revised taxonomy, biostratigraphy and evolution. - *Journal of Geosciences Osaka City University*, 49(5), 59–101.
- [12] Arribas A. (2009). Mammalian lost world in southwest Europe during the Late Pliocene. - *PloS One*, 4(9), 1–10.
- [13] Обада Т.Ф. Заметки о систематической принадлежности древнейших Elephantinae Gray, 1821 (Mammalia, Proboscidea) Европы / Т.Ф. Обада // Сб. статей IV Международной мамонтовой конференции; под ред. П.А. Лазарева, Г.Г. Боевской, Е.Н. Машенко. – Якутск, 2010. – С. 80–106.
- [14] Kostopoulos D.S. & Koulidou I. (2015). An early mammoth maxilla from north-western Greece. - *Quaternary International*, 379, 155–163.
- [15] Bukhsianidze M. & Koiava K. (2018). Synopsis of the terrestrial vertebrate faunas from the Middle Kura Basin (Eastern Georgia and Western Azerbaijan, South Caucasus). - *Acta Palaeontologica Polonica*, 63(3), 441–461.

REFERENCES

- [1] Zhylykbaev, K.Zh. (1975) Drevnie slony Kazakhstana [Ancient elephants of Kazakhstan]. Alma-Ata: nauka [in Russian].
- [2] Garutt, V.E. & Foronova, I.V. (1976) Issledovanie zubov vymershih slonov (metodicheskie rekomendacii) [Study of teeth of extinct elephants]. Novosibirsk: IGG SO AN SSSR [in Russian].

- [3] Kozhamkulova, B.S. (1981) Pozdnekajnozojskie kopytnye Kazahstana [Late Cenozoic ungulates of Kazakhstan]. Alma-Ata: Nauka [in Russian].
- [4] Shpanskij, A. V., Il'ina, S. A. & Aliyasova V. N. (2015) Chetvertichnye mlekopitayushchie iz mestonahozhdeniya Kozhamzhar (Pavlodarskaya oblast', Kazakhstan) [Quaternary mammals from the Kozhamzhar locality (Pavlodar region, Kazakhstan)]. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. - Bulletin of Tomsk state University*, 399, 254-264. [in Russian].
- [5] Gromov, V.I. (1948) Paleontologicheskoe i arheologicheskoe obosnovanie stratigrafii kontinental'nyh otlozhenij chetvertichnogo perioda na territorii SSSR (Mlekopitayushchie, paleolit). [Paleontological and archaeological substantiation of the stratigraphy of continental deposits of the Quaternary period on the territory of the USSR (Mammals, Paleolithic)]. Moskva: AN SSSR [in Russian].
- [6] Alekseeva, L.I. & Garutt, V.E. (1965) Novye dannye ob evolyucii slonov roda Archidiskodon. [New data on the evolution of elephants of the genus Archidiskodon]. *Byulleten' komissii po izucheniyu chetvertichnogo perioda. - Bulletin of the Commission for the study of the Quaternary period*, 30, 161-166. [in Russian].
- [7] Bajgusheva, V.S., Titov, V.V. & Foronova, I.V. (2016) Osobennosti stroeniya zubov dp4 i m1 slonov roda archidiskodon (mammalia, elephantidae) yugo-vostochnoj Evropy [Features of the structure of teeth dp4 and m1 of elephants of the genus Archidiskodon (mammalia, elephantidae) of South-Eastern Europe]. *Nauka Yuga Rossii. - Science of the South of Russia*, 2016, 12, 3, 67-88. [in Russian].
- [8] Baigusheva, V. & Titov, V. (2012) The evolution of Eastern European meridionaloid elephants' dental characteristics. *Quaternary International*, 255, 206–216.
- [9] Maschenko, E.N., Tikhonov, A.N. & MacPhee, D.E. (2005) Mammoth calf from Bolshoi Lyakhovskii Island (New Siberian Islands, Arctic Siberia) *Russian journal of theriology*, 4(1), 79–88.
- [10] Lister, A.M., Sher, A.V., Van Essen, H. & Wei, G. (2005) The pattern and process of mammoth evolution in Eurasia. *Quaternary International*, 126–128.
- [11] Wei, G., Hiroyuki, T., Kawamura, Y. & Jin, C. (2006) Pliocene and early Pleistocene Mammoths of Northern China: their revised taxonomy, biostratigraphy and evolution. *Journal of Geosciences Osaka City University*, 49(5), 59–101.
- [12] Arribas, A., Garrido, G., Viseras, C., Soria, J.M., Pla, S., Solano, J.G. et al. (2009) Mammalian lost world in southwest Europe during the Late Pliocene. *PloS One*, 4(9), 1–10.
- [13] Obada, T.F. (2010). Zametki o sistematicheskoy prinadlezhnosti drevnejshih Elephantinae Gray, 1821 (Mammalia, Proboscidea) Evropy [Notes on the systematic affiliation of the most ancient Elephantinae Gray, 1821 (Mammalia, Proboscidea) Notes on the systematic affiliation of the most ancient Elephantinae Gray, 1821 (Mammalia, Proboscidea) Europe]. P.A. Lazarev, G.G. Boeskorov, E.N. Maschenko (Ed.). Yakutsk [in Russian].
- [14] Kostopoulos, D.S. & Koulidou, I. (2015). An early mammoth maxilla from north-western Greece. *Quaternary International*, 379, 155–163.
- [15] Bukhsianidze, M. & Koiava, K. (2018). Synopsis of the terrestrial vertebrate faunas from the Middle Kura Basin (Eastern Georgia and Western Azerbaijan, South Caucasus). *Acta Palaeontologica Polonica*, 63(3), 441–461.

М.Т. Берлигужин*

Казанский федеральный университет, Казань, Россия

*e-mail: 88_max_88.88@inbox.ru

НОВЫЕ НАХОДКИ ЗУБОВ ЮЖНОГО СЛОНА ARCHIDISKODON MERIDIONALIS GROMOVI НА ТЕРРИТОРИИ НИЖНЕГО ТЕЧЕНИЯ Р. УРАЛ (ЖАЙЫК)

Аннотация. В аллювиальных отложениях около г. Уральск (Западно - Казахстанская область, Республика Казахстан) были обнаружены коренные зубы южного слона *Archidiskodon meridionalis gromovi*. В данной работе были применены общепринятые палеонтологические методы полевых и камеральных исследований: стандартная методика работы с палеонтологическим материалом для извлечения образцов от вмещающей породы; морфологический и морфометрический анализ ископаемых остатков при видовой диагностике. Были изучены серии зубов смен М3/м3 хронологически сменяющих друг друга подвидов *Archidiskodon meridionalis* из палеоплейстоценовых (средний виллафранк) местонахождений Западного Казахстана. Анализ характеристик зубов (частоты

пластин, длины одной пластины, количества пластин, толщины эмали, индекса гипсодонтности, индекса пропорции коронки) показал, что исследуемые показатели приближаются к показателям, характерным для *Archidiskodon [Elaphas] meridionalis gromovi*.

Для исследованных смен зубов весьма диагностичным оказался параметр длины одной пластины. Пределы изменчивости размеров коронки зубов у разных подвидов в значительной степени совпадают.

Ключевые слова: южный слон; мамонт; четвертичные отложения; неоплейстоцен; зуб; *Archidiskodon meridionalis*; млекопитающие; хвалынская трансгрессия; Западный Казахстан; пойма р. Урал (Жайык).

M.T. Berliguzhin*

Kazan Federal University, Kazan, Russia

*e-mail: 88_max_88.88@inbox.ru

NEW FINDINGS OF THE TEETH OF THE SOUTHERN ELEPHANT ARCHIDISKODON MERIDIONALIS GROMOVI IN THE LOWER REACHES OF THE URAL RIVER (ZHAIYK)

Abstract. Molars of the southern elephant *Archidiskodon meridionalis gromovi* were found in alluvial deposits near Uralsk (West Kazakhstan region, Republic of Kazakhstan). In this work, were applied generally accepted paleontological methods of field and cameral research: standard methods of working with paleontological material for extraction of samples from the host rock; morphometrically morphological analysis of fossil remains in the species diagnosis. Have been studied a series of teeth of M3/m3 shifts of chronologically successive subspecies of *Archidiskodon meridionalis* from paleopleistocene (middle villafrancian) localities in Western Kazakhstan. Analysis of the characteristics of teeth (frequency of plates, length of one plate, number of plates, enamel thickness, hypsodont index, crown proportion index) showed that the studied indicators are close to those characteristic of *Archidiskodon [Elaphas] meridionalis gromovi*.

For the studied tooth changes, the parameter of the length of one plate turned out to be very diagnostic. The limits of variation in the size of the crown of teeth in different subspecies largely coincide.

Keywords: southern elephant; mammoth; quaternary deposits; neo-Pleistocene; tooth; *Archidiskodon meridionalis*; mammals; khvalyn transgression; Western Kazakhstan; floodplain of the Zhaiyk river (Ural).

М.В. Рыльникова*, Н.А. Митишова

ФГБУН Институт проблем комплексного освоения недр им. академика Н.В.Мельникова
РАН, Москва, Россия

*e-mail: geo-science@mail.ru

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЖАРОВЗРЫВОБЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ПОДЗЕМНОЙ РАЗРАБОТКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ КОЛЧЕДАНЫХ РУД

Аннотация. Сульфидные руды играют чрезвычайно важное значение в развитии минерально-сырьевой базы России, как источник редких, цветных и благородных металлов. В статье обоснована актуальность решения проблемы снижения рисков взрывов сульфидной пыли с учетом изменения минерально-сырьевого баланса запасов золото-сульфидных месторождений. Однако, разработка месторождений сульфидных руд сопряжена с опасностью возникновения взрывов сульфидной пыли, развитием окислительных процессов, приводящих к самовозгоранию. Для повышения безопасности разработки сульфидсодержащих месторождений авторами разработаны новые методические подходы к оценке взрывоопасности сульфидной пыли, основанные на комплексировании модельных, лабораторных и натурных экспериментов с комплексным анализом результатов. Разработанная методика изучения основных факторов пылевзрывобезопасности является неотъемлемой составной частью системы промышленной безопасности, так как она обеспечивает возможность прогноза, оценки и оперативного определения состояния потенциальных источников пожаро-взрывоопасности при разработке колчеданных месторождений.

Ключевые слова: колчеданные руды, подземная разработка, саморазогрев, возгорание, сульфидная пыль, взрыв.

Актуальность проблемы самовозгорания колчеданных руд и взрывов сульфидной пыли в настоящее время возросла не только в России, но и за рубежом, так как произошли существенные изменения в минерально-сырьевой базе ведущих мировых производителей металлов [1–3]. Так, например, почти две трети запасов золота России заключено в коренных золоторудных месторождениях, ведущее положение среди которых занимают золото-кварцевые, золото-сульфидно-кварцевые и золото-сульфидные объекты. Важную роль играют золото-серебряные месторождения и золото-полисульфидные руды. Еще почти четверть российских запасов золота сконцентрирована в рудах комплексных месторождений, среди которых преобладают медноколчеданные и сульфидные медно-никелевые [3].

Колчеданные руды являются одними из основных видов сырья, которые имеют большое экономическое значение для горной промышленности и являются ценным ресурсом. Извлеченные из сульфидных руд ценные компоненты широко применяются в промышленном производстве изделий, например, таких как автомобильные детали, электронное оборудование и ювелирные изделия.

Наиболее распространёнными сульфидными минералами являются пирит, пирротин, халькопирит, сфалерит, галенит и другие. Из-за химической активности серы, слагающей сульфидные минералы, они подвергаются самовозгоранию, воспламенению и взрыву. Окисление сульфидных руд и пород кислородом воздуха является необратимой и характерной для сульфидов экзотермической реакцией [4], которую необходимо учитывать при добыче и переработке сульфидсодержащих полезных ископаемых для предотвращения самовозгорания руд и взрывов сульфидной пыли. Последствиями самовозгорания колчеданных руд и взрывов сульфидной пыли являются ухудшение санитарно-гигиенических условий труда, выделение ядовитых газов, повышение температуры воздуха в

выработках, поломка горного оборудования, потеря ценности полезных ископаемых, снижение видимости, загазованность горных выработок, что может привести к возникновению травматизма и аварийным ситуациям. В целом, процессы добычи, транспортировки, хранения и переработки колчеданных руд сопряжены с угрозой жизни персонала и значительными материальными потерями, что определяет необходимость изучения, прогнозирования и предотвращения развития подобных процессов и разработки мероприятий, направленных на снижения риска возникновения аварийных ситуаций.

В горной промышленности предопределяющим фактором возникновения взрыва сульфидной пыли и самовозгорания руды является минералогический состав, а именно содержание серы в колчеданных рудах. Начиная с 20-го века, отечественными и зарубежными учеными велась активная работа по изучению взрывчатых свойств сульфидной пыли и процессов окисления сульфидов кислородом воздуха [4-9]. Более, чем за 100 лет были изучены физико-химические свойства колчеданных руд, термодинамические параметры процессов воспламенения и взрыва аэрозолей сульфидов, горючие и взрывчатые свойства пылей, закономерности процессов её воспламенения под действием ударно-воздушной волны. Установлены особенности процесса окисления сульфидов в массиве и в раздробленном состоянии и факторы, сопутствующие им, а также разработан ряд профилактических мероприятий [1-6; 10-13]. Расширялась теоретическая и лабораторная база исследований, изучена специфика процессов окисления, возгорания сульфидных руд и пород и взрыва пыли, накоплены новые знания в области пожаро- взрывобезопасности при разработке месторождений колчеданных руд.

На базе выполненных ранее исследований были сформированы технические решения для обеспечения безопасной отработки медно-колчеданных месторождений с учетом технологии ведения работ и их масштабов. Однако, не смотря на значительный объем выполненных исследований, до сих пор не в полной мере представляется возможным спрогнозировать и предупредить процесс окисления сульфидов с последующим взрывом сульфидной пыли или самовозгоранием.

Основываясь на ранее выполненных научных исследованиях [1-13], изучении нормативных документов в области безопасной отработки колчеданных месторождений коллективом автором ИПКОН РАН [14-16] разработан алгоритм оценки склонности сульфидной пыли к взрывоопасности. Очевидно, что при эксплуатации рудника, необходимо в индивидуальном порядке производить оценочные, лабораторные и исследовательские работы по изучению взрывоопасности сульфидной пыли. Однако, не определен объем, порядок и последовательность проведения таких работ. То есть процесс изучения взрывоопасности пыли колчеданных руд не регламентирован на законодательном уровне. Для устранения, рассмотренного выше недостатка и правильной оценки пылевой обстановки при разработке месторождений колчеданных руд, а также при оценке эффективности применения противопопылевых мероприятий на рудниках необходимо устранить недостатки, присущие применяемым методам оценки.

Поэтому разработка методики изучения взрывоопасности сульфидной пыли, включающей комплексирование известных лабораторных методов с авторской методикой, является весьма актуальной.

Схематически последовательность алгоритма проведения исследований по оценке склонности сульфидной пыли к взрывоопасности приведена на рисунке 1.

Основными технологическими операциями при проведении исследований являются:

- подготовка образцов – изготовление шлифов, измельчение образцов руд и пород до рабочей фракции;

- рассев образцов руд и пород, представленных на исследование, с получением различных классов крупности в ходе первичной дезинтеграции с оценкой гранулометрического состава формируемых пылевых частиц в диапазоне от -40 до 250 мкм;

- лабораторные исследования по определению термической активности, температуры самовоспламенения, изучению содержания серы в различных классах крупности.

Методика оценки склонности сульфидной пыли к взрывоопасности, апробированная на ряде месторождений колчеданных руд – Шануч, Омчак, Сарылах, Сентачан, Сибайское, доказала свою работоспособность.

Важнейшим условием реализации программы-методики изучения факторов и процессов развития взрывов сульфидной пыли является наличие регламентированного технического порядка по осуществлению своевременного контроля и оценки рисков возникновения взрыва сульфидной пыли. Для эффективного функционирования системы мониторинга состояния безопасности на производственных предприятиях необходима разработка системы комплексных наблюдений за состоянием производственного объекта, позволяющие всесторонне оценить уровень взрыво и пожароопасности горного предприятия.



Рисунок 1. Алгоритм проведения оценки склонности сульфидной пыли к взрывоопасности

Концептуально оценка склонности сульфидной пыли к возникновению взрывоопасной ситуации должна базироваться на проведении лабораторных исследований по изучению геологических, структурных, химических и физических свойств пыли сульфидных минералов и на контроле описанных выше горно-технических факторов взрывоопасности.

Разработана и апробирована методика изучения главных факторов пылевзрывобезопасности для сульфидных руд и пород, которая является составной частью системы промышленной безопасности. В рамках развития научно-методических и практических основ безопасного ведения подземных горных работ разработанная методика [14-15] обеспечивает возможность комплексного анализа и оценки состояния потенциальных источников опасности, позволяет оперативно выявлять результаты воздействия различных факторов, вызывающих формирование взрывоопасной обстановки и повышенные риски при эксплуатации месторождения колчеданных руд.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Rao Y. Z., Tian C. S., Xu W., Xiao C.Y., Yuan B.Y. and Yu Y. Explosion Pressure and Minimum Explosible Concentration Properties of Metal Sulfide Ore Dust Clouds // *Journal of Chemistry* V. 2020, Article ID 7980403. <https://doi.org/10.1155/2020/7980403>
- [2] Hong R., Liu H., Xiang C., Song Y., Lv C. Visualization and analysis of mapping knowledge domain of oxidation studies of sulfide ores // *Environmental Science and Pollution Research*. 2020. V. 27. P. 5809–5824. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-07226-z>.
- [3] Государственный доклад о состоянии и использовании минерально-сырьевых ресурсов Российской Федерации в 2018 году, М.: Минприроды России, 2019. 424 с.
- [4] Скочинский А.А., Огиевский В.М. Рудничные пожары // М.: Горное дело, ООО «Киммерийский центр». – 2011 (перераб. и дополнено). – 375 с.
- [5] Веселовский В.С., Виноградова Л.Н., Орлеанская Г.Н. и др. Физические основы самовозгорания угля и руд // М.: Наука. – 1972. 148 с
- [6] Огиевский В.М., Шапатин В.А. О воспламеняемости сульфидной пыли при разработке колчеданных руд. Ж.: Цветные металлы. 1934. №8. с.27-34.
- [7] Bent H.C. Fire prevention at Noranda // *Mines Canading Mining Journal*. 1957. - №9.
- [8] Safety management of underground combustible sulphide dust // *Guideline*. Department of Industry and Resources / MOSHAB Approved. - December 1997. - Document №: ZMI578XC, Australia/
- [9] Чернявский Э.И., Захаров В.А., Зайцева И.Н., Алешин А.С., Бекчиу В.Н. Изучение взрывчатых свойств сульфидной пыли // *Труды ин-та Унипромедь*. – 1965. - Вып. VIII. – С. 115-121.
- [10] Параманов Г.П. Предупреждение взрывов сульфидной пыли на колчеданных рудниках // СПб.: СПГТИ, 1999. - 130 с.
- [11] Горинов С.А., Маслов И.Ю. Особенности применения аммиачно-селитренных взрывчатых веществ в сульфидсодержащих горных породах // *ГИАБ*. – 2017. - №12 (спец. Выпуск 33). – 24 с.
- [12] Тетерев Н.А., Ермолаев А.И., Кузнецов А.М. Взрывы сульфидной пыли // *ГИАБ*. 2018. №12 (спец. Выпуск 63). 20 с.
- [13] Матвиенко Н.Г., Воронюк А.С. Основы обеспечения безопасности освоения газоносных и склонных к самовозгоранию рудных месторождений // *ГИАБ*. – 2012. – №ОБ1. С. 160–171.
- [14] Рыльникова М.В., Митишова Н.А. Методика исследований взрывоопасности убогосульфидных руд при подземной отработке колчеданных месторождений // *Горный информационно-аналитический бюллетень*. – 2019. – № 9. – С. 41–51. DOI: 10.25018/02361493-2019-09-0-41-51.
- [15] Rylnikova M., Fedotenko V., Mitishova N. Influence of structural and textural features of ores and rocks on mine dust explosion hazard during development of pyrite deposits // *E3s web of conferences VIII International scientific conference “Problems of Complex Development of Georesources”*. 2020. DOI: 10.1051/e3sconf/202019203017
- [16] Рыльникова М.В., Айнбиндер Г.И., Митишова Н.А., Гаджиева Л.А. Исследование закономерностей возгорания сульфидных руд и пород при комбинированной разработке месторождений // *Известия Тульского государственного университета «Науки о земле» / Изд-во ТулГУ*, 2020. – № 2. – С. 341-356.

REFERENCES

- [1] Rao Y. Z., Tian C. S., Xu W., Xiao C.Y., Yuan B.Y. and Yu Y. Explosion Pressure and Minimum Explosible Concentration Properties of Metal Sulfide Ore Dust Clouds // *Journal of Chemistry* V. 2020, Article ID 7980403. <https://doi.org/10.1155/2020/7980403>
- [2] Hong R., Liu H., Xiang C., Song Y., Lv C. Visualization and analysis of mapping knowledge domain of oxidation studies of sulfide ores // *Environmental Science and Pollution Research*. 2020. V. 27. P. 5809–5824. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-07226-z>.
- [3] Gosudarstvennyi doklad o sostoyanii i ispol'zovanii mineral'no-syr'evykh resursov Rossiiskoi Federatsii v 2018 godu, M.: Minprirody Rossii, 2019. 424 s.
- [4] Skochinskii A.A., Ogievskii V.M. Rudnichnye pozhary // M.: Gornoe delo, OOO «Kimmeriiskii tsentr». – 2011 (pererab. i dopolneno). – 375 s.
- [5] Veselovskii V.S., Vinogradova L.N., Orleanskaya G.N. i dr. Fizicheskie osnovy samovozgoraniya uglya i rud // M.: Nauka. – 1972. 148 s.
- [6] Ogievskii V.M., Shapatin V.A. O vosplamenyayemosti sul'fidnoi pyli pri razrabotke kolchedannykh rud. Zh.: Tsvetnye metally. 1934. №8. s.27-34.
- [7] Bent H.C. Fire prevention at Noranda // *Mines Canading Mining Journal*. 1957. - №9.
- [8] Safety management of underground combustible sulphide dust // *Guideline*. Department of Industry and Resources / MOSHAB Approved. - December 1997. - Document №: ZMI578XC, Australia/
- [9] Chernyavskii E.I., Zakharov V.A., Zaitseva I.N., Aleshin A.S., Bekchiu V.N. Izucheniye vzryvchatykh svoystv sul'fidnoi pyli // *Trudy in-ta Unipromed'*. – 1965. - Vyp. VIII. – S. 115-121.
- [10] Paramanov G.P. Preduprezhdenie vzryvov sul'fidnoi pyli na kolchedannykh rudnikakh // SPb.: SPGGI, 1999. - 130 s.
- [11] Gorinov S.A., Maslov I.Yu. Osobennosti primeneniya ammiachno-selitrennykh vzryvchatykh veshchestv v sul'fidsoderzhashchikh gornykh porodakh // *GIAB*. – 2017. - №12 (spets. Vypusk 33). – 24 s.
- [12] Teterev N.A., Ermolaev A.I., Kuznetsov A.M. Vzryvy sul'fidnoi pyli // *GIAB*. 2018. №12 (spets. Vypusk 63). 20 s.
- [13] Matvienko N.G., Voronyuk A.C. Osnovy obespecheniya bezopasnosti osvoeniya gazonosnykh i sklonnykh k samovozgoraniyu rudnykh mestorozhdenii // *GIAB*. – 2012. – №OV1. S. 160–171.
- [14] Ryl'nikova M.V., Mitishova N.A. Metodika issledovaniya vzryvoopasnosti ubogosul'fidnykh rud pri podzemnoi otrabotke kolchedannykh mestorozhdenii // *Gornyi informatsionno-analiticheskii byulleten'*. – 2019. – № 9. – S. 41–51. DOI: 10.25018/02361493-2019-09-0-41-51.
- [15] Ryl'nikova M., Fedotenko V., Mitishova N. Influence of structural and textural features of ores and rocks on mine dust explosion hazard during development of pyrite deposits // *E3s web of conferences VIII International scientific conference “Problems of Complex Development of Georesources”*. 2020. DOI: 10.1051/e3sconf/202019203017
- [16] Ryl'nikova M.V., Ainbinder G.I., Mitishova N.A., Gadzhieva L.A. Issledovanie zakonomernostei vozgoraniya sul'fidnykh rud i porod pri kombinirovannoi razrabotke mestorozhdenii // *Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta «Nauki o zemle» / Izd-vo TulGU*, 2020. – № 2. – S. 341-356.

М.В. Рыльникова*, Н.А. Митишова

Академик Н.В. Мельников атындағы Жер қойнауын кешенді игеру мәселелері институты,
Мәскеу, Ресей

*e-mail: geo-science@mail.ru

КОЛЧЕДАН РУДАЛЫ КЕН ОРЫНДАРЫН ЖЕРАСТЫ ТӘСІЛІМЕН ИГЕРУ КЕЗІНДЕ ӨРТ-ЖАРЫЛЫС ҚАУІПСІЗДІГІН ҚАМТАМАСЫЗ ЕТУДІҢ ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ АСПЕКТІЛЕРІ

Аңдатпа. Сульфидті кендер сирек кездесетін, түсті және асыл металдардың көзі ретінде Ресейдің минералды-шикізат базасын дамытуда өте маңызды рөл атқарады. аАлайда сульфид кендерінің кен орындарын игеру сульфид шаңының жарылу қаупімен, өздігінен жануға әкелетін тотығу процестерінің дамуымен байланысты. Мақалада алтын-сульфид кен орындары қорларының минералды-шикізат балансының өзгеруін ескере отырып, сульфид шаңының жарылу қаупін азайту мәселесін шешудің өзектілігі негізделген.

Құрамында сульфид бар кен орындарын игеру қауіпсіздігін арттыру үшін авторлар нәтижелерді кешенді талдаумен модельдік, зертханалық және заттай эксперименттерді кешендеуге негізделген сульфидті шаңның жарылыс қауіптілігін бағалаудың жаңа әдістемелік тәсілдерін әзірледі. Шаң-жарылыс қауіпсіздігінің негізгі факторларын зерттеудің әзірленген әдістемесі өнеркәсіптік қауіпсіздік жүйесінің ажырамас құрамдас бөлігі болып табылады, өйткені ол колчедан кен орындарын игеру кезінде ықтимал өрт-жарылыс қауіпі көздерінің жай-күйін болжау, бағалау және жедел анықтау мүмкіндігін қамтамасыз етеді.

Негізгі сөздер: колчедан кендері, жер асты өңдеу, өздігінен қыздыру, жану, сульфидті шаң, жарылыс.

M.V. Rynnikova*, N.A. Mitishova

Institute of Comprehensive Exploitation of Mineral Resources Russian Academy of Sciences, Moscow,
Russia

*e-mail: geo-science@mail.ru

TECHNOLOGICAL ASPECTS OF ENSURING FIRE AND EXPLOSION SAFETY IN THE UNDERGROUND DEVELOPMENT OF PYRITE ORE DEPOSITS

Abstract. Sulfide ores play an extremely important role in the development of the mineral resource base of Russia, as a source of rare, non-ferrous and precious metals. However, the development of sulfide ore deposits is associated with the risk of sulfide dust explosions, the development of oxidative processes that lead to spontaneous combustion of ores. The article substantiates the urgency of solving the problem of reducing the risks of sulfide dust explosions, taking into account changes in the mineral balance of gold-sulfide deposits. To improve the safety of the development of sulfide-containing deposits, the authors developed new methodological approaches to the assessment of the explosion hazard of sulfide dust, based on the integration of model, laboratory and field experiments with a comprehensive analysis of the results. The developed methodology for studying the main factors of dust and explosion safety is an integral part of the industrial safety system, as it provides the possibility of forecasting, evaluating and promptly determining the state of potential sources of fire and explosion hazard in the development of pyrite deposits.

Keywords: pyrite ores, underground mining, self-heating, fire, sulfide dust, explosion.

¹M.Nurpeissova*, ¹K.Rysbekov, ¹A.Kenesbayeva, ²Zh.Bekbassarov, ³E.Levin

¹Satbayev University, Almaty, Kazakhstan

²Almaty University of Power Engineering & Telecommunications, Almaty, Kazakhstan

³Michigan Technological University, Michigan, USA

*e-mail: m.nurpeissova@satbayev.university

SIMULATION OF GEODYNAMIC PROCESSES

Abstract. To select an optimal and environmentally friendly technology for oil and gas development, it is necessary to estimate in advance the likely disfigurement processes of the surface terrain. To this end, it is recommended to develop predictive geodynamic models prior to start of field development, taking into consideration the geological characteristics and tectonic activity of the area under investigation, as well as the specific features of the reservoir.

Research methods. In this paper, two models of subsidence of the ground surface in a hydrocarbon field are considered: a parametric spatial model developed at Delft University of Technology and a model based on the Knoté influence function developed at the Canadian Center for Geodetic Engineering. The first method is more suitable for describing a smooth and gradual subsidence in deep gas reservoirs and allows you to assess the spatial-temporal pattern of movement of the ground surface. In the second method, geodynamic processes are modeled based on the functional relationship between reservoir compaction and subsidence of the day surface, taking into account the location of the oil reservoir, physical and mechanical properties of rocks, changes in reservoir pressure and the results of surface disfigurement monitoring and is recommended for oil fields.

Research results. A comparative analysis of these methods is carried out on the example of the Tengiz oil and gas field in Western Kazakhstan. An evaluation of the developed model accuracy is carried out by comparing the calculated values of soil subsidence with the data of radar interferometry, and estimates obtained by other researchers. Recommendations are given on the application of the considered methods in the generation of predictive models of oil and gas fields, the necessity of calculating the transfer coefficient of the reservoir compaction to the position of the day surface, taking into account the depth of the reservoir and the physical and mechanical properties of the rock massif, is indicated.

Key words: hydrocarbon deposits, ground surface, subsidence, seam roof, seam pressure, geodynamic polygon, geodetic monitoring, radar interferometry, modeling.

Introduction. The western regions of Kazakhstan are rich in hydrocarbon deposits. Here many oil and gas companies have been intensively developing fields for a long period. As a result, disfigurement of surface terrain occurs, in some places reaching significant values.

In order to assess the disfigurement characteristics of the ground surface and to prevent possible economic and environmental consequences, the Government of the Republic of Kazakhstan adopted Resolution on the creation of 30 geodynamic polygons in the areas of development of mineral deposits.

Comprehensive observations of land surface movements in many deposits are now available. However, the issue of mathematical analysis and interpretation of data to enable the generation of an objective geodynamic model and to provide stable predictive estimates of future disfigurements of surface terrain is still at the stage of development.

In this work, performed at KazNRTU named after Satbayev two methods of geodynamic modelling were applied and analyzed. One of which is based on parametric spatial model, and the other on the use of the Knoté influence function. The Tengiz field is considered as the object of research.

Research object. Tengiz field is one of the deepest and largest oil fields in the world. It was discovered in 1979, 350 km southeast of Atyrau city (Fig. 1).

Commercial production began in 1991 with putting into operation of oil and gas complex. In 1990 deal was concluded with the American company «Chevron» to develop Tengiz oil field. In 1993, government of Kazakhstan established «Tengizchevroil» JV LLP jointly with «Chevron». Currently, four companies are already partners: JSC NC «Kazmunaigas» (20%), «Chevron Overseas» (50%), «Exxon Mobil» (25%) and «LukArco» (5%).



Fig. 1. Tengiz field in Kazakhstan

Tengiz field is huge isolated carbonate platform located in the southern part of the Caspian Basin [1,2]. The sedimentary stratum consists of rocks from the Upper Devonian to Quaternary deposits. A specific feature of the field is abnormal reservoir pressure, the presence of a significant amount of hydrogen sulfide and a complex geological structure. The reservoir has a length of 160 km² and is located at a depth of more than 4000 m, and its thickness is more than 1500 m.

The carbonate massif is a single hydrodynamic system consisting of three stratigraphic objects. Object 1 is composed of rocks of the Bashkir, Serpukhov and Oka stages, object 2 is composed of rocks of the Lower Viséan-Tournaisian stages, and object 3 is Devonian sediments[3]. Geological reserves in Tengiz are estimated at 26 billion barrels, of which 19 billion barrels fall on Object 1, the remaining 7 billion on Objects 2 and 3 of this field [4]. More than 1 billion barrels have been produced so far.

Complex geodynamic monitoring is carried out systematically at the field, including: high-precision geometric leveling, seismic survey, as well as space radar survey.

According to the analysis of the results of radar monitoring of displacements of the ground surface, carried out in the period from 2004 to 2009[5], the soil subsidence accelerating in time takes place in the area of active development of the field. The maximum subsidence rate in the center of the trough is 30 mm per year. It was also found the appearance of another bowl of subsidence, located to the northeast of the first.

In general, according to the data carried out by different researchers, the trend of an increase in the rate of soil subsidence is confirmed. Thus, for the main bowl, the maximum subsidence rate in the field was in the periods 1991-2000. - 12 mm / year, 2004-2010. - 30 mm / year, in 2016-2017 mm / year - 60 mm / year [6].

Similar facts take place at other deposits in Kazakhstan and testify in favor of the need for a preliminary assessment of the geodynamic consequences of the development of deposits, based on an objective predictive geodynamic model, at the stage of production planning [9-10].

Methods for modelling the subsidence of the ground surface in oil and gas fields.

Various approaches and algorithms are used to generate predictive geodynamic models for hydrocarbon fields. In particular, the use of a stochastic model based on the influence function [7], the generate of a coupled hydrodynamic-geomechanical model of an oil field, as well as the use of cellular automata for modeling geodynamic activity. All of these methods have their own advantages and specific features that must be analyzed on the example of a specific field in order to determine the most effective approach. In this regard, the KazNRTU named after Satbayev considered and analyzed two methods for modeling the subsidence of the ground surface:

- parametric spatio-temporal model of trend, taking into account subsidence rate in the center of bowl [7];

- model based on the Knoté influence function, considering connection between subsidence of the ground surface and reservoir compaction [8];

Parametric spatio-temporal model of trend

Spatial -temporal subsidence trend model was presented in the work [9], to describe land subsidence due to gas production. In this method, height H_i of benchmark i , at the time t can be written as:

$$H_{i,t} = H_{i,t_0} + z_{i,t-t_0} + \eta_{i,t}, \quad (1)$$

where:

H_{i,t_0} – initial benchmark height before subsidence at the time t_0 ;

$z_{i,t-t_0}$ – vertical disfigurement due to gas production approximated by spatio-temporal trend model;

$\eta_{i,t}$ - noise caused by stochastic benchmark instability

According to this trend model, subsidence can be represented as:

$$z_{i,t-t_0} = v(t - t_0) \exp\left(-\frac{1}{2}r_i^2\right) + \zeta_{t-t_0}, \quad (t_0 < t < t_{\text{end}}), \quad (2)$$

Where:

- t_0, t_{end} - subsidence start time and action end of subsidence model;

- r_i – standardized radius from center of subsidence bowl to point i ;

- ζ_{t-t_0} - noise ratio, which takes into account stochastic discrepancies between spatio-temporal trend model and actual subsidence due to gas production.

Standardized radius is determined from following expression:

$$r_i^2 = \frac{(x_i - x_c)^2 + (y_i - y_c)^2}{r^2}, \quad (3)$$

where:

- x_c u y_c - center coordinates of subsidence bowl;

- r - radius from center of subsidence bowl to inflection point.

Subsidence of land surface as function of reservoir compaction.

In the development process of oil and gas fields, reservoir rocks are compacted due to volumetric compression of pores and repackaging of individual granules and grains. In this regard, during creating stable model of subsidence of the ground surface, it is necessary first of all to take into account the value of reservoir compaction. In general, compaction magnitude depends on the drop in reservoir pressure, thickness of productive layer, physical and mechanical properties of enclosing rocks and reservoir rocks[10].

Oil and gas reservoirs are generally long horizontally and relatively thin vertically. Therefore, it is assumed that reservoir is deformed in uniaxial mode in the vertical direction. In this case, compaction capacity of rock is characterized by one-dimensional compaction coefficient C_m .

For elastic isotropic rock, one-dimensional compaction coefficient can be expressed in terms of elastic modulus E and Poisson's ratio ν :

$$C_m = (1+\nu)(1-2\nu)/[E(1-\nu)] \quad (4)$$

Reservoir compaction taking into account changes in seam pressure Δp and reservoir thickness h can be determined by the following formula:

$$C = C_m \Delta p h \quad (5)$$

For transition from reservoir compression to subsidence of day surface, various expressions can be used including method using the Knoté influence function:

$$k_z = \frac{e^{\left(\frac{m^2}{R^2}\right)}}{R^2} \quad (6)$$

where: r - is horizontal distance between reservoir element and subsidence surface point, R - is radius of critical area (minimum area that gives maximum possible subsidence).

In the work [11], expression is presented for calculating subsidence of the ground surface using the the Knoté influence function, adapted for liquid mineral deposits.

$$S = -a \int_A C k_z dA \quad (7)$$

where: a - is distribution factor showing relationship between maximum reservoir compaction and corresponding subsidence of day surface,

A - is productive area,

dA - is elementary particle of productive layer.

The value of the parameter a is in the range from 0 to 1. The maximum value shows that the compaction of the reservoir is almost completely repeated by the day surface, which is unlikely, and the minimum value indicates that the disfigurement of the reservoir attenuates before reaching the ground surface, which is quite possible with a significant thickness cover layer and solid mass resistant to disfigurement. Many researchers have tried to empirically determine a more accurate relationship between the magnitude of reservoir compaction and soil subsidence. As a result, it was revealed that for large reservoirs located close to the surface of the ground, the subsidence spread coefficient will be maximum, approximately $a = 1$ [12].

However, in reality, it is not only the geometry and location of the reservoir that play a role, but also the elastic properties of the reservoir rock and overburden. Russian scientists A.S. Maznitsky and L.M. Serednitsky studied the effect of the physical and mechanical properties of the reservoir on soil subsidence, based on the expressions:

$$\Delta h = c_1 c_m h \alpha \Delta p, \quad (8)$$

$$\eta = c_2 \Delta h [2(1 - \nu_c)] \left(1 - \frac{\beta}{\sqrt{1+\beta^2}}\right). \quad (9)$$

where Δh is one-dimensional compaction of the reservoir; c_1 , c_2 are coefficients depending on the elastic properties of the overburden and the reservoir, the depth of the reservoir and its dimensions;

α is the Biot's coefficient; ν_c is the Poisson's ratio of the overburden, $\beta = H / R$ is the ratio of the reservoir depth to its radius. As a result of studying various types of reservoirs, it was found that for a sandy reservoir with a thickness of 1600 m, the ratio between soil compaction and subsidence is in the range of 0.531 to 0.590. In the case of the carbonate reservoir, the compaction and subsidence values were found to be less. It was found that the maximum compaction corresponds to the minimum values of Young's modulus and Poisson's ratio of the reservoir rocks, and also that the subsidence of the ground surface decreases with an increase in the rock hardness of the overburden, as well as with a decrease in the reservoir area.

The results of modeling the subsidence of the ground surface. At the first stage, a parametric method was applied, taking into account the speed at the center of the trough. Figure 2 shows results of analysis of radar monitoring data [13] for 2016-2017, according to which maximum subsidence rate is 58 mm. Along the profile 1-2, subsidence bowl was built according to observed values and model values calculated at the considered profile points according to formula (1).

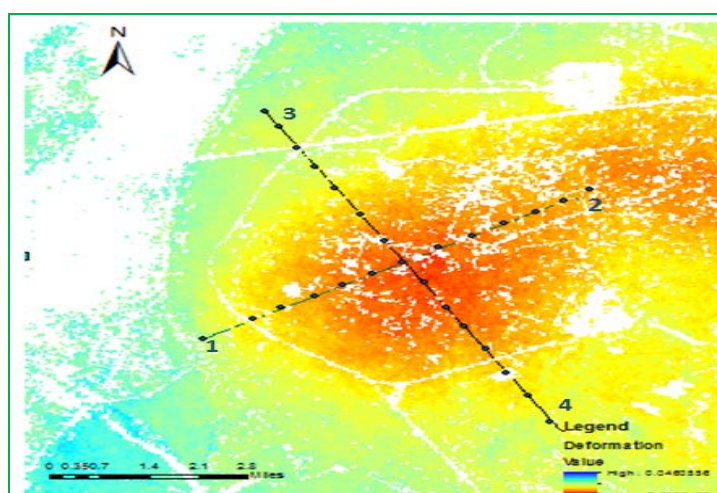


Fig.2. Subsidence bowl in Tengiz oil and gas field [7]

As can be seen from Fig. 3, model curve is flatter than actual one. At the edges of subsidence bowl, there are large values discrepancies in the subsidence of the ground surface than in bowl center, where values are more correlated with each other.

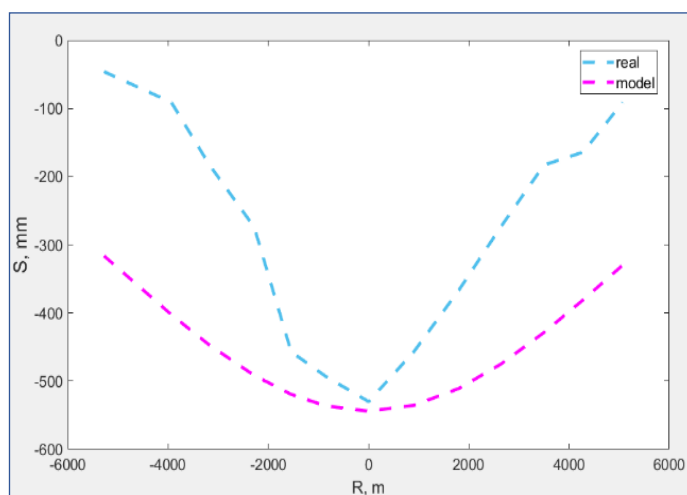


Fig. 3. Subsidence bowls obtained from observations and model

However, spatial representation of subsidence bowl (Fig. 4) speaks in favor of application of this expression with certain coefficient, which makes it possible to accelerate subsidence process in time and approach observed values of disfigurement of surface terrain. Another limiting factor of this method is the need to know the value of the rate of subsidence in the center of the trough. That is, in order to use this approach at the stage of field development planning, it is necessary to calculate a priori the likely rate of subsidence of the ground surface as a result of hydrocarbon production.

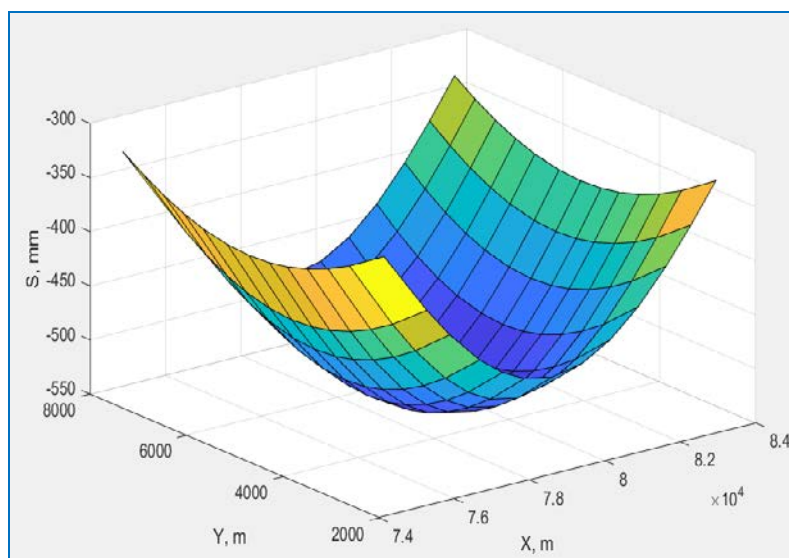


Fig. 4. Subsidence bowl obtained from the calculated data

At the second stage, the subsidence of the ground surface was simulated taking into account the compaction of the reservoir. In this approach, when calculating the model values of the subsidence of the ground surface along the profile 1-2, the values of the elastic modulus were taken, as for a carbonate reservoir, in the range of $E = 50,000 - 90,000$ MPa and the Poisson's ratio in the range of $\nu = 0.20 - 0.30$. Depending on the reservoir compaction, C took values $a = 0.55, 0.65$, and 0.75 [15]. Standard deviation from observed values of subsidence of the ground surface were respectively: 75 mm, 48 mm, 62 mm. As can be seen from Figure 5 and standard deviations, the closest imitation is obtained with value $a=0.65$.

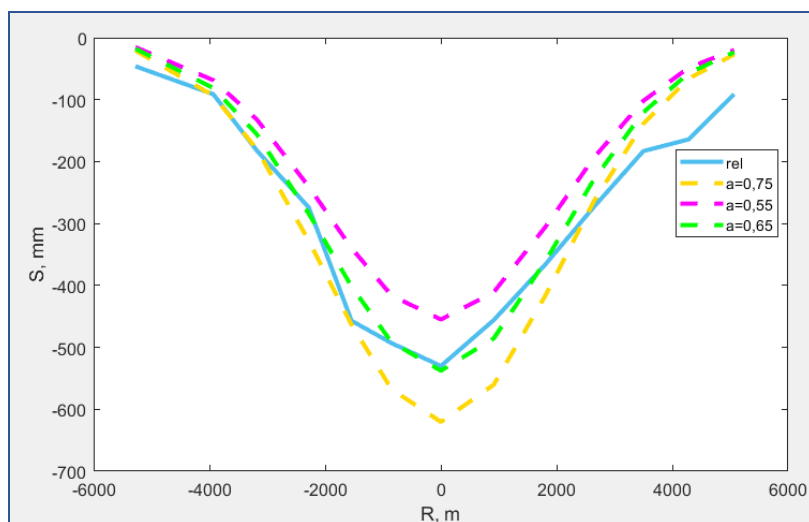


Fig.5. Comparison of real subsidence bowl with the model ones

In this method, during calculating factor a , it may be more objective to use formula that takes into account thickness of overburden and geomechanical properties of constituent rocks. Since, by what percentage of transferred reservoir compaction to day surface depends on these factors. Expression can be obtained empirically, based on data analysis number of fields. If subsidence of the ground surface is determined from observations, and reservoir compaction is also known, then by solving inverse problem it is possible to determine percentage or degree of transmission of reservoir compression to the surface. Further, it is possible to determine type of connection between parameter a and thickness of overburden H , while taking into account physical and mechanical properties of rocks of this layer, in the form of certain factor associated, for example, with Poisson's ratio. Only some difficulty lies in obtaining reliable data on various deposits that have long-term observations of disfigurement of day surface [16].

Conclusions. To create stable predictive model of oil and gas field, it is possible to use both parametric spatio-temporal trend model and method using Knoté influence function. However, in the first case, it is necessary to introduce a coefficient (multiplier) correcting the shape of the subsidence bowl in order to improve the correlation between the model and observed values of soil subsidence. In the second case, it is necessary to more accurately determine the value of the parameter a , which represents the percentage of transfer of reservoir compression to the day surface in the form of subsidence. At the same time, it is possible to use a probabilistic distribution law that takes into account the depth of the reservoir and the physical and mechanical properties of the overburden and reservoir rocks.

Taking into account the fact of an increase in the rate of subsidence of the day surface in long-term development fields, it is necessary to introduce the practice of preliminary assessment of geodynamic activity at the stage of planning the field operation. To achieve the most objective result, a comprehensive assessment of the geomechanical, hydrodynamic and geodynamic models of the hydrocarbon field can be performed.

Funding. This research has been/was/is funded by the Science Committee of the Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan (Grant No AP08857097).

REFERENCE

- [1] Environmental and industrial safety of subsoil development // edited by M. Nurpeisova. -Almaty: KazNRTU - 2016. - 435 p.
- [2] Kenesbaeva A., Nurpeisova M.B. Forecasting technogenic subsidence of the ground surface. Mining Journal of Kazakhstan, No. 11, 2018, Almaty. ISSN 2227-4766, 24-27 p.
- [3] Toleubay B. Features of seismic slope interpretation of object 1 of the Tengiz field. Oil and gas. 4 (88) -2015, 71-81 p.
- [4] Сейтмуратова Э.Ю., Зейлих Б.С., Даутбаев Д.О. Прогнозирование месторождений полезных ископаемых на основе данных ДЗЗ //Известия НАН РК . Серия геологии и технических наук, №6, 2018. – С.198-210.
- [5] Nurpeisova M., Bekbassarov Z., Kenesbayeva A., Kartbayeva K., Gabitova U. Complex evaluation of geodynamic safety in the development of hydrocarbon reserves deposits // News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan-Series of Geology and Technical Sciences. 2020. Vol.1. P.90-98. DOI: 10.32014/2020.2518-170X.11.
- [6] Grebby S., Orynassarova E., Sowter A., Gee D., Athab A. Delineating ground deformation over the Tengiz oil field, Kazakhstan, using the Intermittent SBAS (ISBAS) DInSAR algorithm. Int J Appl Earth Obs Geoinformation 81 (2019). 37-46.
- [7] W.T Witkowski and R. Hejmanowski. Software for Estimation of Stochastic Model Parameters for a Compacting Reservoir. Appl. Sci. 2020, 10, 1-12.
- [9] Ta Quoc Dung. Coupled fluid flow-geomechanics simulations applied to compaction and subsidence estimation in stress sensitive & heterogeneous reservoirs. Australian School of Petroleum, 2007, 198.

[10] Sh. Zhantayev Sh., Zholtayev G. Zh, Iskakov B., Gaipova A. Geomechanical modeling of structures oil and gas fields// News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan-Series of Geology and Technical Sciences. 2021 // <https://doi.org/10.32014/2021.2518-170X.60UDC550.83Zh>.

[11] Kiaghadi A., Sobel R.S., Rifai H.S. Modeling geothermal energy efficiency from abandoned oil and gas wells to desalinate produced water. Desalination, (414)51-62. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2017.03.024>

[12] Kenselaar, F. Quadvlieg, R. Trend-signal modelling of land subsidence. In: Session IX: Theory of deformation analysis I. 19 – 22 March 2010 Orange, California, USA, pp. 336-345.

[13] Szostak-Chrzanowski A., Chrzanowski A., Ortiz E. Modeling of ground subsidence in oil fields. Technical sciences. Pap. And Rep., No 9, Y. 2006, pp.133-146.

[14] Ashikhmin S.G. Features of methods for predicting the stress-strain state of rocks in the development of hydrocarbon deposits // Mineral Survey and Subsoil Use. – 2008. – № 2. – 38-41 p.

[15] Orynbasarova E., Kenesbaeva A., Geodynamic model of oil and gas field based on cellular automata // Bulletin of KazGASA. - No. 3 (73). - 2019. - 283-290 p.

[16] Kenesbaeva A., Nurpeisova M.B., Orynbasarova E.O. Integrated monitoring of oil and gas fields in Kazakhstan. LAP Lambert Academic publishing, Germany, 2020, 120 p.

¹М.М. Нұрпейісова*, ¹Қ.Б. Рысбеков, ¹А.Кенесбаева, ²Ш.Ш. Бекбасаров, ³Е. Левин

¹Satbayev University, Алматы, Қазақстан

²Алматинский университет энергетики и связи, Алматы, Қазақстан

³Мичиган технологиялық университеті, Мичиган, АҚШ

*e-mail: m.nurpeissova@satbayev.university

ГЕОДИНАМИКАЛЫҚ ПРОЦЕСТЕРДІ МОДЕЛЬДЕУ

Андатпа. Мұнай және газ кен орындарын игерудің тиімді және экологиялық таза технологиясын таңдау үшін жер бетіндегі ықтимал деформациялық процестерді алдын-ала бағалау қажет. Осы мақсатта қарастырылып отырған аумақтың геологиялық сипаттамалары мен тектоникалық белсенділігін, сондай-ақ коллектордың өзіндік ерекшеліктерін ескере отырып, кен орындарын игеру басталғанға дейін болжамды геодинамикалық модельдерді құру ұсынылады.

Бұл жұмыста көмірсутектер кен орнында жер бетінің шөгуінің екі моделі қарастырылады: Дельфт технологиялық университетінде дамыған параметрлік кеңістіктік модель және Канаданың геодезиялық инженерия орталығында жасалған Кнотэ әсер ету функциясына негізделген модель. Бірінші әдіс терең газ коллекторларындағы тегіс және біртіндеп шөгуді сипаттауға ыңғайлы және жер беті қозғалысының кеңістіктік-уақытша заңдылығын бағалауға мүмкіндік береді. Екінші әдіс бойынша геодинамикалық процестерді модельдеу мұнай қабатының орналасуын, жыныстардың физикалық және механикалық қасиеттерін, резервуар қысымының өзгеруін және беткі деформацияны бақылау нәтижелерін ескере отырып, коллектордың тығыздалуы мен күн бетінің шөгуі арасындағы функционалды байланыс негізінде жүзеге асырылады және мұнай кен орындары үшін ұсынылады.

Осы әдістердің салыстырмалы талдауы Батыс Қазақстандағы теңіз мұнай-газ кен орны үлгісінде орындалды. Модельді құру дәлдігі топырақтың шөгуінің есептелген мәндерін радар интерферометриясының деректерімен және басқа зерттеушілер алған бағалаулармен салыстыру арқылы бағаланды. Мұнай-газ кен орындарының болжамды модельдерін құру кезінде қарастырылған әдістерді қолдану бойынша ұсыныстар берілді, резервуардың тереңдігін және массив жыныстарының физикалық-механикалық қасиеттерін ескере отырып, коллектордың тығыздағышын күндізгі бетке беру коэффициентін есептеу қажеттілігі көрсетілген.

Негізгі сөздер: көмірсутегі кен орындары, жер беті, шөгу, қабаттың жоғарғы беті, қабат қысымы, геодинамикалық сынақ алаңы, геодезиялық бақылау, радиолокациялық интерферометрия, модельдеу.

¹М.М. Нурпеисова*, ¹К.Б. Рысбеков, ¹А.Кенесбаева, ²Ш.Ш. Бекбасаров, ³Е. Левин

¹Satbayev University, Алматы, Казахстан

²Алматы энергетика және байланыс университеті, Алматы, Казахстан

³Мичиганский технологический университет, Мичиган, США

*e-mail: m.nurpeissova@satbayev.university

МОДЕЛИРОВАНИЕ ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Аннотация. Для выбора оптимальной и экологичной технологии разработки нефтегазовых месторождений, необходимо заблаговременно оценить вероятные деформационные процессы земной поверхности. С этой целью, рекомендуется строить прогнозные геодинамические модели до начала разработки месторождений, с учетом геологических характеристик и тектонической активности рассматриваемой территории, а также специфических особенностей коллектора.

В данной работе рассмотрены две модели оседания земной поверхности на месторождении углеводородов: параметрическая пространственная модель, развитая в Дельфтском технологическом университете и модель, основанная на функции влияния Кнотэ, разработанная в Канадском центре геодезической инженерии. Первый метод, более подходит для описания плавного и постепенного оседания в глубоких газовых коллекторах и позволяет оценить пространственно-временную закономерность движения земной поверхности. Во втором методе, моделирование геодинамических процессов осуществляется на основе функциональной взаимосвязи между уплотнением коллектора и оседанием дневной поверхности, с учетом расположения нефтяного пласта, физико-механических свойств пород, изменения пластового давления и результатов мониторинга деформации поверхности и рекомендован для нефтяных месторождений.

Сравнительный анализ данных методов выполнен на примере Тенгизского нефтегазового месторождения в Западном Казахстане. Выполнена оценка точности построения модели, путем сравнения расчетных значений оседания грунта с данными радарной интерферометрии, и оценками, полученными другими исследователями. Даны рекомендации по применению рассмотренных методов при построении прогнозных моделей нефтегазовых месторождений, указана необходимость расчета коэффициента передачи уплотнения коллектора на положение дневной поверхности с учетом глубины залегания резервуара и физико-механических свойств пород массива.

Ключевые слова: месторождения углеводородов, земная поверхность, оседание, кровля пласта, пластовое давление, геодинамический полигон, геодезический мониторинг, радарная интерферометрия, моделирование.

К.Н. Трубецкой, Н.А. Милетенко *, Е.В. Федоров

ФГБУН Институт проблем комплексного освоения недр им. академика Н.В. Мельникова
РАН, Москва, Россия

*e-mail: nmilet@mail.ru

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИ СБАЛАНСИРОВАННОГО ОСВОЕНИЯ РЕСУРСОВ ЗЕМЛИ КАК ОБЯЗАТЕЛЬНАЯ СОСТАВЛЯЮЩАЯ ГАРМОНИИ НЕДР

Аннотация. Обоснована актуальность охраны пресных водных ресурсов как глобальной общепланетарной проблемы. Приведены примеры катастрофических последствий прорывов воды в процессе добычи полезных ископаемых. Представлены пути решения задачи охраны водных объектов при освоении недр Земли, направленные на предотвращение прорывов воды из поверхностных и подземных источников и обеспечивающие экологический баланс земной поверхности в районе ведения горных работ.

Ключевые слова: гармония недр, сбалансированное освоение ресурсов, гидрогеомеханика, водоупорный слой, предохранительный целик.

Одной из важнейших областей деятельности человека является горное дело, направленное на освоение ресурсов земных недр. Нарастающая технологическая нагрузка на природные экосистемы приводит к их быстрому и часто необратимому разрушению, которое по своим масштабам постепенно принимает глобальный характер.

При этом, в какой бы степени недра не были исчерпаны, общество не может существовать, когда их использование невозможно. Поэтому получение полезных ископаемых является сегодня и в обозримом будущем безальтернативной необходимостью для самого факта существования человека. От того, как в наше время будет организовано это производство, какие ограничения и допуски будут наложены на его развитие, в широком смысле зависит сохранение или необратимое разрушение подвижного равновесия в природной среде, сложившегося за геологические периоды развития планеты.[1].

На протяжении развития человеческой цивилизации философы и ученые обращаются к вопросу гармонии в природе. Соразмерность естественных структурных блоков пород, слагающих геологическую структуру, в геомеханике называют гармонией недр. Понятие 8 принадлежит В.И.Вернадскому и П.К.Соболевскому, которые всегда утверждали, что в недрах строгий порядок и полная гармония.

Идею «Гармония недр» в дальнейшем развил профессор А.Ж.Машанов [2]. Закон гармонии – это всеобщий закон строения земной коры. Гармония недр означает соответствие между телом (горным массивом) и слагающими его частями, структурными блоками пород, которые возникли в соответствии с характером деформации массива, сложенного этими блоками. Данное представление вытекает из наблюдения многочисленных фактов, характеризующих условия залегания массивов горных пород. И систему трещин можно характеризовать как соразмерное, имеющее строгую закономерность, явление.

Массив горных пород с точки зрения строительной механики представляет собой весьма сложную конструкцию, состоящую из многочисленных элементов, различным образом соединенных и взаимодействующих между собой. Помимо того, в массиве постоянно происходят геологические, физические, химические и др. процессы, в нем перемещаются подземные воды, мигрируют газы и растворы. Образно говоря, массив горных пород, включающий в себя наносы, земную поверхность и расположенные на ней природные объекты, напоминает в какой-то степени организм, в котором постоянно (быстро или очень медленно) происходят различные изменения: что-то зарождается, что-то развивается, что-то

разрушается и исчезает. Он реагирует (подчас весьма активно) на всякое вмешательство извне. Многие виды реакций нам еще не известны, но уже теперь можно привести тысячи примеров непредвиденных отрицательных последствий деятельности человека в недрах Земли.

Одними из важнейших составляющих массива горных пород, испытывающих влияние в процессе освоения земных недр, являются водные объекты как на поверхности (реки, озера, водохранилища и др.), так и подземные водоносные горизонты – источники естественного и искусственного скопления вод. Водные ресурсы на территории Земли распространены неравномерно, в частности, Республика Казахстан обладает дефицитом водных ресурсов и поэтому проблема защиты горных выработок и сохранения водных объектов при освоении недр в этой стране не стоит. Однако, учитывая значимость воды как важнейшего компонента жизнедеятельности людей, а также одного из самых ценных видов минерального сырья, вопросы гармонии недр необходимо рассматривать именно с позиции экологически сбалансированного освоения ресурсов Земли с учетом охраны при этом водных объектов. Этот вопрос стал настолько актуальным в планетарном масштабе, что его значимость закреплена решением Генеральной Ассамблеи ООН отмечать ежегодно Всемирный день водных ресурсов с целью обратить внимание на важность доступа к пресной воде всех людей на планете, а также пропаганды рационального использования водных ресурсов.

Так, известны случаи, когда в результате ведения горных работ на огромной площади исчезала вода из колодцев, понижался уровень грунтовых вод или, наоборот, создавались озера и болота. В тех и других случаях нередко гибли леса и посевы. Это то, что происходит на поверхности и наблюдается визуально. Внутри массива горных пород нередко протекают более сложные процессы, обнаружить которые без специальных исследований не всегда удастся. Вопросы гармонии недр в определенной степени затрагиваются многими научными дисциплинами горного производства. Управление деформационными процессами относится к области механики горных пород, которая зародилась и сформировалась на стыке ряда наук, в том числе классической и строительной механики, сопротивления материалов, подземной гидрогазодинамики и смежных разделов горной науки. Поэтому в ней широко используются многие положения, методы и приемы, заимствованные из этих наук.

В последние 20-30 лет сформировалась новая дисциплина – гидрогеомеханика. При этом под гидрогеомеханическими процессами понимается изменение деформационных, прочностных и фильтрационных свойств массива горных пород под воздействием техногенной деятельности в районах влияния на водные объекты. В результате техногенного воздействия (т.е. в процессе добычи полезных ископаемых) происходит изменение гидрогеомеханического состояния массива горных пород, нарушающее гидрологическое и как следствие, биологическое равновесие в районе ведения горных работ, нарушается естественное положение подземных водных горизонтов и поверхностных водных объектов. В процессе рассмотрения данного вопроса нами было проанализировано около 300 случаев прорыва воды, которые представляют собой уникальный фактический натурный материал, созданный совместным влиянием природных условий и техногенного воздействия в процессе добычи полезных ископаемых. В среднем за один год на горнодобывающих предприятиях нашей страны происходит около 6 аварийных ситуаций разной степени сложности, связанных с прорывами воды и плавунных пород в горные выработки. Результатом воздействия воды при освоении недр также стал гигантский провал на земной поверхности при отработке Верхнекамском месторождении калийных солей (рис.1).

Особую актуальность приобретает этот вопрос при ликвидации угольных шахт, вследствие чего появляется опасность затопления нижележащих выработок действующих шахт, а также загрязнение поверхностных и подземных водных объектов, имеющих важное значение для жизнедеятельности региона. Так, например, вследствие закрытия целого ряда угольных шахт в Ростовской обл. произошло скопление большого количества подземных вод, создавших огромное гидростатическое давление в районе шахты Западная-Капитальная, что

стало причиной аварии на этой шахте, приведшей к прорыву и затоплению части выработок и в итоге к катастрофическим последствиям.



Рисунок 1. Провал на земной поверхности при отработке Верхнекамского месторождения калийно-магниевых солей

В связи с загрязнением питьевых горизонтов низовье Дона (где ранее никогда не было проблем с чистой водой) - г. Шахты, Новошахтинск - оказались без чистой воды и питьевую воду получали из соседней Вологодской области по часам.

Перемещение воды в массиве происходит по системе образованных в результате техногенного воздействия трещин. Важным фактором, способствующим предотвращению или снижению вероятности прорыва воды в горные выработки шахт, является наличие водоупорного слоя, выполняющего роль экрана, его местоположение относительно разрабатываемого пласта и источника поступления воды, а также его мощность.

При этом есть существенная разница между геологической мощностью водоупорного слоя и мощностью ненарушаемой части этого слоя. Эта разница обнаруживается в результате анализа образования секущих трещин в массиве горных пород, представленной на рис 2.

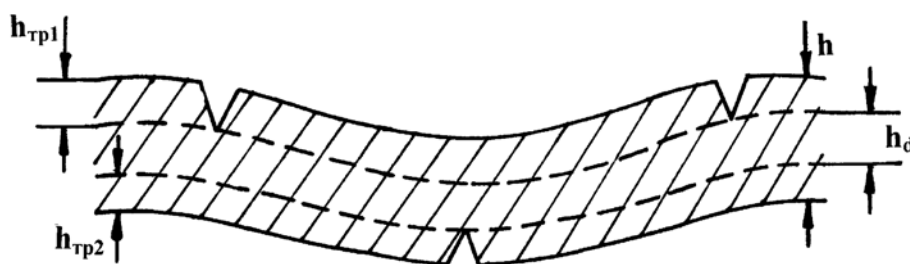


Рисунок 2. Схема к определению мощности водоупорного слоя $h - h_{тр} \geq 0,2y$, где h – геологическая мощность водоупорного слоя, м; $h_{тр}$ – глубина развития трещин в слое водоупора, м; y – остаточный напор, отсчитываемый от кровли разделяющего слоя водоупорных пород, м; h_d – мощность не нарушаемого слоя.

Т.е. эффективную мощность водозащитного слоя следует определять как разность между геологической мощностью водоупорного слоя и глубиной развития трещин в слое водоупора.

Практика ведения горных работ под водными объектами показала, что отработка запасов угля осуществляется в весьма широком диапазоне условий: от абсолютно безопасных до весьма опасных. Для своевременного выбора мер защиты выработок от затопления нами разработана классификация условий ведения горных работ под водными объектами. В качестве основного классификационного признака принята способность подработанного массива пропускать воду, выраженная отношением

$$M/\eta_{\max},$$

где M - расстояние от почвы водного объекта до кровли разрабатываемого пласта, м; .

$\eta_{\max}$ - максимальное оседание (прогиб) слоя, м.

Еще одной важной задачей при освоении недр в районе влияния на водные объекты является вопрос подработки протяженных водных объектов.

Предложенный нашим Институтом способ позволяет существенно повысить эффективность отработки запасов и предотвратить негативные для окружающей среды последствия в виде осушения самого водного объекта, заболачивания окружающей местности и затопления горных выработок. Суть метода состоит в том, в предохранительном целике непосредственно под водным объектом отрабатывается лава, параметры которой рассчитываются по формуле таким образом, чтобы водный объект попадал в зону сжатия и в толще пород не образовывалось сквозных водопроводящих трещин, соединяющих водоем с горными выработками [3]. Другим направлением развития исследований в институте является разработка подхода, основанного на изучении условий развития магистральных трещин в подрабатываемом массиве пород при учете гидростатического давления воды в трещинах и природных горизонтальных боковых напряжений [4,5].

Сбалансированное состояние водных ресурсов как неотъемлемая часть гармонии недр ставит перед нами необходимость поиска новых решений, обеспечивающих безопасное освоение массива горных пород с учетом минимального влияния на водные объекты. Вопрос сохранения баланса между внедрением человека в недра и состоянием этих недр является весьма важным, поскольку ставит человечество перед выбором дальнейшего пути развития: быть ли ему по-прежнему ориентированным на безграничный рост производства или этот рост должен быть согласован с реальными возможностями природной среды и 11 человеческого организма, соразмерен не только с ближайшими, но и с отдаленными целями социального развития.

Один из учителей Акжана Жаксынбековича Машанова - Петр Константинович Соболевский сказал о задачах горнорудного производства следующее: «Перед горнорудным производством ставится факт найденной в недрах Земли ц е н н о с т и и связанная с этим фактом задача извлечь эту ценность из недр, извлечь наиболее экономично, планомерно, быстро, с наименьшей затратой энергии, с наименьшими потерями вещества этой ценности, при соблюдении полной безопасности горных работ».

И только посредством применения экологически сбалансированных подходов при их освоении возможно решение общей задачи гармонии недр.

В заключение хотим пожелать всем горнякам в своих дальнейших трудах на благо и процветание родной земли посредством освоения подземного пространства опровергнуть слова известной песни Людмилы Сенчиной «В жизни как обычно нет гармонии...» - доказать, что имеющаяся в недрах гармония должна всегда оставаться и поддерживаться усилиями горняков, как гарант благополучной и безопасной жизни человека на Земле.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Трубецкой К.Н. Состояние и основные направления освоения ресурсов земных недр. Вестник высших учебных заведений. Геология и разведка. 2020; 63(3):С. 8—15.
- [2] Машанов А.Ж. Изучение структуры Акбастау-Космурынского рудного поля. – Алма-Ата: 1965. – С.18-21.
- [3] Способ рекультивации деформированием земной поверхности береговой зоны водных объектов. Трубецкой К.Н., Иофис М.А., Поставнин Б.Н., Грицков В.В., Митишова Н.А., Навитная А.А. Патент РФ RUS 2206749 10.04.2001.
- [4] Трубецкой К.Н., Иофис М.А., Милетенко И.В., Милетенко Н.А., Одинцев В.Н. Проблемы комплексного гидрогеологического и геомеханического техногенного воздействия на геосреду. В сб. Фундаментальные проблемы формирования техногенной геосреды. – Екатеринбург: ИГД УрО РАН, 2012. – С. 23-28.
- [5] Милетенко И.В., Милетенко Н.А., Одинцев В.Н. Новый геомеханический подход к прогнозу опасных гидрогеологических процессов при подземной разработке твердых полезных ископаемых // ГИАБ. – 2011. - №7 . – С.103-108.

REFERENCES

- [1] Trubetskoi K.N. Sostoyanie i osnovnye napravleniya osvoeniya resursov zemnykh nedr. Vestnik vysshikh uchebnykh zavedenii. Geologiya i razvedka. 2020; 63(3):S. 8—15.
- [2] Mashanov A.Zh. Izuchenie struktury Akbastau-Kosmurynskogo rudnogo polya. – Alma-Ata: 1965. – S.18-21.
- [3] Sposob rekul'tivatsii deformirovaniem zemnoi poverkhnosti beregovoi zony vodnykh ob'ektov. Trubetskoi K.N., Iofis M.A., Postavnin B.N., Gritskov V.V., Mitishova N.A., Navitnyaya A.A. Patent RF RUS 2206749 10.04.2001.
- [4] Trubetskoi K.N., Iofis M.A., Miletenco I.V., Miletenco N.A., Odintsev V.N. Problemy kompleksnogo gidrogeologicheskogo i geomekhanicheskogo tekhnogenno go vo zdejstvija na geosredu. V sb. Fundamental'nye problemy formirovaniya tekhnogennoi geosredy. – Ekaterinburg: IGD UrO RAN, 2012. – S. 23-28.
- [5] Miletenco I.V., Miletenco N.A., Odintsev V.N. Novyi geomekhanicheskii podkhod k prognozu opasnykh gidrogeologicheskikh protsessov pri podzemnoi razrabotke tverdykh poleznykh iskopaemykh // GIAB. – 2011. - №7 . – S.103-108.

К.Н. Трубецкой, Н.А. Милетенко *, Е.В. Федоров

Академик Н.В. Мельников атындағы Жер қойнауын кешенді игеру мәселелері институты,
Мәскеу, Ресей

*e-mail: nmilet@mail.ru

ЖЕР ҚОЙНАУЫ ҮЙЛЕСІМІНІҢ МІНДЕТТІ КОМПОНЕНТІ РЕТІНДЕ ЖЕР РЕСУРСТАРЫН ЭКОЛОГИЯЛЫҚ ТҰРҒЫДАН ИГЕРУДІ ҚАМТАМАСЫЗ ЕТУ

Андатпа. Ғаламдық маңызды мәселе тұрғысынан тұщы су ресурстарын қорғаудың өзектілігі дәлденген. Пайдалы қазбаларды игеру кезінде судың жерасты қазбаларына кіріп кету апаты салдарынан мысалдар келтірілген. Жер қойнауын игеру кезінде жерасты суынан нысандарды қорғау мәселелерін шешудің жолдары ұсынылған, олар жер үсті және жерасты кен игеру кездерінде судың ашылуын болдырмауға және кен өндіру аймағында жер бетінің экологиялық тепе-теңдігін қамтамасыз етуге бағытталған.

Негізгі сөздер: жер қойнауының нйлесімі, ресурстарды игеру, гидрогеомеханика, су ыткізбейтін қабат, сақтандыру кентірегі.

K.N. Trubetskoy, N.A. Miletenko*, E.V. Fedorov

Institute of Comprehensive Exploitation of Mineral Resources Russian Academy of Sciences,
Moscow, Russia

*e-mail: nmilet@mail.ru

ENSURING ECOLOGICALLY BALANCED DEVELOPMENT OF RESOURCES OF EARTH AS OBLIGATORY COMPONENT OF HARMONY OF SUBSOIL

Abstract. The relevance of protection of fresh water resources as a global all-planetary problem is proved. Examples of catastrophic consequences of breaks of water in the course of mining are given. The solutions of a task of protection of water objects at development of mineral resources of Earth directed to prevention of breaks of water from superficial and underground sources and providing ecological balance of the earth's surface around conducting mining operations are presented.

Keywords: harmony of subsoil, balanced development of resources, hydrogeomechanics, waterproof layer, safety.

K.K. Kolumbetova*

Institute of seismology LTD, Almaty, Kazakhstan

*e-mail: kolumbetova@gmail.com

RELATIONSHIP BETWEEN ROCK DEFORMATION AND THE GEOPHYSICAL AND FLUID PROCESSES OF THE EARTH'S CRUST

Abstract. Tien-Shan seismogen (TSS) is the modern mobile macro-fissure structural heterogeneity of lithosphere within which geodynamical processes occur accompanying intensive tectonic movements in earth's crust and seismic phenomena [10]. The TSS is distinguished as a whole structural formation in the area of the joint structure of the Urals and Western Siberia with the structures of Central Asia by means of a complex of interpretation and analysis of a whole range of materials: geological, geophysical, etc. [1]. In order to study the current geodynamics of the structural irregularities of the Earth's crust in the territory of North Tien Shan, which is the most seismically active in Central Asia, comprehensive geophysical studies are being conducted. Monitoring consists of three permanent observation points with a 24-hour programme. Those points are situated on seismic active part of Northern Tien-Shan. Kurty point is located in flat part of monitoring area (area with weak seismicity of the earth's crust) and other points, Turgen and Medeo are located in seismic active part of Tien-Shan.

Strainmeters are oriented in the North-South and East-West directions. Based on the experimental data obtained at Kurty, Medeo and Turgen points the bank of data was created. It contains hourly, daily, monthly and annual average values of deformations calculated by directions C-Y and B-3, as well as their modules.

In this paper, the link between the deformation of rocks and atmospheric processes (the link between rock deformation and concentration density of electrons in ionospheric layers) are researched.

According to trends, electron concentration in E layer increases but in higher layers decreases. Rock deformation in Medeo and Turgen area changes synchronously with the dynamics of the electron concentration in E layer and in Kurty area is antiphase.

As a result, it is possible to trace the dependencies and links between the deformation of rocks and the geophysical and fluid processes of the Earth's crust, which, after analyzing and interpreting the data obtained experimentally, can be traced.

Keywords: Rock deformation, structural heterogeneities, earth's crust, deformography observations, geophysical process.

Introduction. For research purposes of modern geodynamics of earth's crust structural heterogeneities on Northern Tien-Shan territory which is the most seismic active in Central Asia comprehensive geophysical surveys are being conducted. Deformography observation monitoring was created including three observation points Kurty, Medeo and Turgen. In more than three decades at these observation points was collected a big amount of experimental materials about the current deformation of rocks formations. However, the physical nature of the deformations observed under natural conditions has not been investigated. In this paper for the first time was researched the fine structure of rock deformations in details and were identified the sources of the interrestrial and extraterrestrial energies under the influence of which changes the stress-strain state of the upper part of the earth's crust.

Connection between deformation and atmosphere processes. Atmospheric pressure and concentration of electrons in ionospheric layers E, F_1 , F_2 . can be taken as indicator of changes in atmospheric processes

Connection between solid deformation and electron density in ionospheric layers. The ionosphere has three layers. The bottom layer E, in the middle part is layer F_1 and upper layer is F_2 .

In figure 1 graphs of electron density change in all of the layers are introduced (materials are provided by Institute of Ionosphere MES RK). The observations are made from Almaty observatory. According to trend components electron concentration in E layer increases and in top layers

decreases. Solid deformation in Medeo and Turgen areas changes synchronically with dynamic of electron concentration in E layer (figure 1) and in Kurty area out of phase.

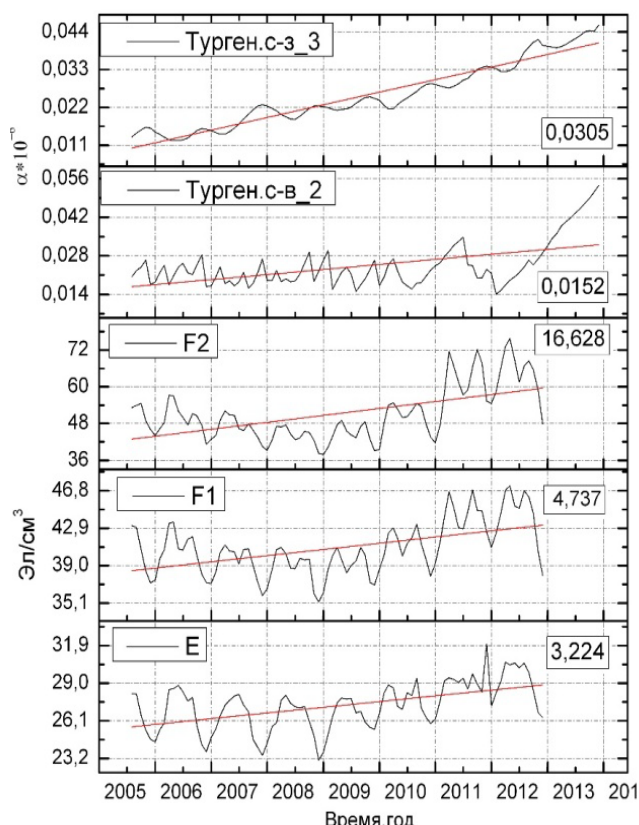


Figure 1. Graphs of average monthly deformational measurements on Turgen station and electron concentration of E, F₁, F₂ on Almaty station

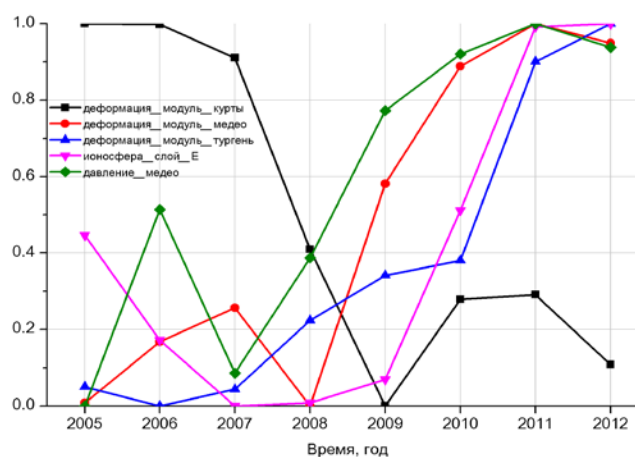


Figure 2. Graphs of changes in time of deformation modulus, electron concentration in E layer and atmosphere pressure.

Connection of deformation and atmosphere pressure. Values of deformation modules, according to trend components, vary from $-1.45 \cdot 10^{-9}$ to $+16 \cdot 10^{-9}$. Deformation is calculated by average monthly data on Kurty and Turgen stations in 2005-2011 and synchronically decreased with a velocity $6.6 \cdot 10^{-18} 1/sec$, while on Medeo station it was increasing with a velocity $7.3 \cdot 10^{-17} 1/sec$ (figure 3).

Increments $\Delta\alpha_{T-K}$, $\Delta\alpha_{M-K}$ in the same years have been increased.

Atmosphere pressure on Medeo station where α_M increased in 2005-2011 period, increased with a velocity $1.81 \cdot 10^{-8} 1/sec$. On Kurty and Turgen stations where α_M decreased pressure decreased. Values of deformation α_M by average annual data on stations change from $-1.6 \cdot 10^{-3}$ to $14.6 \cdot 10^{-3}$ (figure 4). On Kurty and Turgen stations α_M decreased with a velocity from $7.2 \cdot 10^{-18} 1/sec$ down to $5 \cdot 10^{-17} 1/sec$. Increments $\Delta\alpha_M^{T-K}$ and $\Delta\alpha_M^{M-K}$ have been increasing with a velocity up to $1.2 \cdot 10^{-16} 1/sec$. Thus, dependence of α_M on atmosphere factors doesn't cause any doubt.

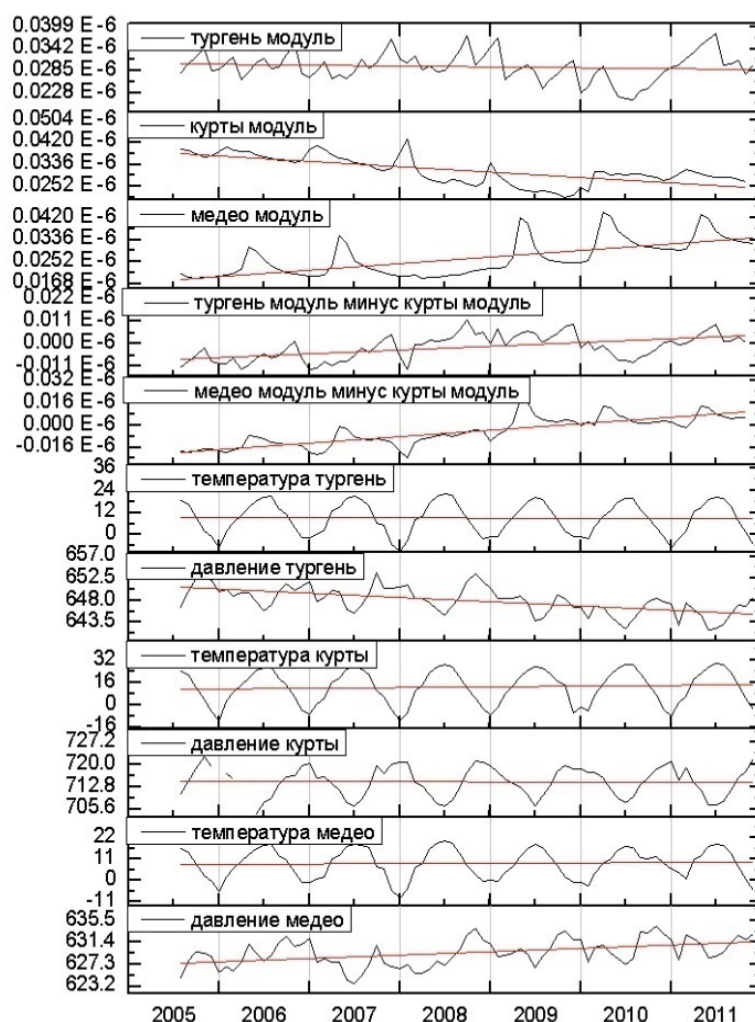


Figure 3. Average monthly data of deformation modulus, deformation differences of temperature modulus (T, °C) and pressure (P, mm Hg).

Table 1. Solid deformation velocity

Station	Deformation α , velocity α/t , 1/sec					
	$\alpha C-I O$	$\alpha/t, 10^{-17}$	$\alpha B-3$	$\alpha/t, 10^{-17}$	αM	$\alpha/t, 10^{-17}$
Kurty	$-1.19 \cdot 10^{-8}$	-3.8	$-5.9 \cdot 10^{-9}$	-3.4	-	-1
	$-1.2 \cdot 10^{-8}$		$-6 \cdot 10^{-9}$		$-1.4 \cdot 10^{-9}$	
	$-8.5 \cdot 10^{-9}$		$-7.6 \cdot 10^{-9}$		$-1.6 \cdot 10^{-9}$	
Medeo	$2.7 \cdot 10^{-9}$	2.10	$1.9 \cdot 10^{-8}$	7	-	7
	$2.3 \cdot 10^{-9}$		$1.8 \cdot 10^{-8}$		$1.6 \cdot 10^{-8}$	
	$4.3 \cdot 10^{-9}$		$1.5 \cdot 10^{-8}$		$1.5 \cdot 10^{-8}$	
Turgen	$3.7 \cdot 10^{-9}$	1.3	$-7 \cdot 10^{-9}$	-3	-	-5
	$3.9 \cdot 10^{-9}$		$-6.8 \cdot 10^{-9}$		$-1.4 \cdot 10^{-9}$	
	$2.8 \cdot 10^{-9}$		$-6 \cdot 10^{-9}$		$-1.1 \cdot 10^{-8}$	

Solid deformation velocity calculated by average annual trend α_M vary from $-5 \cdot 10^{-17}$ $1/sec$ up to $7 \cdot 10^{-17}$ $1/sec$. The velocity of pressure change varies from $-2 \cdot 10^{-8}$ mm up to $1.7 \cdot 10^{-9}$ mm. Average annual atmosphere pressure on Kurty and Turgen stations increased but α_M deformation decreased.

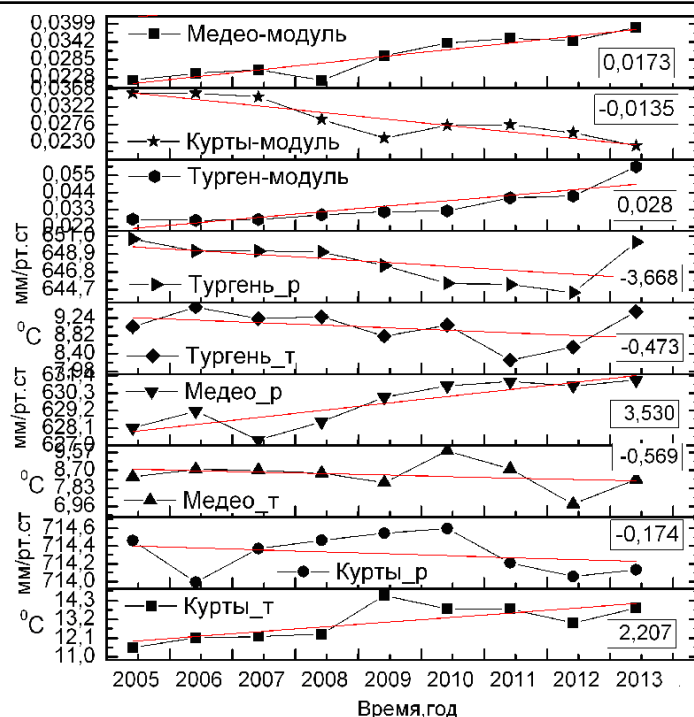


Figure 4. Graphs of average annual modules of deformation data, temperature and pressure on Turgun, Kurty and Medeo stations

Connection between deformation and earth processes. As an indicator of deformation processes change were used:

seismic energy of earthquakes with $K \geq 5.0$ happened in 2005-2013 years on 410-440 of northern latitude and 760-790 of eastern longitude coordinates territory;

relations of V_p and V_s velocities $\frac{V_p}{V_s}$ calculates by earthquakes data on 410-440 northern latitude and 760-790 eastern longitude territory;

the change of the groundwater level.

Connection between deformation measurements and earthquakes. Between deformation measurements and amount of weak earthquakes the synchronicity in their dynamic is observed (figure 5.26). However, dependence of seismic energy on solid deformation is not established.

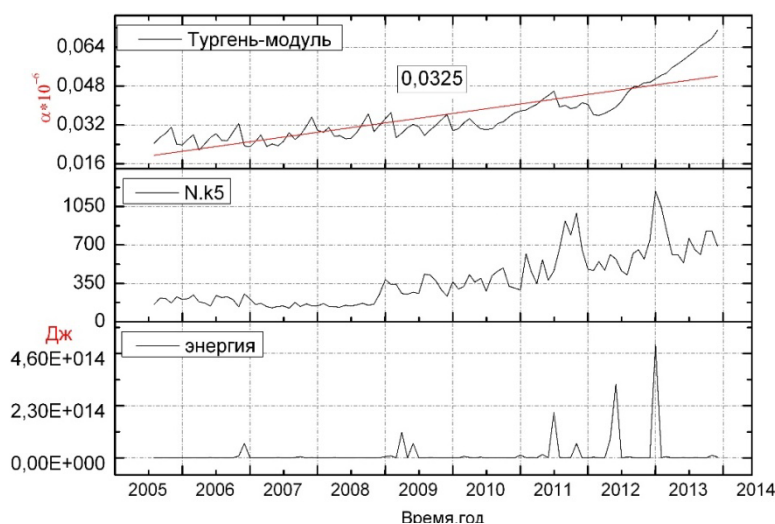


Figure 5. Average monthly deformation modules on Turgun station, seismic energy and earthquakes amount

Connection between solid deformation and relations of velocities $\frac{V_p}{V_s}$. In figures 6-7 is seen that between α_M on Kurty and Turgen stations and relation of velocities $\frac{V_p}{V_s}$ the connection is not observed.

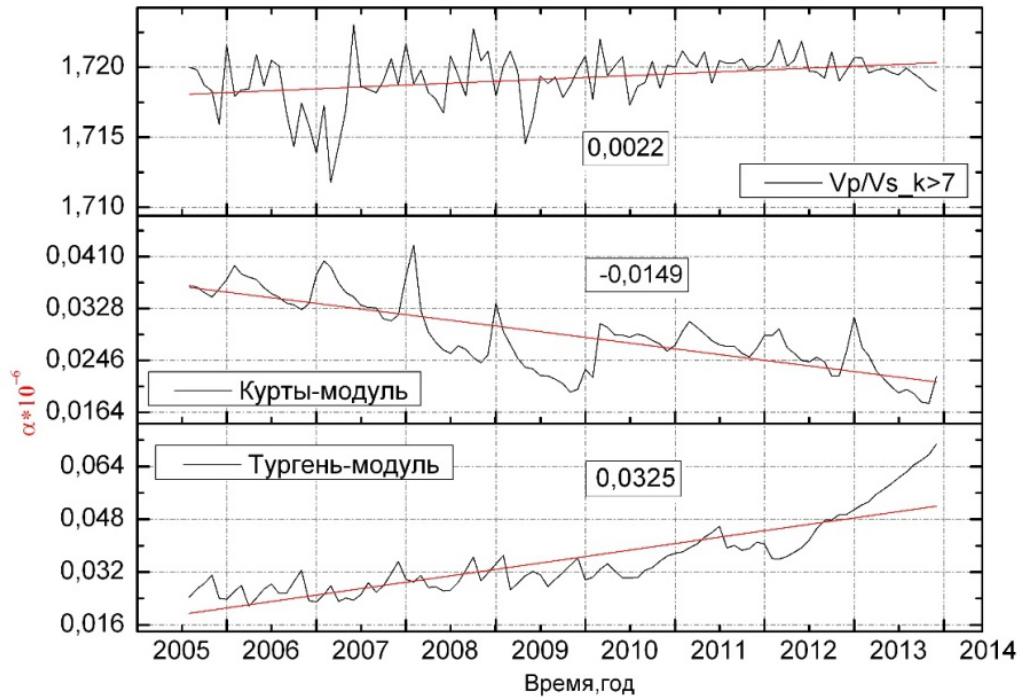
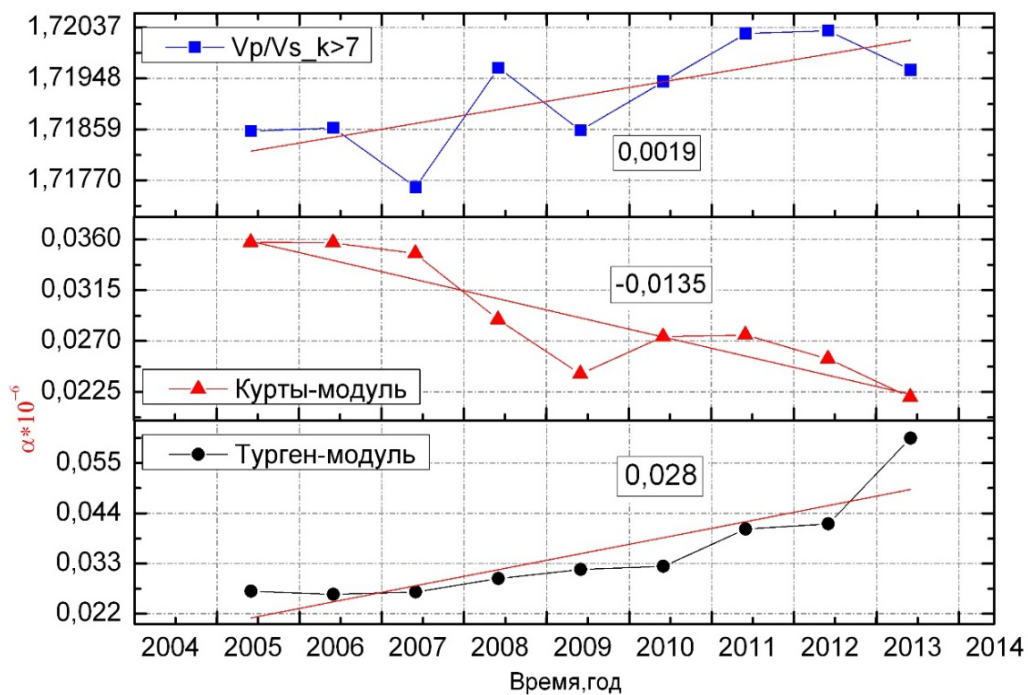


Figure 6. Graphs of average monthly $\frac{V_p}{V_s}$ for $K \geq 7$ deformation modules on Turgen and Kurty stations



Figures 7. Graphs of average annual $\frac{V_p}{V_s}$ for $K \geq 7$ deformation modules on Turgen and Kurty stations

Tight connection between solid deformation and the groundwater flow rate is distinctively seen in figure 8. Correlation coefficients between deformation components and water flow rate reaches up to 0.8-0.9.

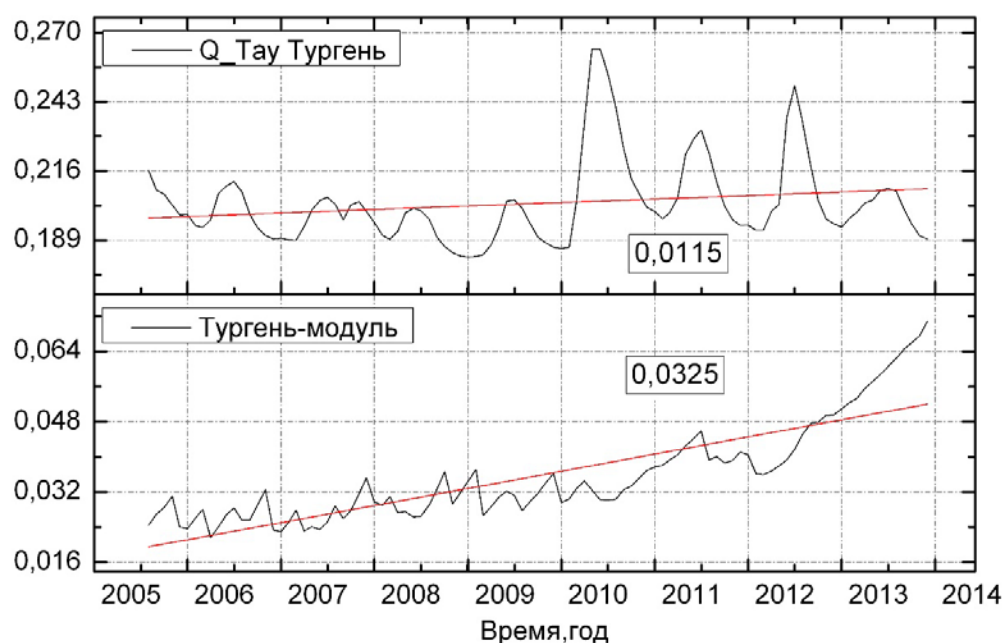


Figure 8. Average monthly deformation modules on Turgen station and water flow rate in the Tau-Turgen well.

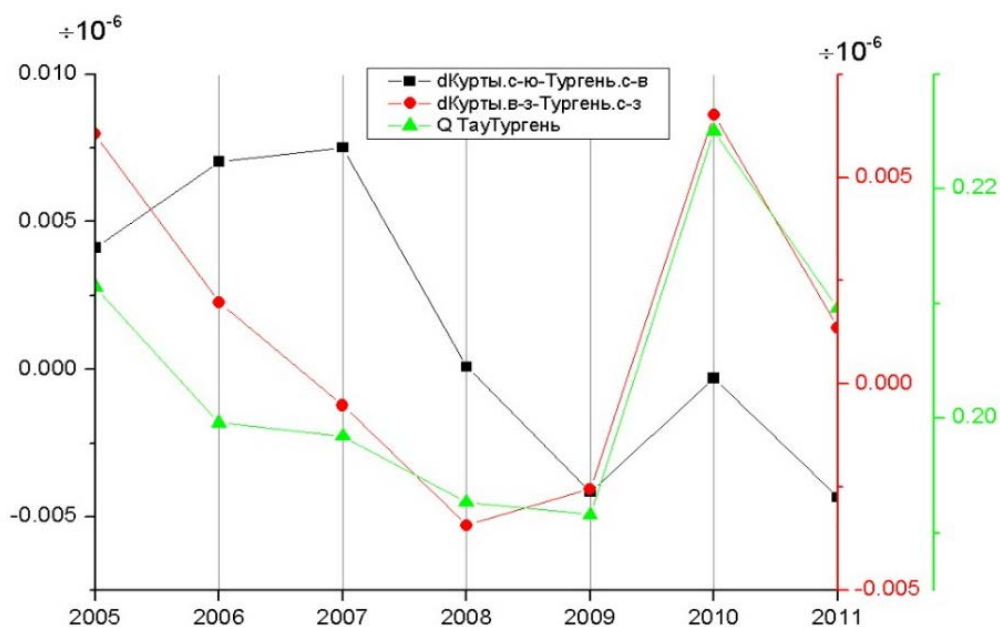


Figure 9. Average annual differences observed deformations on Kurty-Turgen stations and flow rate of water on Tau-Turgen station.

Conclusion. Thus, as a result of research it was established that on temporal dynamics of deformation of structural heterogeneities of the earth's crust prevailing influences are physical phenomena occurring on the earth's surface being influenced of atmosphere masses circulation and changing the constituent elements of the gravitational field. The role of this kind of force factors prevail over the stress effects created in the focal zones of strong earthquakes by tectonic processes.

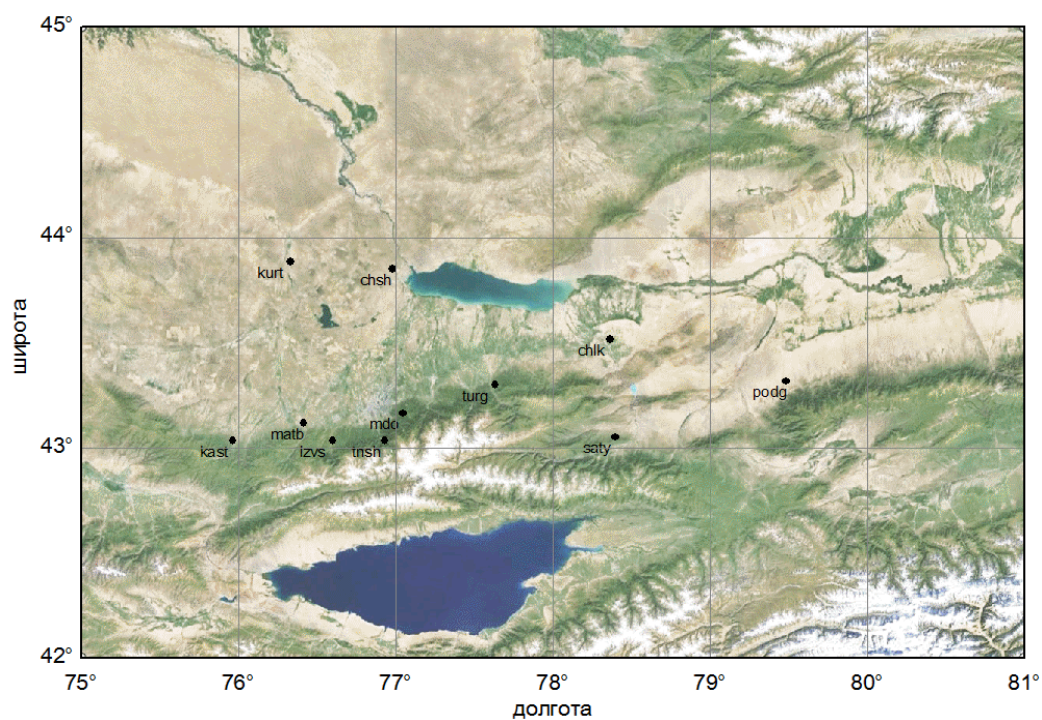


Figure 10. Vectors of observed deformation on Kurty, Medeo and Turgen in 2005-2013 years.

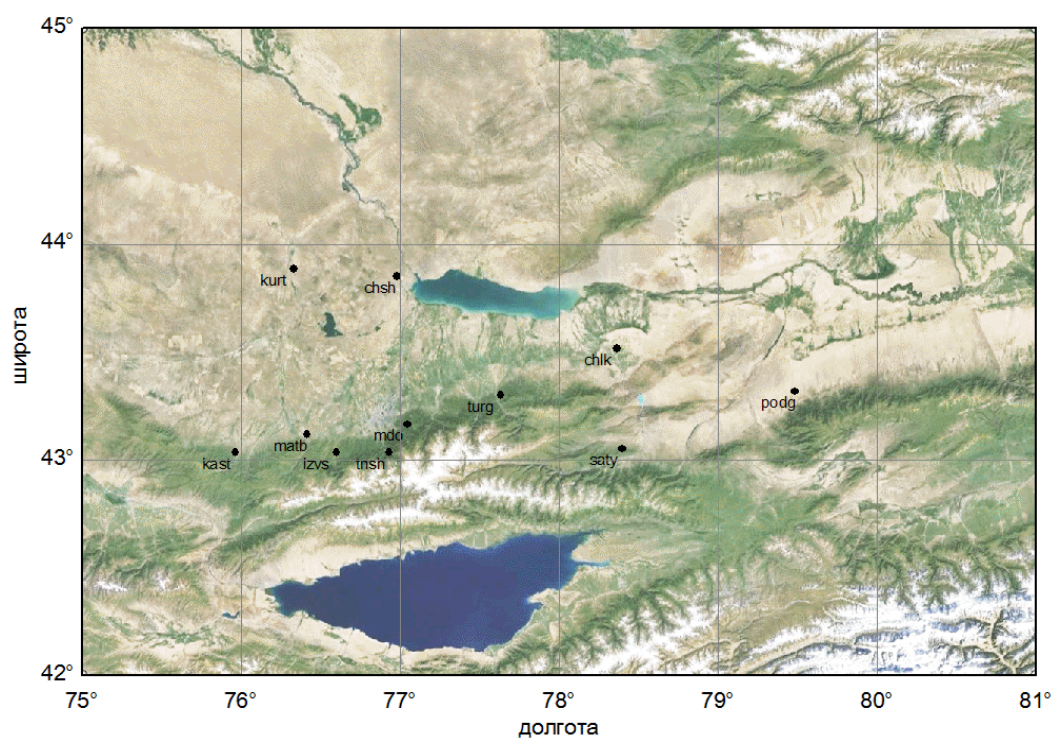


Figure 11. Seasonal changes of observed deformation on Kurty, Medeo and Turgen stations in 2005-2013 years.

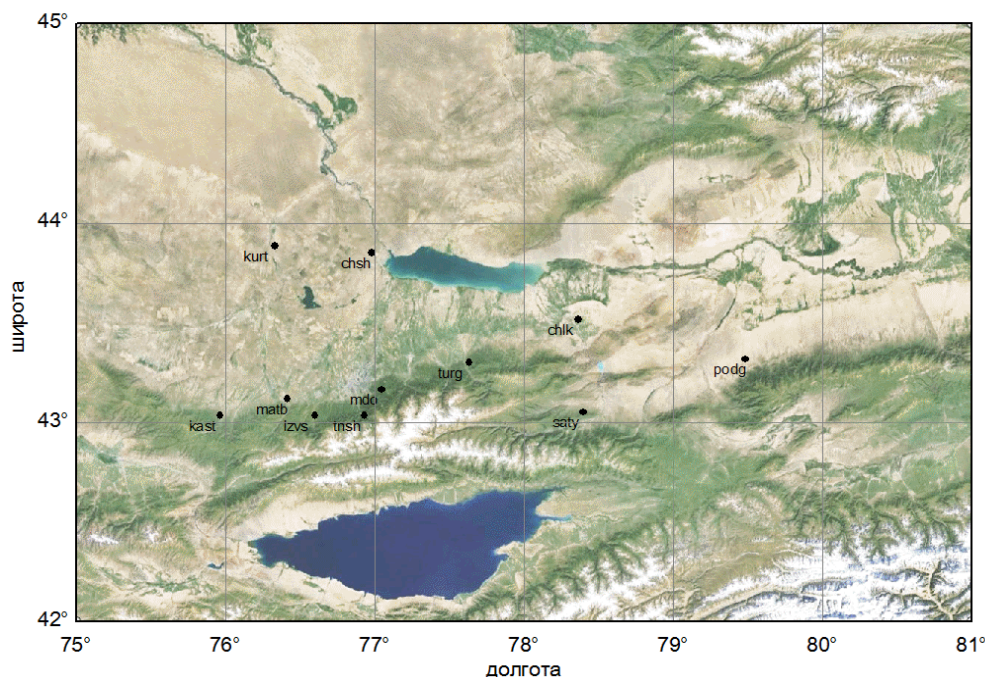


Figure 12. Vectors of observed deformation on Medeo and Turgen stations relatively to vectors of observed deformation on Kurty station in 2005-2013 years

REFERENCES

- [1] Kurskeev AK (1996) Geophysical heterogeneities of the lithosphere. Gylym, Kazakhstan. ISBN 5-628-01933-X (In Russian)
- [2] Kurskeev AK, Abakanov TD, Serazetdinova BZ (2012) Earthquakes: Origin and prediction [Zemletryaseniya: proiskhojdenie i prognozirovaniye]. Almaty. Jevero. 314 p. (In Russian)
- [3] Tikhomirov AV (2012) The modern deformational processes and seismicity of Northern Tien-Shan earth's crust [Sovremennye deformacionnye processy i seismichnost' zemnoi kori Severnogo Tyan-Shanya] Reg Num.:0402PK00217 (In Russian)
- [4] Tadeev CC (2015) Results of researches of rock deformations on the Almaty polygon territory [Rezultaty issledovaniya deformacii gornikh porod na territorii Almatinskogo polygona] ISSN-1682-0533 (In Russian)
- [5] Kurskeev AK Zemletrjaseniya i seismicheskaya bezopasnost' Kazakhstana. Almaty. Jevero, 2004. 506 p. (in Russian)
- [6] Kurskeev AK (1990) Problems of earthquake forecast. Nauka, Kazakhstan. ISBN 5-628-00327-1 (In Russian)
- [7] Tchediya OK (1986) Morphostructures and recent tectogenesis of Tien-Shan. Frunze. Ilim. 1986. 314 p. (In Russian)
- [8] Kurskeev AK, Timush AV. Alpiyskiy tektonogenez i seismogennye struktury. Almaty, Kazakhstan. 1987. 180 p. (In Russian)
- [9] Schazilov VI (1980) The structure of earth's crust and of the top mantle of the Northern Tien-Shan. Seismic models of general geostuctures of USSR territories lithosphere. Moscow. Nauka. P. 116-120. (In Russian)
- [10] Kurskeev AK (1983) Physical basics of crust earthquakes formation and their harbingers. Questions of the orogenic belt seismology of Kazakhstan. Almaty. Nauka. 286 p. (In Russian)
- [11] Sadykova AB (2001) about seismic regime of Tien-Shan. Modern geodynamics, deep structure and seismicity of platform territories and regions [O seismicheskom rejime Tyan-Sanya. Sovremennaya geodinamika, glubinnoe stroenie i seismichnost' platformnykh territoriy i opredelennykh regionov] P. 323-326. (In Russian)

[12] Nadirov N.K., Kurskeev A.K., Zhantaev ZhSh Differential response of structures of the Tien Shan to the impact of cosmic forces as the basis of modern geodynamic and seismic processes in the lithosphere // News of NAS RK. Series Geology and Engineering. 2014 №2. p. 56-69. (in Russ.).

К.К.Колумбетова*

Сейсмология институты ЖШС, Алматы, Қазақстан

*e-mail: kolumbetova@gmail.com

ТАУ ЖЫНЫСТАРЫНЫҢ ДЕФОРМАЦИЯСЫ МЕН ЖЕР ҚЫРТЫСЫНЫҢ ГЕОФИЗИКАЛЫҚ ЖӘНЕ ФЛЮИДТІК ПРОЦЕСТЕРІ АРАСЫНДАҒЫ БАЙЛАНЫС

Аңдатпа. Тянь-Шань сейсмогені (ТШС) – жер қыртысында қарқынды тектоникалық қозғалыстармен және сейсмикалық құбылыстармен ілесе жүретін геодинамикалық процестер жүретін литосфераның қазіргі заманғы ұтқыр макрокрекинатты құрылымдық әртектілігі [10]. ТШС бірқатар материалдарды: геологиялық, геофизикалық және т.б. түсіндіру және талдау кешенін қолдана отырып, Орал мен Батыс Сібір құрылымдарын Орта Азия құрылымдарымен байланыстыру саласындағы тұтас құрылымдық құрылым ретінде ерекшеленеді [1]. Орталық Азияда неғұрлым сейсмикалық белсенді болып табылатын Солтүстік Тянь-Шань аумағындағы жер қыртысының құрылымдық біртекті еместігінің қазіргі заманғы геодинамикасын зерттеу мақсатында кешенді геофизикалық зерттеулер жүргізіледі. Мониторинг 24 сағаттық бағдарлама бойынша бақылау жүргізілетін үш тұрақты пункттен тұрады. Пункттер Солтүстік Тянь-Шаньның сейсмикалық белсенді бөлігінде орналасқан. Күрті пункті мониторингтің жазық бөлігінде (жер қыртысының әлсіз сейсмикалығы бар аудан) орналасқан, Түрген және Медеу пункттері Тянь-Шаньның сейсмикалық белсенді бөлігінде орналасқан.

Деформографтар солтүстік-оңтүстік және шығыс-батыс бағыттары бойынша бағытталған. Құрты, Медеу және Түрген кенттерінде байқалған эксперименттік деректер базасында деректер банкі құрылды. Онда С-О және В-З бағыттары бойынша есептелген деформацияның орташа сағаттық, орташа тәуліктік, орташа айлық және орташа жылдық мәндері, сондай-ақ олардың модульдері бар.

Бұл жұмыста тау жыныстарының деформациясы мен атмосфералық процестер арасындағы байланыс (тау жыныстарының деформациясы мен ионосфералық қабаттардағы электрондар концентрациясының тығыздығы арасындағы байланыс, деформацияның атмосфералық қысыммен байланысы), жер сілкінісі және жер асты суларының ағымының өзгеруі сияқты деформация мен жер процестері арасындағы байланыс зерттеледі.

Тренд компоненттеріне сүйенсек, Е қабатындағы электрондардың концентрациясы артып, жоғарғы қабаттарда азаяды. Медеу және Түрген аудандарындағы жыныстардың деформациясы Е қабатындағы (3.5 – сурет) электрондық концентрация динамикасымен синхронды өзгереді, ал құрты ауданында-фазаға қарсы өзгереді.

Нәтижесінде тау жыныстарының деформациясы мен жер қыртысының геофизикалық және сұйық процестері арасындағы байланыс пен байланысты байқауға болады, олар эксперименттік жолмен алынған мәліметтерді талдау мен түсіндіруден кейін байқалады.

Негізгі сөздер: жыныстардың деформациясы, құрылымдық гетерогенділігі, жер қыртысы, деформографиялық бақылаулар, геофизикалық процесс

К.К.Колумбетова*

ТОО «Институт сейсмологии», Алматы, Казахстан

*e-mail: kolumbetova@gmail.com

СВЯЗЬ МЕЖДУ ДЕФОРМАЦИЕЙ ПОРОД И ГЕОФИЗИЧЕСКИМИ И ФЛЮИДНЫМИ ПРОЦЕССАМИ ЗЕМНОЙ КОРЫ

Аннотация. Тянь-Шаньский сейсмоген (ТШС) – современная мобильная макротрещиноватая структурная неоднородность литосферы, в пределах которой происходят геодинамические процессы, сопровождающиеся интенсивными тектоническими движениями в земной коре и сейсмическими явлениями [10]. ТШС выделен как целостное структурное образование в области сочленения структур Урала и Западной Сибири со структурами Средней Азии с помощью комплекса интерпретации и

анализа целого ряда материалов: геологических, геофизических и др. [1]. В целях исследования современной геодинамики структурных неоднородностей земной коры на территории Северного Тянь-Шаня, являющейся наиболее сейсмически активной в Центральной Азии, проводятся комплексные геофизические исследования. Мониторинг состоит из трех перманентных пунктов, на которых ведутся наблюдения по 24-часовой программе. Пункты находятся в сейсмически активной части Северного Тянь-Шаня. Пункт Курты находится в равнинной части мониторинга (район со слабой сейсмичностью земной коры), пункты Тургенъ и Медео расположены в сейсмически активной части Тянь-Шаня.

Деформографы ориентированы по направлениям север-юг, и восток-запад. На базе экспериментальных данных, наблюденных на п. Курты, Медео и Тургенъ, создан банк данных. В нем содержатся среднечасовые, среднесуточные, среднемесячные и среднегодовые значения деформации, рассчитанные по направлениям С-Ю и В-З, а также их модули.

В данной работе исследуется связь между деформацией пород и атмосферными процессами (связь между деформацией пород и плотностью концентрации электронов в ионосферных слоях, связь деформации с атмосферным давлением), связь между деформацией и земными процессами, такими как, землетрясения и изменение дебита подземных вод.

Судя по трендовым составляющим, концентрация электронов в слое E возрастает, а в верхних слоях убывает. Деформация пород в районе Медео и Тургенъ изменяется синхронно с динамикой электронной концентрации в слое E (рисунок 3.5), а в районе Курты – в противофазе.

В результате можно проследить зависимости и связи между деформацией пород и геофизическими и флюидными процессами земной коры, которые после анализа и интерпретации данных, полученных экспериментальным путем, прослеживаются.

Ключевые слова: Деформация пород, структурные неоднородности, земная кора, деформографические наблюдения, геофизический процесс

Е.Г. Совет*, М.М. Коккоз

Карагандинский Технический Университет, Караганда, Казахстан

*e-mail: s_erkemai@mail.ru

ЗАЩИТА ДАННЫХ ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЙ ОТ ВНУТРЕННИХ УГРОЗ

Аннотация. С быстрым развитием Интернета веб-приложения становятся все более популярными. Многие люди, группы, организации или правительства используют веб-приложения как средство для обмена информацией или поддержки бизнес-задач. В связи с ростом числа угроз и атак на веб-приложения организациям требуется более эффективная концепция безопасности веб-приложений.

Статья посвящена безопасности веб-приложений и методам обеспечения безопасности на трехуровневой архитектуре защиты данных. Трёхуровневая архитектура - архитектурная модель программного комплекса, предполагающая наличие в нём трёх компонентов: клиента, сервера приложений и сервера баз данных. Безопасность веб-приложений - это защита конфиденциальности, целостности и доступности веб-ресурсов организации, а также ее репутации. Она также включает в себя политику, процедуры, законы, людей и практику. Безопасность, как и другие компоненты веб-приложения, лучше всего управлять, если она запланирована на начальном этапе разработки приложения.

Также, в статье были описаны методы обеспечения безопасности. Эти методы помогут специалистам по безопасности разработать политику безопасности, провести оценку рисков и устранить потенциальные риски экономически эффективным способом.

Ключевые слова: веб-приложение, угрозы, уязвимости, безопасность веб-приложений, конфиденциальность, трехуровневая архитектура, веб-сайт.

Введение. В целом безопасность касается конфиденциальности, целостности и доступности систем и данных [1]. Конфиденциальность - это способность гарантировать, что информация является частной для уполномоченных сторон и защищена от несанкционированного раскрытия. Целостность отражает точность информации и требует технологии и процессов, которые предотвращают несанкционированные стороны от ненадлежащего изменения информации. Доступность означает способность обеспечить своевременный доступ к информации для ее конечных пользователей в целях удовлетворения потребностей миссии. В контексте веб-приложения безопасность - это защита конфиденциальности, целостности и доступности веб-ресурсов организации (например, веб-страниц и баз данных клиентов). В частности, это процесс обеспечения того, чтобы, во-первых, данные (например, системная информация и данные клиентов) являются конфиденциальными для уполномоченных сторон, когда они хранятся на хостах или находятся в пути, во-вторых, данные защищены от случайного или злонамеренного изменения, когда они отображаются на веб-сайте или передаются через Интернет, и в-третьих, веб-сайт продолжает функционировать для законных пользователей в целях удовлетворения требований миссии.

Большинство веб-сайтов построены по трехуровневой архитектуре, представленной на рисунке. В данной архитектуре пользователь интернет-сайта обращается к серверу интернет-сайта, который в свою очередь обрабатывает запрос пользователя и при необходимости

посылает запрос в базу данных [4]. Основная часть систем управления базами данных работает на языке структурированных запросов SQL (Structured Query Language), который предназначен для управления данными в реляционных базах данных [3]. После обработки запроса от сервера из базы данных поступают необходимые данные по запросу.

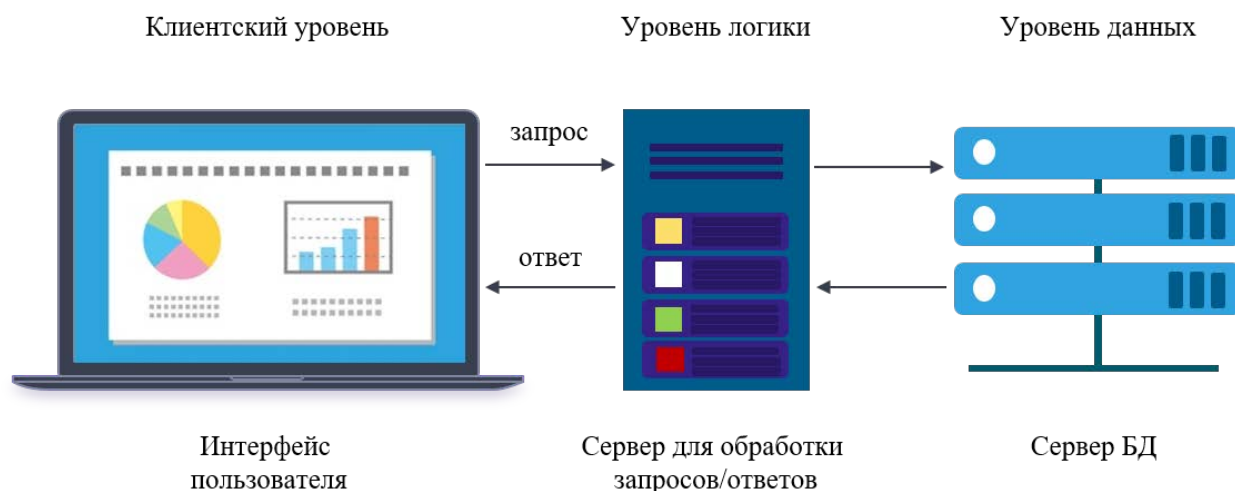


Рисунок. Трехуровневая архитектура построения веб-приложений

Нижний уровень (слой) в трехуровневой архитектуре хранилища данных состоит из репозитория данных. Репозиторий данных - это пространство для хранения данных, извлеченных из различных источников данных, которое подвергается ряду действий в рамках процесса ETL (Extract, Transform, Load — дословно «извлечение, преобразование, загрузка»).

Средний уровень - логический уровень извлекается из уровня представления и, как собственный уровень, управляет функциональностью приложения, выполняя подробную обработку.

Верхний уровень - это интерфейсный уровень, то есть пользовательский интерфейс, который позволяет пользователю подключаться к системам баз данных. Этот пользовательский интерфейс обычно представляет собой инструмент или вызов API, который используется для получения необходимых данных для целей отчетности, анализа и интеллектуального анализа данных.

Веб-приложения должны быть защищены на нескольких уровнях архитектуры приложения.

Методы. Существует множество практических проблем безопасности, возникающих при проектировании трехуровневой системы. К ним относятся обеспечение аутентификации пользователей, контроль доступа пользователей, аудит действий пользователей, защита безопасности данных между уровнями, ограничение привилегий среднего уровня, управление удостоверениями между уровнями и создание масштабируемых систем. Для решения этих проблем ниже рассмотрим методы обеспечения безопасности в трехуровневых системах.

Аутентификация пользователя [2]. Трехуровневые архитектуры повышают сложность аутентификации пользователей и контроля доступа. В двухуровневой архитектуре клиент-сервер, где клиентские пользователи подключаются непосредственно к серверу, база данных может аутентифицировать пользователей во время подключения. База данных может связывать любые данные, запрос или транзакцию, которые передаются по соединению пользователя с этим пользователем, может предоставлять или отказывать пользователю в доступе к конфиденциальным ресурсам базы данных и соответственно проверять действия пользователя.

В типичной трехуровневой архитектуре средний уровень отвечает за аутентификацию идентификаторов пользователей. Более того, данные, которые пользователь отправляет на

средний уровень, обрабатываются средним уровнем до того, как они будут отправлены в серверную базу данных в виде запроса, обновления или аналогичной транзакции, и могут иметь мало общего с данными, которые пользователь первоначально отправил на средний уровень. Кроме того, несколько соединений клиент-средний уровень могут быть мультиплексированы через одно соединение средний уровень-база данных. По этим причинам база данных должна делегировать некоторую ответственность за аутентификацию пользователей среднему уровню. База данных также должна полагаться на средний уровень, чтобы правильно связать идентификаторы пользователей с данными, отправленными в базу данных от имени этих пользователей. Очевидно, что разработка стратегии безопасной аутентификации в трехуровневой системе намного сложнее, чем в двухуровневой.

Защита пользовательских данных. Данные, которыми обмениваются уровни, должны быть защищены от непреднамеренного раскрытия или изменения. Шифрование является стандартным механизмом для этой цели. Серверы среднего уровня должны реализовывать протокол шифрования, который поддерживается клиентами, взаимодействующими со средним уровнем; в случае клиентов веб-браузера этот протокол является SSL (Secure Sockets Layer). Средние уровни также должны поддерживать протокол шифрования для связи с базой данных. Помимо защиты данных в сети при обмене между уровнями, протоколы шифрования, такие как SSL, могут обеспечивать криптографическую аутентификацию пользователей.

Обратите внимание, что в трехуровневой архитектуре обычно нежелательно шифровать данные от клиента к базе данных. Сквозное шифрование подразумевает, что данные не расшифровываются на среднем уровне, что не позволяет среднему уровню выполнять значительную обработку данных. Это исключило бы большую часть ценности трехуровневой архитектуры. Однако если данные действительно расшифровываются на среднем уровне, то шифрование клиента аутентифицирует только клиента на среднем уровне, а не базу данных.

Отслеживание действий пользователя. Подотчетность посредством аудита является основным принципом информационной безопасности. Аудит дополняет контроль доступа и помогает гарантировать, что привилегированные пользователи не злоупотребляют своими правами доступа. Трехуровневые системы повышают сложность отслеживания и корреляции действий пользователей, которые могут быть чувствительны к безопасности, и, таким образом, затрудняют аудит безопасности. Даже принятие решения о том, какие события следует проверять, может быть сложной задачей в трехуровневой системе.

В трехуровневой системе пользователи обычно не имеют прямого доступа к базе данных. Вместо этого пользователь выполняет какое-то действие на среднем уровне, и это действие может привести к тому, что средний уровень запросит, чтобы база данных выполнила какое-то соответствующее действие от имени пользователя. Если база данных не регистрирует личность пользователя, от имени которого средний уровень выполнил какое-либо действие в базе данных, системному аудитору может быть трудно соотнести связанные действия, выполненные на среднем уровне и уровне базы данных, и определить, какой пользователь был ответственным.

Ограничение привилегий среднего уровня. Еще одна проблема при разработке безопасной трехуровневой системы заключается в делегировании базы данных соответствующей степени доверия среднему уровню. В некоторых трехуровневых архитектурах база данных позволяет среднему уровню подключаться как любому пользователю и принимать любую роль или привилегию, которые этот пользователь имел бы, если бы он был подключен непосредственно к базе данных. Этот подход может быть приемлемым в некоторых ситуациях, например, когда в базе данных мало или вообще нет конфиденциальных данных или когда пользователи не сильно отличаются по привилегиям. Однако в большинстве случаев желательно, чтобы база данных имела возможность ограничить привилегии среднего уровня, чтобы база данных могла ограничить, может ли конкретный средний уровень действовать от имени конкретного пользователя и может ли он

принимать определенные привилегии пользователя. Серверы среднего уровня, которые не реализуют строгие механизмы аутентификации или которые относительно уязвимы для атак (например, потому что они находятся за пределами корпоративного брандмауэра и подвергаются взлому пользователями, входящими через Интернет), могут, таким образом, иметь меньше привилегий, чем серверы среднего уровня, которые реализуют строгую аутентификацию или находятся внутри корпоративного брандмауэра.

Управление удостоверениями и учетными записями на разных уровнях. Существенной проблемой при построении трехуровневых систем является связывание идентификаторов пользователей среднего уровня с идентификаторами пользователей базы данных. Часто бывает так, что способ представления личности пользователя будет отличаться в различных компонентах трехуровневой системы. Например, пользователи, получающие доступ к системе через веб-сервер, могут аутентифицировать себя, обмениваясь сертификатами X.509 с веб-сервером через протокол Secure Sockets Layer (SSL). Сертификаты X.509 содержат личность пользователя в формате X.500 Distinguished Name (DN); например, сертификаты X.509 содержат личность пользователя в формате X.500 Distinguished Name (DN).:

C=«US», O = «Oracle», OU= «Server Technologies», CN=«Mary Ann Smith».

Этот формат совсем не похож на типичное имя пользователя в базе данных, которым может быть MASMITH. Переход от идентификации пользователя среднего уровня к идентификации пользователя базы данных может представлять значительную проблему для проектирования архитектуры безопасности системы.

Связанная с этим проблема заключается в управлении удостоверениями пользователей и учетными записями в трехуровневой системе. При добавлении нового пользователя система, удостоверения, учетные записи и привилегии для этого пользователя должны быть созданы как на среднем уровне, так и в базе данных. Если для аутентификации клиента используются сертификаты X.509, то каждый клиентский пользователь должен запросить и установить сертификат X.509 у центра сертификации (ЦС), признанного средним уровнем. Если идентификаторы представлены по-разному на каждом уровне, то они должны быть каким-то образом коррелированы, чтобы (например) средний уровень мог правильно связать идентификатор X.509 пользователя клиента с идентификатором, связанным с учетной записью этого пользователя на среднем уровне. Средний уровень также должен быть в состоянии перевести идентификатор пользователя в соответствующий идентификатор базы данных, запрашивая выполнение некоторых действий в базе данных от имени пользователя.

Масштабирование до сообществ пользователей интернета. Хотя по соображениям безопасности желательно иметь возможность отслеживать и контролировать действия каждого пользователя как на среднем уровне, так и в базе данных, нежелательно, чтобы каждый пользователь имел отдельную учетную запись и схему пользователя в базе данных. Возможно, практично создавать и управлять многими сотнями или даже тысячами учетных записей пользователей в базе данных, но есть клиенты, которые хотят создавать трехуровневые интернет-приложения, поддерживающие миллионы пользователей. Нецелесообразно создавать и управлять таким количеством традиционных учетных записей пользователей в базе данных. Более того, во многих приложениях информация каждого пользователя состоит из одной строки в таблице, и создание отдельной учетной записи пользователя и схемы для каждого из этих пользователей является чрезмерным подслушиванием. Чтобы поддерживать сообщества пользователей в масштабе Интернета, база данных должна применять некоторые средства для управления доступом пользователей и отслеживания активности пользователей, что не требует от каждого пользователя наличия учетной записи и схемы в базе данных.

Результат. Безопасность веб – приложений - это не разовое усилие. Это должен быть непрерывный процесс, интегрированный в жизненный цикл разработки приложений. Для активной защиты веб-приложений безопасность должна приниматься во внимание на

начальном этапе жизненного цикла приложения. Технология - это не серебряные пули безопасности веб-приложений. Для достижения безопасности веб-приложений в организации должны разработать согласованную корпоративную политику и процедуры с учетом защищаемых веб-активов, характера потенциальных рисков, технологий и процессов, необходимых для минимизации рисков, а также бюджетов. Кроме того, правительство должно обеспечить соблюдение законов, чтобы свести к минимуму случаи преступного использования безопасности.

С технологической точки зрения комплексный технический контроль должен осуществляться во всей инфраструктуре приложения, включая сети, хосты и само приложение. Помимо размещения в защищенных сетях и хостах, веб-приложения должны разрабатываться и разрабатываться с учетом безопасности, включая проверку входных данных, управление сессиями и управление исключениями. Основные механизмы безопасности, такие как аутентификация, авторизация, контроль доступа, аудит и логирование, должны быть реализованы во всей инфраструктуре приложения.

Обсуждение. В ходе проведенного исследования была представлена трехуровневая защита данных в веб-приложениях в котором пользователь через браузер обращается не напрямую к серверу баз данных, а к серверу приложений, от которого уже идет запрос данных к серверу баз данных. Были рассмотрены методы которые решают проблемы связанные с обеспечением аутентификации пользователей, контролем доступа пользователей, аудитом действий пользователей, защитой безопасности данных между уровнями, ограничением привилегий среднего уровня и с управлением удостоверениями между уровнями и создание масштабируемых систем.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Бабаш, А.В. Информационная безопасность: Лабораторный практикум / А.В. Бабаш, Е.К. Баранова, Ю.Н. Мельников. - М.: КноРус, 2019. - 7 с.
- [2] Бабенко А. А., Безбабнов Д. В., Витенбург Е. А.. Исследование систем управления информационным наполнением web-ресурсов // Актуальные вопросы информационной безопасности регионов в условиях глобализации информационного пространства: материалы IV Всерос. науч.-практ. конф., г. Волгоград, 23–24 апр. 2015 г.; Федер. гос. авт. образоват. уч-реждение высш. проф. образования «Волгогр. гос. ун-т» — Волгоград: Изд-во ВолГУ, 2015 — С. 92–96.
- [3] Оладько В. С. Механизмы защиты web-приложений от внедрения вредоносного кода// Новый университет. Серия: Технические науки. 2015. № 3–4 (37–38). С. 64–68
- [4] Тузовский, А. Ф. Проектирование и разработка web-приложений: учебное пособие для академического бакалавриата / А. Ф. Тузовский.М. : Издательство Юрайт, 2018. — 218 с.
- [5] Атчисон Ли «Масштабирование приложений. Выращивание сложных систем» Питер, 2018 год, 256 стр.

REFERENCES

- [1] Babash, A.V., Informacionnaya bezopasnost': Laboratornyj praktikum [Information security: Laboratory practice] / A.V. Babash, E. K. Baranova, Yu. N. Melnikov. - M.: KnoRus, 2019. - 7 p.
- [2] Babenko A. A., Bezbabnov D. V., Vitenburg E. A. Issledovanie sistem upravleniya informacionnym napolneniem web-resursov [Research of information content management systems of web resources] / / Aktual'nye voprosy informacionnoj bezopasnosti regionov v usloviyah globalizacii informacionnogo prostranstva: materialy IV Vseros [Actual issues of information security of regions in the conditions of globalization of the information space: materials of the IV All-Russian Scientific Journal.] - Practical conference, Volgograd, April 23-24, 2015; Federal State Educational Institution. higher education Prof. education "Volgogr. state un-t" - Volgograd: Publishing House of the Volga State University, 2015-p. 92-96.
- [3] Oladko V. S. Mekhanizmy zashchity web-prilozhenij ot vnedreniya vredonosnogo koda [Mechanisms for protecting web applications from the introduction of malicious code]// Novyj universitet. Seriya:Tekhnicheskie nauki. [A new university. Series:Technical sciences.] 2015. №. 3-4 (37-38). pp. 64-68.

[4] Tuzovskij, A. F. Proektirovanie i razrabotka web-prilozhenij [Web application design and development]: uchebnoe posobie dlya akademicheskogo bakalavriata / A. F. Tuzovskij. М. : Izdatel'stvo YUrajt, 2018. — 218 p.

[5] Atchison Lee «Masshtabirovanie prilozhenij. Vyrashchivanie slozhnyh sistem» [Scaling applications. Growing complex systems] Peter, 2018, 256 p.

Е.Ғ. Совет*, М.М. Көккөз

Қарағанды техникалық университеті, Қарағанды, Қазақстан

*e-mail: s_erkemai@mail.ru

ВЕБ-ҚОСЫМШАЛАРДЫҢ ДЕРЕКТЕРІН ІШКІ ҚАУІПТЕРДЕН ҚОРҒАУ

Андатпа. Интернеттің қарқынды дамуымен веб-қосымшалар танымал бола бастады. Көптеген адамдар, топтар, ұйымдар немесе үкіметтер веб-қосымшаларды ақпарат алмасу немесе бизнес міндеттерін қолдау құралы ретінде пайдаланады. Веб-қосымшаларға қауіптер мен шабуылдардың көбеюіне байланысты ұйымдар веб-қосымшалардың қауіпсіздігі туралы тиімді тұжырымдаманы қажет етеді.

Мақала үш деңгейлі деректерді қорғау архитектурасындағы веб-қосымшалардың қауіпсіздігі мен қауіпсіздік әдістеріне арналған. Үш деңгейлі сәулет-бағдарламалық кешеннің архитектуралық моделі, онда үш компонент бар: клиент, қосымшалар сервері және мәліметтер базасының сервері. Веб-қосымшалардың қауіпсіздігі - бұл ұйымның веб-ресурстарының құпиялығын, тұтастығын және қол жетімділігін, сондай-ақ оның беделін қорғау. Оған саясат, рәсімдер, заңдар, адамдар және практика кіреді. Қауіпсіздік, веб-қосымшаның басқа компоненттері сияқты, егер ол бағдарламаны әзірлеудің бастапқы кезеңінде жоспарланған болса, жақсы басқарылады.

Сондай-ақ, мақалада қауіпсіздікті қамтамасыз ету әдістері сипатталған. Бұл әдістер қауіпсіздік мамандарына қауіпсіздік саясатын жасауға, тәуекелдерді бағалауға және ықтимал тәуекелдерді экономикалық тиімді түрде жоюға көмектеседі.

Негізгі сөздер: веб-қосымша, қауіптер, осалдықтар, веб-қосымшалардың қауіпсіздігі, құпиялылық, үш деңгейлі архитектура, веб-сайт.

E.G. Sovet*, M.M. Kokkoz

Karaganda Technical University, Karaganda, Kazakhstan

*e-mail: s_erkemai@mail.ru

PROTECTING WEB APPLICATION DATA FROM INTERNAL THREATS

Abstract. With the rapid development of the Internet, web applications are becoming more and more popular. Many people, groups, organizations, or governments use web applications as a means to share information or support business tasks. With the growing number of threats and attacks on web applications, organizations need a more effective concept of web application security.

The article is devoted to the security of web applications and methods of ensuring security on a three-level data protection architecture. A three-level architecture is an architectural model of a software package that assumes that it has three components: a client, an application server, and a database server. Web application security is about protecting the privacy, integrity, and availability of an organization's web resources, as well as its reputation. It also includes policies, procedures, laws, people, and practices. Security, like other components of a web application, is best managed if it is planned at the initial stage of application development.

The article also describes the methods of ensuring security. These methods will help security professionals develop security policies, conduct risk assessments, and eliminate potential risks in a cost-effective way.

Key words: web application, threats, vulnerabilities, web application security, privacy, three-level architecture, website.

М.Б. Батырбекова*

Алматы Менеджмент Университет, Алматы, Казахстан

*e-mail: M.Batyrbekova@tspm.kz

ПОВЫШЕНИЕ КОНКУРЕНТОСПОБНОСТИ КОМПАНИЙ, РАБОТАЮЩИХ В СФЕРЕ РЕТЕЙЛА (РОЗНИЧНОЙ ТОРГОВЛИ), НА ОСНОВЕ ПРИМЕНЕНИЯ BIG DATA И ТЕХНОЛОГИЙ БЛОКЧЕЙН

Аннотация. Эффективность торговых предприятий страны является одной из основ роста экономики, в виду того, что ретейл предполагает занятость широкого круга работников, а также развитие сопутствующих предприятий, работающих в сфере логистики, транспортных услуг, финансовых услуг, строительства и дизайна. Таким образом, в данной статье ставится цель рассмотреть современные инновационные решения в сфере big data и технологий блокчейн для повышения конкурентоспособности ретейл-компаний.

Для того, чтобы быть конкурентоспособными, организациям необходимо учитывать не только экономические, но и технические новшества на рынке, т.к. мы живем в эпохе технологий. В статье мы рассмотрим основные критерии финансового роста и востребованности, а также характер конкуренции в сфере ретейла, проведем анализ рынка и его сегмент.

В статье мы рассмотрим необходимость технологий Блокчейн и Big Data в сфере торговли, для повышения продаж, улучшения статистики и общих показателей. Рассмотрим факторы конкурентоспособности компаний на территории РК, а следовательно необходимость данных технологий в современных реалиях.

В настоящей статье будем исходить из определения, что конкурентоспособность — это способность объекта удовлетворять нужды потребителей эффективнее, чем конкуренты, с помощью созданных им преимуществ.

Ключевые слова: конкуренция, ретейл –компаний, криптовалюты, блокчейн.

Введение. Сам термин конкуренция имеет большое количество определений. Первоначально слово конкуренция возникло от латинского «concurrentia», что в переводе означает «столкновение, сбегание». Ожегов С. И. трактует конкуренцию как соперничество, борьбу за достижение больших выгод, преимуществ [1].

Определения конкуренции, которые используются на настоящий момент, имеют различные трактовки.

Широко признано определение конкуренции, данное известным исследователем М. Портером 1997 г. (ME Porter - Measuring business excellence, Open Journal of Business and Management, Vol.4 No.2, April 1, 2016):

«Конкуренция – соперничество между организациями с целью занятия лидирующего положения на рынке по какому-либо показателю, т. е. реализация конкурентного преимущества».

Прежде всего необходимо понимать, что без всестороннего понимания структуры отрасли и самого процесса изменений ее нельзя создать конкурентную стратегию. Независимо от отрасли экономики суть конкуренции состоит из 5 сил:

В любой отрасли экономики, неважно, действует она только на внутреннем рынке или на внешнем тоже, суть конкуренции выражается пятью силами:

- 1) угроза от появления новых конкурентов;
- 2) угроза от выхода на рынок товаров-заменителей;
- 3) способность поставщиков комплектующих изделий вести торг;
- 4) способность вести торг покупателями;
- 5) соперничество существующих на рынке конкурентов.

Значимость каждой из пяти сил различна в каждой отрасли и способна влиять на прибыль в отрасли. [2]

По мнению Р. Макконел и Л. Брю главными условиями конкуренции могут стать: присутствие большого числа покупателей и продавцов, свобода для покупателей и продавцов осуществлять деятельность на различных рынках или свободно покидать их. [3]

Наличие разнообразных трактовок значения конкуренции не идут в разрез друг с другом, напротив, гармонично дополняют друг друга.

Конкуренцию можно охарактеризовать как стимулирующий фактор для роста и развития; желание конкурента обновляться; определение, совершение выбора и путь к цели; изучение соперников, навык выбора партнеров. Параметром измерения конкуренции является конкурентоспособность.

Специфика ретейл -компаний, анализировались такими учеными, как Хаусман, Сидак; Добсон, Waterson, Баррос и др., в результате чего были установлены два ключевых фактора конкурентоспособности ретейл-компаний:

- Благополучие потребителей в соотношении с низкими ценами;
- Частота корректировки цен и степень охвата рынка.

Исследования Всемирного банка, проведенные в 2014 году, показали, что для крупных ретейл компаний, на ценообразование должны оказывать влияние такие факторы, как существующая доля рынка, региональная концентрация и общий уровень цен на схожие товары сегмента [4], при этом в качестве влияющих факторов, называются

- уровень ВВП;
- уровень достатка населения;
- занимаемая компанией доля рынка.

Вставить регрессионную модель по взаимосвязи между этими показателями.

Таким образом, как практики, так и фундаментальные исследователи, сходятся во мнении, что устойчивое развитие ретейл-компаний могут обеспечить такие основополагающие факторы, как благополучие потребителей, лидерство по издержкам и присутствие на рынке.

Безусловно, ни одна компания не может напрямую повлиять на благополучие граждан, поэтому управляемыми факторами конкурентоспособности должны стать минимизация издержек и оптимальное присутствие на рынке, обоснованные соответствующими данными о спросе и уровне цен на аналогичные товары.

Методы исследования. В статье будем исходить из определения, что конкурентоспособность — это способность объекта удовлетворять нужды потребителей эффективнее, чем конкуренты, с помощью созданных им преимуществ.

Оригинальность/ценность исследования: В целом тематика конкуренции на рынке широко рассматривается в казахстанской, российской и зарубежной экономической литературе. Понятие «конкуренция» неразрывно связано с понятием «борьба». Такая борьба происходит между любыми экономическими субъектами: борьба между производителями за потребителей, борьба между государствами за максимизацию выгод от внешней торговли. В рыночных условиях выигрыш в подобной борьбе, безусловно, является целью любого хозяйствующего субъекта (фирмы, отрасли, наконец, страны).

Результаты исследования. Применение указанных технологий будет способствовать выстраиванию долгосрочных отношений с партнёрами, что, в свою очередь, при наличии проработанных маркетинговых стратегий и широких возможностях по получению специальных условий у поставщиков и клиентов, будет нацелено на увеличение доли рынка и развитию компаний с минимальными рисками.

Обсуждение. Для удовлетворения запросов потребителей и управленцев могут быть применены технологии анализа данных и блокчейн технологии, детализация которых будет представлена в таблице 2.

В отличие от стандартных баз, данных, информация, которая находится в децентрализованный сети не может быть подвержена взломам со стороны хакеров, так как она полностью защищена от попыток фальсификации и позволяет хранить записи обо всех операциях, как с недвижимостью, так и земельными наделами [5].

Полученные результаты (выводы). Использование децентрализованной системы хранения информации повысит достоверность данных. Не менее важной причиной для внедрения блокчейна, является возможность устранения сторонних транзакционных посредников, таких как банки или удостоверяющие центры, которые налагают высокую комиссию или их надежность вызывает подозрения. Также технология блокчейна может помочь с автоматизацией деловых правил, что может послужить причиной повышения эффективности при выполнении транзакций. Несмотря на то, что с момента тех событий прошло большое количество времени, у многих до сих пор, блокчейн ассоциируется с первым примером применения технологии – криптовалютой Биткойн, которая всё еще связана с «Темным интернетом» (Dark Web), нелегальным бизнесом и отмыванием денежных средств. Данный вывод, не совсем справедлив, т. к. любая другая валюта, может быть, использована в тех же целях, но несмотря на это подобная точка зрения существует и распространяется на другие виды криптовалют. Большинство людей не имеют полного и развернутого понимания о значении и смысле криптовалют, в связи с чем они испытывают сомнение и недоверие по отношению к ним. Необычная история возникновения биткойна, также не помогает в уменьшении подозрения людей по отношению к ним. Организации, соответственно, с опаской относятся к внедрению данной технологии, т. к. она имеет плохую репутацию.

Технологии блокчейна, всё еще находятся на этапе становления. Их архитектура, модель оперативного применения и другие аспекты проектирования и внедрения, еще не структурировались. Для новых технологий это вполне приемлемо. Отсутствие стандартов как таковых у данной технологии, затрудняют правительствам подготовить деловое обоснование для замены или дополнения существующих систем, также им тяжело дать четкое определение вложенных инвестиций.

К сожалению, в мире не существует общих стандартов и критериев для блокчейна и распределения реестров, позволяющих сравнивать между собой разные блокчейн-платформы и решения. Совсем не давно, Национальный институт стандартов и технологий (NIST) в США, выпустил проект стандарта для блокчейна, в котором рассматриваются определенные вопросы (NIST 2018). Инициативы по разработке стандартов продолжаются, но пока, к сожалению, еще не завершены.

Анализ больших данных имеет более выраженную историю, однако, по-прежнему существует проблема интерпретации данных и их достоверности.

Применительно к исследуемому вопросу, для компаний-ритейлеров может быть рекомендован следующий стек технологий (табл. 4):

Таблица 4. Примеры возможного применения технологий big data и блокчейн для ритейл-компаний

№	Технология и объект применения	Инструмент сбора данных	Плановый результат
1	BIG DATA		
1	Сведения о ценах на аналоги со ссылками	Агрегация с использованием специализированных	Повышение доверия потребителей, рост покупателей вовремя
2	Технология и объект Применения	Инструмент сбора данных	Плановый результат

• **Физико-математические науки**

3	На первоисточники данных. Может быть доступна продавцу и покупателю при считывании штрих кода товара для оперативного принятия решений продавцом о ценообразовании и цене скидки	Инструментов из открытых источников Прямое внесение данных в магазинах группы компаний и/или партнёрской сети	Внедрения нового решения в связи с растущим интересом потребителей. Возможность расширения узнаваемости бренда
4	Агрегированные данные раздельного учета издержек для расчета себестоимости	Утверждённые механизмы распределения накладных расходов	Информированность управленцев для принятия оперативных решений цене продажи на основе сведений о прямой и производственной себестоимости
5	Сведения таможенной стоимости для расчета таможенных и налоговых платежей	Сведения из открытых источников (комитет статистики, таможенная служба) и внутренних источников данных (прямое внесение данных в магазинах группы компаний и/или партнёрской сети)	Наличие доступных и структурированных данных о ввозе товара и его продаже могут способствовать корректному исчислению налогов и таможенных платежей в целях оптимизации накладных издержек
6	Агрегирование сводных данных о системах оплаты и мотивации торгового персонала		Улучшение качества работы с персоналом
7	Построение модели доходности бизнеса с учетом применения ИТ-приложений	ИТ-приложение	Прогнозирование спроса и доходности
8	Технология и объект применения	Инструмент сбора данных	Плановый результат
2	Блокчейн		
1	Сведения о поставщике с возможностью получения подтверждения от производителя посредством распределенной защищенной передачи данных и хранению сведений о первоисточнике	Прямое внесение данных в магазинах группы компаний и/или партнёрской сети и на местах закупки/отгрузки товаров Получение данных от таможенных брокеров и логистических компаний	Увеличение доли постоянных клиентов на основе прозрачности данных
2	Отслеживание цепочки поставки для подтверждения происхождения, сведений об экологичности, сроке потребления		
3	Сведения о таможенной очистке и участниках логистической цепочки		Обмен данными с брокерами, ретейлерами и другими участниками сделок повысят как качества данных для финансистов, так и будут способствовать удобству работы с корпоративными клиентами и оптовыми покупателями, что повысит конкурентоспособность при B2B продаж

Авторами планируется разработка детализованных разработок моделей в области применения big data и блокчейн технологий.

В качестве первого примера для раздела 1.5 приведем модель оценки воздействия автоматизации на эффективность ритейл -предприятия.

Подготовленная модель основана на данных годовичного анализа показателей деятельности сотрудников ритейл-компании (группа компаний – 4 крупных ТРЦ), данных работы 420 сотрудников административного аппарата, включая 15 сотрудников, принимающих участие в руководстве группой компаний и данных 150 торговых точек, расположенных на территории 4 ТРЦ.

В результате анализа были выявлены следующие корреляции (был произведён расчет коэффициента корреляции Пирсона):

D_{ij} - Показатель дохода на одну покупку в i -й торговой точке в j -м ТРЦ имеет корреляцию с частотой использования мобильного приложения (Ch_j) с коэффициентом 0,896 и с количеством скачиваний приложения (DL_j) с коэффициентом 0,354.

Ch_j - Частота использования мобильного приложения в j -м ТРЦ имеет положительную корреляцию с количеством участников – торговых точек (N_j) с коэффициентом 0,965, со скоростью работы приложения (V_j) с коэффициентом 0,989, с количеством работающих сервисов приложения отдельного ТРЦ (NS_j) с коэффициентом 0,458 и отрицательную корреляцию с временем простоя приложения (TO_j) с коэффициентом 0,892.

Количество скачиваний (DL_j) показало положительную корреляцию с расходами по рекламе приложений (SR_j) коэффициентом 0,25 и существенную корреляцию с коэффициентом времени отклика от операторов на 1 вопрос (TO_j)*качество оказанных услуг (средняя оценка работы оператора) (AO_j) = 0,9978, а также с количеством участников – торговых точек (N_j) с коэффициентом 0,689.

Таким образом модель оценки воздействия автоматизации на эффективность ритейл - предприятия может быть выражена системой уравнений:

$$\Delta D_{ij} \begin{cases} = 0,896 \Delta Ch_j + 0,354 \Delta DL_j \\ = 0,965 \Delta N_j + 0,989 \Delta V_j + 0,458 \Delta NS_j - 0,892 \Delta TO_j \\ Ch_j \begin{cases} DL_j = 0,25 \Delta SR_j + 0,9978 \Delta TO_j \\ * \Delta AO_j + 0,689 \Delta N_j. \end{cases} \end{cases}$$

Рассчитав данные на базе 130 торговых точек до и после автоматизации установлено, что рост дохода за аналогичный период составил от 21 до 35% в год.

Таким образом, при сервисной модели, когда доходом ТРЦ является фиксированный % от оборота, внедрение автоматизации в виде мобильного приложения оказывает эффект роста на следующие параметры работы ТРЦ:

Сокращение расходов на кол-центр – 24%

Рост постоянных клиентов (арендаторов) – 38%

При этом, полученная модель позволяет спрогнозировать, что для увеличения доходности ТРЦ на 1 % в месяц при сохранении заработной платы может быть улучшено качество обслуживания на 11%. Детализированное описание полученной модели будет опубликовано в виде отдельной публикации. В целом применение указанных технологий будет способствовать выстраиванию долгосрочных отношений с партнёрами, снижению издержек и обеспечит информационную основу для построения программ лояльности и ценовых политик компаний-ритейлеров, что, в свою очередь, при наличии проработанных маркетинговых стратегий и широких возможностях по получению специальных условий у поставщиков и клиентов, будет нацелено на увеличение доли рынка и развитию компаний с минимальными рисками.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Беляев А.А. Системология организации. Учебник. / А. А. Беляев, Э.М. Коротков // ИНФРА-М. -2000- Т.182 - №29
- [2] Томпсон А.А. Стратегический менеджмент: концепции и ситуации: Учебник для вузов. Пер. с 9-го англ. изд. / А.А. Томпсон, А.Дж. Стрикленд // ИНФРА-М. -2000- Р.412
- [3] Tomasz Siudek, Aldona Zawojcka Warsaw University of Life Sciences // SGGW Competitiveness in the economic concepts, theories and empirical research. -Jan 2014-
- [4] Emanuela Ciapanna and Concetta Rondinelli, European Central Bank // Retail market structure and consumer prices in the euro area. -2014-
- [5] Porter, M.E. Competitive Strategy. Measuring Business Excellence// Open Journal of Business and Management. -1997-
- [6] Адаева Т. Ю. Организационные факторы и резервы повышения конкурентоспособности предприятия //Текст.: Автореф. дис. на соиск. уч. степ. канд. экон. Наук Т.ТО. Адаева. Пенза. -1999- Р.19
- [7] Азоев Г.Л. Конкуренция: анализ, стратегия и практика Текст. / Г.Л. Азоев // М: Центр экономики и маркетинга. -2004- Р.235
- [8] Азоев Г.Л. Конкурентные преимущества фирмы Текст. / Г.В. Азоев, А.П. Челенков // ОАО «Типография «Новости». -2000- Р.256
- [9] Айзберг Н.И., Солонина З.В. Устойчивость методов расчета индексов цен в условиях ценового хаоса Текст. / Н.И. Айзберг, З.В. Солонина. Иркутск // ИСЭМ СО РАН. -2004–№5. Р-26
- [10] Акимов М. В. Ассортиментная политики торгового предприятия // Монография Текст. / М. В. Акимов. Новосибирск: СибАГС. -2005- Р.84
- [11] Александрова А. Н. Экономическая эффективность производства образовательных услуг // Текст: Дис. на соиск. уч. степ. канд. экон. наук/ А.Н. Александрова. -Кострома. - 1996- Р.138
- [12] Алексеев А.А. Маркетинговые исследования рынка услуг // Текст.: Учебное пособие/ А.А. Алексеев. СПб.: Изд-во СПб ГУЭФ. -2004-
- [13] Алексейчева Е.Ю. Повышение конкурентоспособности пивоваренных предприятий // Текст.: Автореф. дис. на соиск. уч. степ. канд. экон. наук /Е.Ю. Алексейчева. - 2000- Р.21
- [14] Андреев И. Критерии конкурентоспособности однородных банковских услуг // . / И. Андреев // Маркетинг. -1998–№1. Р.35-40.
- [15] Андреев С.Н. Принятие решений в маркетинговых ситуациях // С.Н. Андреев. Маркетинг в России и за рубежом. -1998- № 1.
- [16] Андреева О.Д. Технология бизнеса: маркетинг // О.Д. Андреева.1411, ИНФРА-М
- [17] Андрианов В.Д. Конкурентоспособность России в мировой экономике // В.Д. Андрианов, Маркетинг. -1999–№2, Р.4-8.
- [18] Ансофф И. Новая корпоративная стратегия // И.Ансофф. СПб.: Питер Ком. -1999- Р.416
- [19] Ансофф И. Стратегическое управление // М.: Экономика. -1989.

REFERENCES

- [1] Belyaev A.A. Sistemologiya organizatsii. Uchebnik. / A. A. Belyaev, E.H.M. Korotkov // INFRA-M. -2000- Т.182 - №29
- [2] Tompson A.A. Strategicheskii menedzhment: kontseptsii i situatsii: Uchebnik dlya vuzov. Per. s 9-go angl. izd. / A.A. Tompson, A.Dzh. Striklend // INFRA-M. -2000- Р.412
- [3] Tomasz Siudek, Aldona Zawojcka Warsaw University of Life Sciences // SGGW Competitiveness in the economic concepts, theories and empirical research. -Jan 2014-
- [4] Emanuela Ciapanna and Concetta Rondinelli, European Central Bank // Retail market structure and consumer prices in the euro area. -2014-
- [5] Porter, M.E. Competitive Strategy. Measuring Business Excellence// Open Journal of Business and Management. -1997-
- [6] Adaeva T. YU. Organizatsionnye faktory i rezervy povysheniya konkurentosposobnosti predpriyatiya // Tekst.: Avtoref. dis. na soisk. uch. step. kand. ehkon. Nauk T.TO. Adaeva. Penza. -1999- Р.19
- [7] Azoev G.L. Konkurentsia: analiz, strategiya i praktika Tekst. / G.L. Azoev // M: Tsentr ehkonomiki i marketinga. -2004- Р.235
- [8] Azoev G.L. Konkurentnye preimushchestva firmy Tekst. / G.V. Azoev, A.P. Chelenkov // ОАО «Tipografiya «Novosti». -2000- Р.256

- [9] Aizberg N.I., Solonina Z.V. Ustoichivost' metodov rascheta indeksov tsen v usloviyakh tsenovogo khaosa Tekst. / N.I. Aizberg, Z.V. Solonina. Irkutsk // ISEHM SO RAN. -2004–№5. P-26
- [10] Akimov M. V. Assortimentnaya politiki torgovogo predpriyatiya // Monografiya Tekst. / M. V. Akimov. Novosibirsk: SiBAGS. -2005- P.84
- [11] Aleksandrova A. N. Ehkonomicheskaya ehffektivnost' proizvodstva obrazovatel'nykh uslug // Tekst: Dis. na soisk. uch. step. kand. ehkon. nauk/ A.N. Aleksandrova. -Kostroma. - 1996- P.138
- [12] Alekseev A.A. Marketingovyie issledovaniya rynka uslug // Tekst.: Uchebnoe posobie/ A.A. Alekseev. Spb.: Izd-vo Spb GUEHF. -2004-
- [13] Alekseicheva E.YU. Povyshenie konkurentosposobnosti pivovarennykh predpriyatii // Tekst.: Avtoref. dis. na soisk. uch. step. kand. ehkon. nauk /E.YU. Alekseicheva. - 2000- P.21
- [14] Andreev I. Kriterii konkurentosposobnosti odnorodnykh bankovskikh uslug // . / I. Andreev // Marketing. -1998–№1. P.35-40.
- [15] Andreev S.N. Prinyatie reshenii v marketingovykh situatsiyakh // S.N. Andreev. Marketing v Rossii i za rubezhom. -1998- № 1.
- [16] Andreeva O.D. Tekhnologiya biznesa: marketing // O.D. Andreeva.1411, INFRA-M
- [17] Andrianov V.D. Konkurentosposobnost' Rossii v mirovoi ehkonomie // V.D. Andrianov, Marketing. -1999–№2, P.4-8.
- [18] Ansoff I. Novaya korporativnaya strategiya // I.Anssoff. SPb.: Piter Kom. -1999- P.416
- [19] Ansoff I. Strategicheskoe upravlenie // M.: Ehkonomika. -1989.

М.Б. Батырбекова*

Алматы Менеджмент Университеті, Алматы, Қазақстан

*e-mail: M.Batyrbekova@tspm.kz

BIG DATA ЖӘНЕ БЛОКЧЕЙН ТЕХНОЛОГИЯЛАРЫН ҚОЛДАНУ НЕГІЗІНДЕ РИТЕЙЛ (БӨЛШЕК САУДА) САЛАСЫНДА ЖҰМЫС ІСТЕЙТІН БӘСЕКЕГЕ ҚАБІЛЕТТІГІН АРТТЫРУ

Аңдатпа. Қазақстан экономикасы бүгінде сауда саласында жұмыс істейтін кәсіпкерлерге тәуелді. Елдің сауда кәсіпорындарының тиімділігі экономиканың өсу негіздерінің бірі болып табылады, өйткені ретейл қызметкерлердің кең ауқымын жұмыспен қамтуды, сондай-ақ логистика, көлік қызметтері, қаржы қызметтері, Құрылыс және дизайн саласында жұмыс істейтін ілеспе кәсіпорындарды дамытуды көздейді. Осылайша, осы мақалада ретейл - компаниялардың бәсекеге қабілеттілігін арттыру үшін Big data және блокчейн технологиялары саласындағы заманауи инновациялық шешімдерді қарастыру мақсаты қойылады.

Бәсекеге қабілетті болу үшін ұйымдар нарықтағы экономикалық ғана емес, техникалық жаңалықтарды да ескеруі керек. біз технологиялар дәуірінде өмір сүріп жатырмыз. Бұл мақалада біз қаржылық өсу мен сұраныстың негізгі өлшемдерін, сондай-ақ бөлшек сауда саласындағы бәсекелестік сипатын қарастырамыз, нарық пен оның сегментін талдаймыз.

Бұл мақалада біз сауда саласындағы Blockchain және Big Data технологияларының қажеттілігін, сатылым көлемін ұлғайту, статистика мен жалпы көрсеткіштерді жақсарту мәселелерін қарастырамыз. Қазақстан Республикасы аумағындағы компаниялардың бәсекеге қабілеттілік факторларын, демек қазіргі заманғы шындықта осы технологиялардың қажеттілігін қарастырыңыз.

Бұл мақалада біз бәсекеге қабілеттілік дегеніміз - бұл объектінің өзі жасаған артықшылықтарын пайдалана отырып, тұтынушылардың қажеттіліктерін бәсекелестерге қарағанда тиімдірек қанағаттандыру мүмкіндігі деген анықтамадан шығамыз.

Негізгі сөздер: бәсеке, ретейл –компаниялар, криптовалюталар, блокчейн.

М.В. Batyrbekova*

Almaty Management University, Almaty, Kazakhstan

*e-mail: M.Batyrbekova@tspm.kz

**IMPROVING THE COMPETITIVENESS OF COMPANIES OPERATING IN THE RETAIL
SECTOR, BASED ON THE USE OF BIG DATA AND
BLOCKCHAIN TECHNOLOGIES**

Abstract. Kazakhstan's economy today is significantly dependent on entrepreneurs engaged in trade. The efficiency of the country's trade enterprises is one of the main pillars of economic growth, since retail involves the employment of a wide range of employees, as well as the development of related enterprises working in the field of logistics, transport services, financial services, construction, and design. Thus, this article aims to consider modern innovative solutions in the field of big data and blockchain technologies to increase the competitiveness of retail companies.

In order to be competitive, organizations need to take into account not only economic, but also technical innovations in the market. We live in the era of technology. In this article, we will consider the main criteria for financial growth and demand, as well as the nature of competition in the retail sector, we will analyze the market and its segment.

In this article, we will consider the need for Blockchain and Big Data technologies in the field of trade, to increase sales, improve statistics and general indicators. Consider the factors of competitiveness of companies on the territory of the Republic of Kazakhstan, and therefore the need for these technologies in modern realities.

In this article, we will proceed from the definition that competitiveness is the ability of an object to meet the needs of consumers more efficiently than competitors, using the advantages it has created.

Keywords: Competition, retail companies, cryptocurrencies, blockchain.

¹С.К. Серикбаева*, ¹Д.А. Тусупов, ^{1,2}М.А. Самбетбаева

¹Л.Н.Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Нұр-Сұлтан, Қазақстан

²БҒМ ҒК Ақпараттық және есептеуіш технологиялары институты, Алматы, Қазақстан

*e-mail: inf_8585@mail.ru

ТАРАТЫЛҒАН АҚПАРАТТЫҚ ЖҮЙЕЛЕРДЕ Z39.50 ХАТТАМАСЫН ҚОЛДАНУ

Аңдатпа. Бүгінгі таңда таратылған ақпараттық ресурстарға қол жеткізуді ұйымдастыру мәселелерін шешудің ең тиімді әдісі-олар туралы ақпаратты электрондық кітапханалар түрінде ашылған ақпараттық жүйелерге ұйымдастыру.

Бұл мақалада хаттаманың өзіне және стандарттардың тарихына функционалды шолу жасалады, оны қолданатын кейбір еуропалық бастамалар сипатталады, сонымен қатар оны болашақта пайдалану мен қабылдауға байланысты әртүрлі сұрақтар қойылады. Z39.50 болашақ таратылған ақпараттық жүйелердің маңызды құрылыс блогы болып табылады. Мақала тезаурустағы терминдерді іздеуді және Z39.50 протоколының Zthes профиліне сәйкес ұйымдастырылған тезаурусқа абстрактілі қол жетімділік негізінде терминдер ағашын құру алгоритмін сипаттауға арналған.

Негізгі сөздер: таратылған ақпараттық жүйелер, Z39.50, тезаурус, Zthes, ZSQL, RPN.

Кіріспе. Қазіргі қоғамда бірінші кезекте «үлкен мәліметтер», екіншіден, таратылған жүйелердегі мәліметтер өңдеу сапасы мен жылдамдығын жақсарту қажет [1]. Осыған байланысты, бұл мәселені шешу құралы ретінде үлестірілген сақтау жүйелерінің және деректерді өңдеудің маңыздылығы артып келеді. Кез-келген үлестірілген жүйенің негізгі міндеттерінің бірі - алынған мәліметтердің қасиеттерін талдау, оларды бірнеше себептер бойынша бір түйінде бағалау мүмкін емес. Осы мақсатқа жету және өңдеу уақытын жеделдету үшін бірінші кезеңде жүйенің үлестірілген түйіндеріне мәлімет жіберу керек, екіншісінде таратылған түйіндерден мәліметтер жинау және осы мәліметтерді жалпы ғаламдық көрініске жинақтау қажет. Бұл күрделі мәселелер, осы мәселелердің түрлерінде жиі кездесетін динамикаға байланысты, бұл бүкіл мәселенің жалпы ғаламдық қасиеттеріне әсер ететін жергілікті мәндерде өте жиі өзгеріс енгізеді. Тиімді және адаптивті үлестірілген жүйелерді құру деректерді өңдеу жылдамдығын едәуір жеделдете алады. Бұл мәселені қарастыру үшін біз таралған жүйелерді жобалау және пайдалану кезінде туындайтын мәселелерді талдаймыз.

Мәліметтер қорын құрудың, олардың мазмұнына қол жеткізуді ұйымдастырудың және мәліметтер қоры мен басқа ақпараттық ресурстардың арасындағы айқын және жасырын сілтемелерді жүзеге асырудың әртүрлі тәсілдері бар. Осы әдістердің көпшілігі қатаң онтологиялық модельдерге негізделген және практикалық іске асыру үшін ақпараттық жүйелер мен мәліметтер қорын ұйымдастыруға, аралық қоймаларға ақпараттардың толық шамадан тыс жүктелуіне дейін, олардың функционалдық қасиеттері берілген онтологиялық модельдер негізінде ақпараттық объектілер арасындағы барлық мағыналық қатынастарды анықтауға мүмкіндік беретін өте қатаң талаптар қояды. Мұндай тәсілдер әрекет етуге құқылы, дегенмен қолданыстағы таратылған ақпараттық ресурстарда және оларды мамандандырылған репозиторийлерге жүктеу мүмкін болмаған жағдайда мағыналық жағынан байланысты ақпаратты іздеуді қалай қосуға болады деген сұрақ туындайды.

Парадигма-бұл ғылыми қауымдастық қабылдаған және бөлісетін іргелі ғылыми білімнің, идеялар мен терминдердің жиынтығы. Бағдарламалау парадигмасы проблемаларды қоюдың бастапқы тұжырымдамалық схемасын және оны шешу жолдарын анықтайды.

Абстрактілі іздеу парадигмасын іске асыру бүгінде іздеу қызметтерін ұйымдастырудың бірнеше модельдері түрінде болады, мысалы Z39.50 моделі және қарапайым SRW/SRU моделі

[2]. Атрибуттық іздеу шарттарын тұжырымдау бойынша жетілдірудің жоғарғы жағы Z39.50 хаттамасына тиесілі.

Абстрактілі іздеу қызметтерін іс жүзінде жүзеге асыру тезаурустың айтарлықтай жаңа сапасын - олардың ресурстарын басқа жүйелермен статикалық WEB беттерінің сыртқы индекстеу деңгейінен жоғары деңгейде жаһандық іздеу жүйелеріне қосу мүмкіндігін береді [3].

Электрондық кітапханаларға арналған ақпараттық жүйелердің көптеген технологиялық әзірлемелері бар. Ресейде ең танымал, мысалы, Euro CRIS (eurocris.org), eLibrary (elibrary.ru), ақпарат (informika.ru), MathNET (mathnet.ru). Қазақстанда Қазақстан Республикасы Жоғары оқу орындарының қауымдастығы және KAZRENA Қазақстанның Ғылыми-білім беру компьютерлік желісі мен ҚР БҒМ ҒК ақпараттық және есептеу технологиялары институты ұсынған Бірыңғай технология бойынша университеттік білім беру ресурстары қорында республикалық жоғары оқу орындары арасындағы электрондық кітапхана (РМ ЭБ) жұмыс істейді. Ғылыми-білім беру ақпараттық жүйесін дамытудағы ізашарлардың бірі және соның салдарынан олардың әлемдік көшбасшыларының бірі - "Ресей ғылым академиясының Сібір бөлімінің электронды кітапханасы", ол бүгінде Ресей ғылым академиясының СБ порталы деп аталады (sbras.ru). бұл ресурс Webometrics мәліметтері бойынша Ресейде ғылыми ұйымдар арасында бірінші және әлемде 45-ші орын алады.

Z39.50 стандартының негіздері. Z39.50 протоколы клиент пен сервердің өзара әрекеттесу тәртібін, дерекқордан ақпаратты іздеу және алу процедураларын және осы ақпаратты ұсыну форматтарын анықтайды.

Z39.50 хаттамасы нақты ДБ деректерді сақтау форматтарын, оларды индекстеу тәсілдерін және әртүрлі ДҚБЖ жұмыс істеу рәсімдерін анықтамайды. Z39.50 протоколы пайдаланушы мен клиенттің өзара әрекеттесу интерфейстерін де анықтамайды.

Z39.50 стандарты (information Retrieval (Z39.50): Application Service Definition and Protocol Specification) деректер қорынан ақпаратты іздеу және алу үшін қолданбалы қызмет пен Протокол сипаттамасын анықтайды.

Ол деректер қорына желілік қол жетімділікті біріктіруге арналған және ақпаратты іздеу, алу және ұсыну форматтарын анықтайды [4].

Z39.50 деп аталатын хаттаманың алғашқы нұсқасын ұйымның АҚШ — тың Ұлттық ақпараттық стандарттар жөніндегі комитеті дайындады-NISO (National Information Standards Organization) және 1988 жылы Z39.50-1988 стандартымен енгізілді. Бұл нұсқаның әрекеті тек библиографиялық ақпаратпен жұмыс істеуге қатысты болды.

1989 жылы АҚШ Конгресі зертханасының әкімшілік басқаруымен Z39.50 хаттамасын қолдау агенттігі (Maintenance Agency Z39.50) ұйымдастырылды, ал 1990 жылы орындаушылар тобы құрылды

Z39.50 (Z39.50 Implementors Group — ZIG). Оның мүшелері әртүрлі ақпарат түрлерін (библиографиялық, мәтіндік, графикалық, қаржылық, химиялық және т.б.) өндірушілер, сатушылар, таратушылар болды. Z39. 50 қолдау агенттігі-бұл стандартты сүйемелдеумен және дамытумен айналысатын тұрақты орган. Агенттіктің желілік мекенжайы - <https://www.loc.gov/z3950/agency/> мұнда хаттама бойынша барлық ақпарат, жаңалықтар, құжаттама, объектілер тізілімі және т. б. бар.

1992 жылы аталған ұйымдар Стандарттың 2-нұсқасын әзірледі (Z39.50-1992), 1988 жылғы стандартты ауыстырды, Стандарттың 3-нұсқасы (Z39.50-1995) 1995 жылы әзірленді [5]. Z39.50-1995 стандарты 1992 нұсқасының дамуы болғандықтан және онымен үйлесімді болғандықтан, ол 2 және 3 нұсқалардың хаттамасын анықтайды. 1995 жылы Z39.50 хаттамасы Американдық ұлттық ansi стандарты (ANSI/NISO Z39.50-1995), ал 1998 жылдың қарашасында — ISO-23950 халықаралық стандарты ретінде қабылданды. Қазіргі уақытта жұмыс істейтін ANSI/NISO Z39.50-2003 [6] стандарты 2002 жылдың қараша айында бекітілді. Бұл ANSI/NISO Z39.50-1995 стандартының техникалық өңдеуі және 2 және 3 нұсқаларын анықтайды, бірақ

сонымен қатар Z39.50 — ZIG орындаушылар тобы ұсынған әртүрлі түсіндірмелер, түзетулер мен келісімдерді қамтиды.

Алғашқы жылдары хаттама негізінен библиографиялық ресурстарға қол жеткізуді ұйымдастыру үшін пайдаланылды, бүгінгі күні оны қолдану саласы едәуір кеңейтілді. Ол ғылыми-техникалық, қаржылық ақпаратқа, геоақпараттық ресурстарға, метадеректердің Ғаламдық базаларына, тезаурустар мен айдарларға, сандық коллекцияларға және мұражай ақпараттарына қол жеткізу үшін қолданылады.

Z39.50 стандарты ақпаратты іздеу үшін клиент/сервер түріндегі қызмет пен хаттаманы анықтайды. Ол клиенттің сервер ұсынатын мәліметтер қорынан іздеу, мәліметтер қорынан жазбаларды алу және ақпаратты іздеуге байланысты басқа функцияларды орындау үшін процедуралар мен форматтарды анықтайды. Z39.50 протоколы тек клиенттік және серверлік ақпараттық-іздеу қосымшалары арасындағы өзара әрекеттесуді анықтайды, ол клиент пен соңғы пайдаланушы арасындағы өзара әрекеттесуді анықтамайды. Дәлірек айтқанда, Z39.50 протоколы нақты дерекқорларда деректерді сақтау форматтарын, оларды индекстеу әдістерін және әртүрлі ДҚБЖ жұмыс істеу процедураларын анықтамайды. Сондай-ақ, ол пайдаланушы мен клиенттің өзара әрекеттесу интерфейстерін анықтамайды.

Хаттаманың егжей-тегжейіне тоқталмай-ақ, Z39.50 стандарты әртүрлі мәліметтер қорына бірыңғай қол жеткізуге мүмкіндік беретін компьютерлердің өзара әрекеттесу ережелерін анықтайды деп айтуға болады. Осылайша, тек бір ғана клиенттік қосымшаны пайдаланушы құрылымы мен ақпараттық презентация форматы әр түрлі болатын қашықтан таратылатын мәліметтер қорынан ақпаратты іздей алады.

Екі негізгі ерекшелік Z39.50 протоколын басқа хаттамалардан ерекшелендіреді. Біріншіден, бұл ақпарат ұсынудың абстрактілі моделі. Z39.50 идеологиясында бірдей мәліметтер схемасы шеңберінде, пайдаланылған ДҚБЖ, өрістер мен сұраныстар синтаксисіндегі физикалық айырмашылықтарға қарамастан, барлық мәліметтер базалары бірдей. Басқаша айтқанда, хаттама клиент пен сервердің өзара әрекеттесуінің әр кезеңінде ақпаратты ұсынудың абстрактілі моделін ұсынады. Z39.50-де клиент әрдайым бір сұраныс жүйесімен жұмыс істейді және мәліметтерді бірдей форматта алады. Екінші ерекшелігі-Z39.50 протоколы клиент пен сервердің сессиялық өзара әрекеттесуін толығымен қамтамасыз етеді. Бұл мүмкіндік протоколдың өзінде бар және серверлік жүйе немесе клиенттік бағдарлама болсын, оның барлық қосымшаларында жүзеге асырылады.

Z39.50 технологиясындағы тезаурустар. Халықаралық стандарттау ұйымының (ISO) анықтамасына сәйкес, тезаурус-бұл индекстеу тілімен басқарылатын сөздік, тұжырымдамалар арасында айқын априорлық қатынастар орнату үшін ресми түрде ұйымдастырылған [6]. Бұл анықтама тезаурусты құрайтын элементтер ретінде осы бірліктер арасындағы лексикалық бірліктер мен семантикалық қатынастарды орнатады. Тезаурустық қатынастар (тұқым — түр, бөлік — тұтас және т.б.) таксономия құрылымына қолданылады, яғни пәндік аймақтың негізгі таксономиялары анықталады.

Тарихи тұрғыдан, тезаурустар құжаттарды қолмен индекстеу үшін жасалды және оларды жасау кезінде автоматты индекстеуге қатысты мәселелер ескерілмеді.

Индекстелген ақпараттың барлық тақырыптық әртүрлілігіне сәйкес келетін тезаурусты құрудың қиындығы оның қазіргі ақпараттық жүйелерде танымал болмауының басты себебі болып табылады. Дегенмен, ғылыми-білім беру қызметін қолдау үшін ақпараттық-іздеу жүйелерінің тиімділігі мамандандырылған тезаурусты пайдалануға тікелей байланысты.

Ақпараттық-іздістіру тезаурусы (стандарттардың анықтамаларына сәйкес) — бұл құжаттар мен іздеу сұраныстарының мазмұнын сипаттауға арналған терминдер арасындағы нақты көрсетілген семантикалық байланысы бар табиғи тілдегі негізгі терминдердің нормативтік (бақыланатын) сөздігі [7]. Тезаурус белгілі бір пәндік аймақты сипаттауға арналған, оның әр термині берілген пәндік аймақтың кез-келген тұжырымдамасын білдіреді немесе сипаттайды.

Z39.50 жалпы идеологиясына сүйене отырып, кез-келген дерекқорға қол жеткізу барлық жеке құрылымдар дұрыс көрсетілетін бірыңғай стандартты деректер схемасы арқылы жүзеге асырылуы керек. Схема Zthes деп аталды.

Zthes Z39.50 протоколын қолдана отырып жұмыс істеуге арналған. Бұл схема терминдер арасындағы қатынастар түрлерінің өте шектеулі жиынтығын қолдануды қамтитынын ескеріңіз. Бұл үлкен үйлесімділік үшін әдейі жасалады.

Терминдер арасында, стандарттың ұсыныстарына сәйкес келесі байланыс түрлері орнатылады:

- * BT-ата-аналық терминмен, яғни кең мағынадағы терминмен байланыс;

- * NT-бала терминімен, яғни тар мағынадағы терминмен байланыс. BT ↔ NT байланысы өзара кері;

- * USE — оның орнына қолданылатын терминмен байланыс;

- * UF-өзара кері байланыс USE, Use u UF;

- * Байланысты терминді анықтайтын RT байланысы;

- * LE-лингвистикалық эквивалентті терминдер арасындағы байланыс.

BT және NT сілтемелері, сонымен қатар USE және UF өзара кері болып табылады. RT және LE байланыстары симметриялы.

Сонымен қатар, терминнің түрі стандарттың ұсыныстарына сәйкес анықталады.

Zthes схемасында терминдердің келесі түрлері ажыратылады:

TT - бұл жоғары деңгейдегі термин, яғни. неғұрлым кең кластың терминдері жоқ термин (BT сілтемесі бар терминдер);

NT - бұл жоғары деңгейлі термин емес, яғни BT типті сілтемелері бар дескриптор;

ND - негізгі емес термин;

NL - бұл жалған термин, яғни құжаттарды индекстеу үшін пайдаланылмайтын, бірақ класс бөлімінің логикалық негізін көрсету үшін иерархияға енгізілген термин.

Сұраныстарды түрлендіру және іздеу. Z39.50 протоколы бойынша жұмыс істейтін кез келген жүйе іздеу сұрауында терминдерді көрсету тәсілін айқындайтын Bib-1 атрибуттар жиынтығын міндетті түрде қолдауы тиіс. Bib - 1 құрамына атрибуттардың алты тобы кіреді:

Use жиынтығы - тікелей өрістер немесе олар "кіру нүктелері" деп аталады";

Relation жиынтығы - қатынас атрибуттары (мысалы, >, <, = және т. б.);

Position жиынтығы - іздеу жүйесінің орналасқан жерін анықтайтын атрибуттар

Өрістегі терминдер (өрістегі бірінші сөз, ішкі өрісте, кез-келген позиция)

Structure жиынтығы - іздеу терминінің құрылымын анықтайтын атрибуттар (сөз, сөйлем, кілт және т. б.).)

Truncation жиынтығы - терминнің қысқару мүмкіндігін анықтайтын атрибуттар;

Completeness жиынтық - өрістің немесе ішкі өрістің толықтығын анықтайтын атрибуттар.

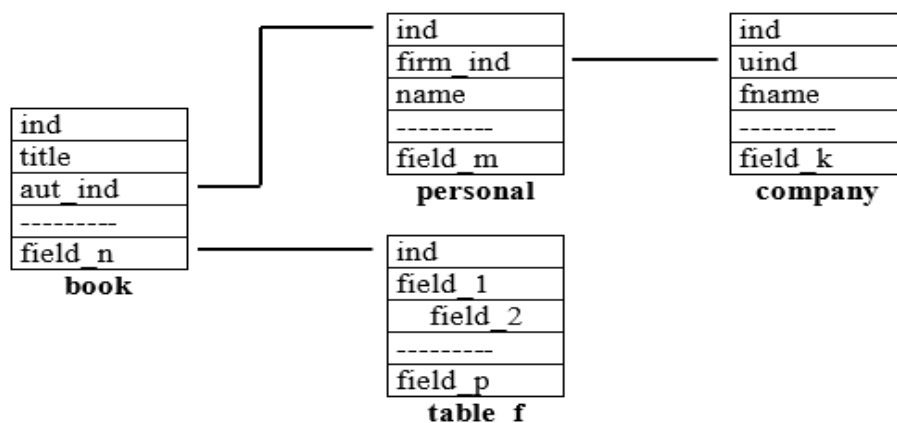
Бір жағынан, іздеу терминдерінің қасиеттерін анықтаудағы мұндай егжей-тегжей сұраныстарды дайындауда айтарлықтай икемділікті білдіреді, бірақ екінші жағынан, бір уақытта бірнеше серверге жіберілетін бір сұрау бойынша іздеуге кедергі келтіреді. Бұл әр түрлі серверлерде дерекқорды басқарудың әртүрлі құралдарын қолдануға байланысты стандарт ұсынатын барлық атрибуттар жиынтығын жүзеге асыру іс жүзінде мүмкін емес екендігіне байланысты. Көбінесе бір серверде іздеу үшін кез-келген атрибутты көрсету сәтті іздеудің қажетті шарты болып табылады, ал басқа серверде бұл атрибут немесе тіпті атрибуттардың бүкіл тобы іске асырылмайды. Бұл жағдайда деректер қорына жүгіну үшін бірыңғай сұрау салуды пайдалану мүмкін болмайды.

Бұл мәселе іздеу кезінде, ресурстың нақты орналасқан жері белгісіз болған кезде және іздеу бірнеше Z серверлерінде жүргізілуі керек. Ең алдымен, сұранысты құру кезінде іздеу өрісіне қосылатын іздеу өрістерін (кіру нүктелерін) таңдау мәселесі туындайды. Әр түрлі Z серверлері қолдайтын кіру нүктелерінің жиынтығы жиі ерекшеленеді. Автор, тақырып немесе

жариялау күні сияқты өрістер барлық дерлік мәліметтер қорында сақталса да, бұл көбінесе жеткіліксіз. Мысалы, ISSN сияқты өрістер серверге қолдау көрсетпеуі мүмкін. Мұның бәрі іздеу табысының күтпегендігіне әкеледі.

Z39. 50 протоколына негізделген әрбір жүйе, кем дегенде, абстрактілі идентификаторлар (oid сандық индекстері) жиынтығы арқылы көрсетілетін RPN (кері поляк белгісі) форматындағы сұраныстарды өңдеуді қолдауы керек [8]. Z39. 50 сервері осындай сұранысты алғаннан кейін оны белгілі бір дерекқорға қолайлы пішінге түрлендіруі керек. Z39. 50 сервері zsql түрінде сұраныстарды өңдей алады, олар абстрактілі деректер құрылымына да сүйенуі мүмкін (мысалы, кесте өрісінің атауының орнына оның сандық мәнін тиісті атрибуттар жиынтығынан пайдалану керек, ал FROM бөлімінде деректер схемасының идентификаторын көрсету керек және т.б.). ZSQL сұраулары "таныс" SQL түрінде де көрсетілуі мүмкін, бірақ бұл Z39.50 идеологиясына қайшы келеді, дегенмен оны ODBC, JDBC және т.б. технологияларға балама ретінде қолдануға болады, деректерді ортақ пайдалану үшін бірыңғай желілік интерфейсті ұсынады. Реляциялық ДҚБЖ-ны пайдалану кезінде сұрауға қандай кестелер қатысатынын, олардың арасындағы байланыс түрі қандай болатынын анықтау керек, сұраулардың еркін ұя салу мүмкіндігін ескеру қажет. - Сур.1-де Bib-1 іздеу атрибуттары мен белгілердің (tagset-G) OID көмегімен RPN және ZSQL сұрауының мысалы көрсетілген. Сауалдар туралы толық ақпаратты хаттаманың спецификацияларының сипаттамасынан алуға болады.

- а)
`@and @attr 1=4 @attr 5=3 {система} @attr 1=1005 {ОИГТМ} @attr 1=1003 {Серикбаева}`
- б)
`select [(2,1)]
from [1.2.840.10003.13.2]
where [(2,4)] = (select min([(2,4)]) from [1.2.840.10003.13.2])`
- в)



Сурет 1. Сұраныстарды түрлендіру: а) RPN түрінде сұрау; б) ZSQL-abstract түрінде сұраныс; в) қажетті ақпаратты қамтитын реляциялық деректер қорындағы кестелер мен олардың арасындағы қатынастардың мысалы

Әрбір дерекқорға ғана тән болуы мүмкін бұл файлдарда OID элементтерінің SQL сұрау элементтеріне сәйкестігі туралы ақпарат болуы керек. Егер сіз тек іздеу сұрауларымен (select) шектелсеңіз, онда конфигурация файлдарында кесте өрістерінің іздеу атрибуттары мен деректер схемаларының элементтеріне сәйкестігі, өрістердің түрлері, кестелер арасындағы қатынастардың сипаты туралы ақпарат болуы керек. Жалпы жағдайда, егер бірыңғай сұрау түрлендіргіштері жасалса, онда белгілі бір ДҚБЖ SQL диалектілері туралы ақпарат қажет

болады, өйткені SQL стандарттарының болуына қарамастан, сұрау тілдерінде кейбір айырмашылықтар бар [9].

Жалпы жағдайда конфигурация файлының құрылымы өте күрделі. Бірақ бірқатар қосымшалар үшін мұндай файлдарды айтарлықтай жеңілдетуге болады. Шынында да, ашық Ақпараттық жүйелер ұсынатын ақпараттың көлемі мен сипаты көптеген байланысты кестелерге күрделі сұраныстарды қолдануды білдірмейді. Z39.50 серверіне жүктеудің орнына сақталған процедуралар мен жалған кестелерді (view) қолданған дұрыс.

RPN (PQF)-сұраныстарды құру үшін келесі үлгіні пайдалану керек:

```
query ::= top-set query-struct
top-set ::= [ '@attrset' attrsetname ]
attrsetname ::= 'Bib-1' | 'XD-1' | 'util' | 'Zthes'
query-struct ::= simple | complex
complex ::= operator query-struct query-struct.
operator ::= '@and' | '@or' | '@not'
simple ::= attr-spec term.
attr-spec ::= '@attr' [ attrsetname ] typ '=' value [ attr-spec ]
typ ::= '1' | ... | '12'
value ::= numeric or string
term ::= string.
```

Қарапайым RPN-сұраныстың мысалы ретінде тақырыпта кездесетін «Информационная система» терминін іздеу сұрауын келтіруге болады (termName):

```
@attr XD-1 1=1 Информационная система
мұнда
```

@attr XD-1 1=1 – «Атау термині» өрісіне сәйкес келеді;
Информационная система – іздеу термині.

Тақырыптарда кездесетін «Информационная система» немесе "Информатика" терминдерін іздеудің неғұрлым күрделі сұранысының мысалы:

```
@or @attr XD-1 1=1 Информационная система @attr XD-1 1=1 Информатика
```

Атау өрісінде «Информационная система» өрісінде termName және «ru» өрісінде termLanguage немесе «Информатика» өрісінде termName и «ru» өрісінде termLanguage бар жазбаларды табатын сұраныстың мысалы:

```
@or @and @attr XD-1 1=1 Информационная система @attr util 1=3 ru
@and @attr XD-1 1=1 Информатика @attr util 1=3 ru
```

Іздеу термині ретінде сөздегі таңбалар тізбегін орнатуға мүмкіндік беретін қосымша атрибутты қолдана отырып сұраныстың мысалы:

```
@attr XD-1 1=1 @attr util 5=4 @attr util 9=2 {ақпаратты іздеу}
```

Мұндай сұраудың нәтижесі "ақпаратты іздеу" және "ақпаратты іздеу"терминдері болуы мүмкін.

Сөйлем іздеу термині ретінде берілген сұраныс мысалы. Фраза-бұл бос орынмен бөлінген сөздер жиынтығы. Сұраныс нәтижесі сұраудағы сөздердің реттілігіне байланысты. Бұл жағдайда жауапта «ақпаратты іздеу» деген тіркес болады.

```
@attr XD-1 1=1 @attr util 5=4 {ақпаратты іздеу}
```

2019 жылғы барлық жазбаларды табатын сұрау мысалы, іздеу termCreatedDate өрісінде жүзеге асырылады:

```
@attr util 1=1 @attr util 12=2 {2019}
```

Іздеу нәтижелері

Деректер қорында іздеу нәтижесінде клиент серверден келесі ақпаратты ала алады: қате туралы хабарлама, табылған жазбалар саны немесе табылған жазбалар. Бірінші жауап кез-келген қатеге байланысты, екінші және үшінші нұсқалар сәтті іздеуге сәйкес келеді. Клиент

алатын олардың қайсысы серверге іздеу сұрауымен бірге берілетін параметрлерге байланысты болады.

Ол үшін шағын, орта және үлкен жиынтық ұғымдары енгізіледі. Мұнда жиын дегеніміз-ақырына дейін нөмірленген табылған жазбалар жиынтығы. Шағын жиынтықтағы барлық жазбалар әрдайым қайтарылады, үлкен жиынтықтағы барлық жазбалар ешқашан қайтарылмайды, ал кейбір жазбалар орта жиынтықтан қайтарылады. Келесі параметрлер орнатылады [10].

- Кіші жиынның жоғарғы шегі, яғни бірінші жазбадан басталатын кіші жиындағы максималды жазба нөмірі.

- Үлкен жиынның төменгі шекарасы, яғни жазбалар үлкен жиынға енетін Сан. Нөмірлері кіші жиынның жоғарғы шегінен үлкен, бірақ үлкен жиынның төменгі шегінен кіші барлық жазбалар орта жиыннан алынған жазбалар болып саналады.

- Орташа жиынтықтан қайтарылған жазбалар саны.

Осы үш параметрді өзгерту арқылы сіз жазбалардың кез-келген санын, соның ішінде біреуін де қайтара аласыз.

Соңында, жазбаны іздеген кезде табылған барлық сервер кейінірек пайдалану үшін сеанс блогында сақталуы керек екенін атап өткен жөн. Егер сервер іздеу нәтижесіне ат қоюға мүмкіндік берсе, бұл сақталған жиынтыққа атау берілуі мүмкін, егер жоқ болса, популяция аталмаған күйде сақталады және келесі іздеу кезінде қайта жазылады. Серверде сақталған нәтижелер жиынтығын келесі RPN сұраныстарында қолдануға болады, онда олар АРТ блоктары сияқты операндалар ретінде әрекет етеді.

Тезаурус дерекқорына қол жеткізуді орындау үшін пайдаланушы дерексіз сұрау салуы керек. Ол үшін тезаурус дерекқорына дерексіз сұраулар жасайтын пайдаланушы WEB қосымшасы жасалды. Дерексіз сұрау алу үшін пайдаланушы нысанды енгізу өрістерін келесі іздеу параметрлерімен толтыруы керек: іздеу терминінің атауы, атрибуттар жиынтығының атауы, Use типті іздеу атрибуты (Access Point). Пайдаланушы қосымша іздеу атрибуттары мен логикалық мәлімдемелерді қолдана отырып, дәлірек ақпаратты іздеу үшін сұраулар жасай алады.

Сурет 2. Сұраныстың абстрактты параметрлерін таңдау

Деректерді толтырғаннан кейін «Добавить» батырмасын басу керек. Таңдалған іздеу параметрлері төмендегі өрісте көрсетіледі.

Сурет 3. Іздеу параметрлерін көрсету

Неғұрлым күрделі іздеу құрылымдарын құру үшін пайдаланушы «Следующий уровень» батырмасын қолдануы керек. Осылайша, жаңадан таңдалған іздеу параметрлері дерексіз сұраудың алдыңғы фрагментіне қосылады.

Сурет 4. Күрделі сұраныстар құрудың мысалы

Абстракттілі сұранысты нақты SQL сұранысына тезаурус дерекқорына түрлендіру үшін келесі алгоритм бойынша жұмыс істейтін ДҚБЖ-ге ендірілген функция жасалды.

Жаңадан бастаушылар үшін пайдаланушы абстракттілі сұрау салуы керек, мысалы, қосымшаның көмегімен және оның дұрыстығын қосымшаның көмегімен тексеру керек:

@or @attr XD-1 1=1 Информационная система @attr XD-1 1=1 @attr 5=1 Информатика

Бұл жол түрінде сұраныс енгізу параметрі ретінде функцияға беріледі. Әрі қарай, сұраныс талданады:

@or – логикалық оператор «немесе»

@attr XD-1 1=1 – «Атау термині» бойынша іздеу

Информационная система – іздеу термині

@attr XD-1 1=1 – «Атау термині» бойынша іздеу

@attr 5=1 – оң жақта кесу

Информатика – іздеу термині

Алынған нәтиже SQL сұранысының фрагменттеріне ауыстырылады:

@or -> or

@attr XD-1 1=1 -> title

Информационная система -> 'Информационная система'

@attr XD-1 1=1 -> поиск по title

@attr 5=1 -> LIKE

Информатика -> 'Информатика%'

Әрі қарай логикалық операторлар мен жақшалар орналасады:

((title = 'Информационная система') or (title LIKE 'Информатика%'))

Осыдан кейін SQL сұранысы тезаурус дерекқорына орындалады:

SELECT * FROM zthes_cat WHERE ((title = 'Информационная система') or (title LIKE 'Информатика%'))

Алынған нәтиже пайдаланушы қосымшасындағы кестеде көрсетіледі:

№	title	link_id	term_qualifier	term_vocabulary	description	document_language	term_category
7	Информатика	54F38E0C	publ555		Информатика — это наука, которая занимается вычислением, хранением и обработкой информации. Она развивается вместе с компьютерами и сетью интернет, а потому базируется на компьютерной технике и невозможна без нее.	ru	
2	Информационная система	BFC88BB8	abacus_ru	-	Информационная система — это взаимосвязанная совокупность средств, методов и персонала, используемых для хранения, обработки и выдачи информации для достижения цели управления.	ru	-

Сурет 5. Іздеу нәтижесі

Қорытынды. Мақалада таратылған ақпараттық жүйенің негізгі түсініктері Z39.50 хаттамасында құрудың жолдары қарастырылып, Z39.50 хаттаманың дерексіз RPN (PQF) сұрауларымен (сұрау салудан бастап оны орындауға дейін) толық жұмыс циклы берілген, сонымен қатар SQL сұрау тіліне негізделген балама тәсіл қарастырылған. Сұраулар қарапайым және күрделі болуы мүмкін. Жазылған WEB қосымшасы, ол интерактивті түрде RPN сұранысын жасайды, оның дұрыстығын тексереді және орындайды.

Z39.50-бұл клиент-сервер архитектурасының стандарты, онда іздеу жүйесі мен интерфейс тәуелсіз бөліктерге бөлінеді. Әр түрлі жергілікті жүйелердегі кең таралған мәліметтер қорын бірдей жергілікті тұтынушы немесе интерфейс арқылы табуға болады. Бұл интерфейс қалай көрінуі керек немесе ол қалай әрекет етуі керек деген мәселені шешпейді, бұл интерфейсгі таңдау үшін пайдаланушыға байланысты. Кітапхана жүйелерінің интернетпен байланысы және Z39.50 хаттамасының дамуы жергілікті автоматтандырылған жүйе арқылы библиографиялық дерекқорлар мен толық мәтінді дерекқорлардың үнемі өсіп келе жатқан массивіне қол жеткізу мүмкіншілігін арттырады. Пайдаланушыларды әртүрлі есептеу платформаларын ұсынатын ресурстармен тікелей байланыстыру қабілеті Z39.50 хаттаманың институционалды жүйелерді байланыстыратын кітапханалар үшін артықшылығын арттырды. Осы хаттаманы пайдалану нәтижесінде әртүрлі ұйымдардың мәліметтер қорын қамтитын таратылған ақпараттық жүйелерді құруға болады.

ӘДЕБИЕТТЕР

- [1] Мазов Н.А., Жижимов О.Л. Применение протокола Z39.50 для работы с тезаурусами и классификационными схемами // VII Международная конференция «Библиотеки и ассоциации в меняющемся мире: новые технологии и новые формы сотрудничества» - Крым-2000 (Судак, Украина, 03.06 - 13.06.2000): Труды конференции. - М.: ГПНТБ России, 2000. - Т.1. - С.402-405.
- [2] ANSI/NISO Z39.50-2003. Information Retrieval (Z39.50): Application Service Definition and Protocol Specification // NISO Press, Bethesda, Maryland, U.S.A. — ISBN 1-880124-55-6. — 267 p.
- [3] ГОСТ Р ИСО/МЭК 7498-1-99 Информационная технология (ИТ). Взаимосвязь открытых систем. Базовая эталонная модель. Часть 1. Базовая модель // Москва, ИПК, Издательство стандартов. - 1999. - С. 62.
- [4] Жижимов О.Л., Мазов Н.А. Принципы построения распределенных информационных систем на основе протокола Z39.50. - ОИГТМ СО РАН, Новосибирск: ИВТ СО РАН. - 2004. - ISBN 5-9554-0017-6. - 361с.
- [5] Шокин Ю.И., Федотов А.М. Поддержка и развитие распределенных информационно-вычислительных ресурсов СО РАН // Вычислительные технологии. (Совместный выпуск). Вестн. КазНУ им. Аль-Фараби. Серия: Математика, механика, информатика. Ч. 4. — 2004. — Т.42. — Ч.4. — № 3. — С.324-334.
- [6] Z39.50 Utility Attribute Set. Library of Congress. - March 2003 - <https://www.loc.gov/z3950/agency/attrarch/util.html>
- [7] ANSI/NISO. Z39.19:2005 Guidelines for the construction, format and management of monolingual controlled vocabularies. NISO Press: Bethesda, MD, 2005. ISBN:1-880124-65-3
- [8] Федотов А.М., Идрисова И.А., Самбетбаева М.А., Федотова О.А. Использование тезауруса в научно-образовательной информационной системе // Вестник Новосибирского государственного университета. Серия: Информационные технологии. - 2015. - Т.13. - № 2. - С.86-102. - ISSN 1818-7900. - EISSN 2410-0420.
- [9] Жижимов О.Л., Федотов А.М., Шокин Ю.И. Платформа ZooSPACE - организация доступа к разнородным распределенным ресурсам // Электронные библиотеки. - 2014. - Т.17. - № 2. - ISSN 1562-5419. <http://www.elbib.ru/index.php?page=elbib/rus/journal/2014/part2/ZFS>
- [10] Santeyeva S.A., Zhizhimov O.L. User interfaces for working with thesauri and rubricators in distributed heterogeneous information systems on the example platform ZooSPACE // Совместный выпуск по материалам международной научной конференции «Вычислительные и информационные технологии в науке, технике и образовании» (CITech-2015) (24-27 сентября 2015 года): Вычислительные технологии, т.20; Вестник КазНУ им. Аль-Фараби, Серия математика, механика и информатика № 3 (86) / КазНУ им. аль-Фараби. - 2015. - Part I. - Алматы - Новосибирск. - P.224-230.

REFERENCES

- [1] Mazov N.A., Zhizhimov O.L. Primenenie protokola Z39.50 dlya raboty s tezaurusami i klassifikatsionnymi skhemami // VII Mezhdunarodnaya konferentsiya «Biblioteki i assotsiatsii v menyayushchemsya mire: novye tekhnologii i novye formy sotrudnichestva» - Krym-2000 (Sudak, Ukraina, 03.06 - 13.06.2000): Trudy konferentsii. - M.: GPNTB Rossii, 2000. - T.1. - S.402-405.
- [2] ANSI/NISO Z39.50-2003. Information Retrieval (Z39.50): Application Service Definition and Protocol Specification // NISO Press, Bethesda, Maryland, U.S.A. — ISBN 1-880124-55-6. — 267 p.
- [3] GOST R ISO/MEK 7498-1-99 Informatsionnaya tekhnologiya (IT). Vzaimosvyaz' otkrytykh sistem. Bazovaya etalonnaya model'. Chast' 1. Bazovaya model' // Moskva, IPK, Izdatel'stvo standartov. - 1999. - S. 62.
- [4] Zhizhimov O.L., Mazov N.A. Printsipy postroeniya raspredelennykh informatsionnykh sistem na osnove protokola Z39.50. - OIGGM SO RAN, Novosibirsk: IVT SO RAN. - 2004. - ISBN 5-9554-0017-6. - 361s.
- [5] Shokin Yu.I., Fedotov A.M. Podderzhka i razvitie raspredelennykh informatsionno-vychislitel'nykh resursov SO RAN // Vychislitel'nye tekhnologii. (Sovmestnyi vypusk). Vestn. KazNU im. Al'-Farabi. Seriya: Matematika, mekhanika, informatika. Ch. 4. — 2004. — T.42. — Ch.4. — № 3. — S.324-334.
- [6] Z39.50 Utility Attribute Set. Library of Congress. - March 2003 - <https://www.loc.gov/z3950/agency/attrarch/util.html>
- [7] ANSI/NISO. Z39.19:2005 Guidelines for the construction, format and management of monolingual controlled vocabularies. NISO Press: Bethesda, MD, 2005. ISBN:1-880124-65-3

[8] Fedotov A.M., Idrisova I.A., Sambetbaeva M.A., Fedotova O.A. Ispol'zovanie tezaurusa v nauchno-obrazovatel'noi informatsionnoi sisteme // Vestnik Novosibirskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Informatsionnye tekhnologii. - 2015. - T.13. - № 2. - S.86-102. - ISSN 1818-7900. - EISSN 2410-0420.

[9] Zhizhimov O.L., Fedotov A.M., Shokin Yu.I. Platforma ZooSPACE - organizatsiya dostupa k raznorodnym raspredelennym resursam // Elektronnye biblioteki. - 2014. - T.17. - № 2. - ISSN 1562-5419. <http://www.elbib.ru/index.phtml?page=elbib/rus/journal/2014/par2/ZFS>

[10] Santeyeva S.A., Zhizhimov O.L. User interfaces for working with thesauri and rubricators in distributed heterogeneous information systems on the example platform ZooSPACE // Sovmestnyi vypusk po materialam mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii «Vychislitel'nye i informatsionnye tekhnologii v nauke, tekhnike i obrazovanii» (CITech-2015) (24-27 sentyabrya 2015 goda): Vychislitel'nye tekhnologii, t.20; Vestnik KazNU im. Al'-Farabi, Seriya matematika, mekhanika i informatia № 3 (86) / KazNU im. al'-Farabi. - 2015. - Part I. - Almaty - Novosibirsk. - P.224-230.

¹S. K.Serikbayeva*, ¹J.A. Tussupov, ^{1,2}M.A. Sambetbayeva

¹L. N. Gumilyov Eurasian National University, Nur-Sultan, Kazakhstan

²Institute of Information and Computational Technologies CS MES RK, Almaty, Kazakhstan

*e-mail: inf_8585@mail.ru

APPLICATION OF THE Z39.50 PROTOCOL IN DISTRIBUTED INFORMATION SYSTEMS

Abstract. To date, the most effective way to solve the problems of organizing access to distributed information resources is to organize information about them in information systems, denounced in the form of electronic libraries.

The article describes the search for terms in the thesaurus and the algorithm for constructing a term tree based on abstract access to the thesaurus, organized in accordance with the Zthes profile of the Z39.50 protocol

Keywords: distributed information systems, Z39. 50, thesaurus, Zthes, SQL, RPN.

¹С.К. Серикбаева*, ¹Д.А. Тусупов, ^{1,2}М.А. Самбетбаева

¹Евразийский национальный университет им. Л.Н.Гумилева, Нур-Султан, Казахстан

²Институт информационных и вычислительных технологий МОН РК, Алматы, Казахстан

*e-mail: inf_8585@mail.ru

ПРИМЕНЕНИЕ ПРОТОКОЛА Z39.50 В РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ

Аннотация. На сегодняшний день наиболее эффективным способом решения проблем организации доступа к распределенным информационным ресурсам является организация информации о них в информационные системы, обличенных в форму электронных библиотек.

Статья посвящена описанию поиска терминов в тезаурусе и алгоритма построения дерева терминов на основе абстрактного доступа к тезаурусу, организованного в соответствии с профилем Zthes протокола Z39.50

Ключевые слова: *распределенных информационных системы, Z39.50, тезаурус, Zthes, ZSQL, RPN.*

F.A.Yermukhambetova*, A.T.Babanova, A.A.Ashekenova

Zhangir Khan West Kazakhstan Agrarian and Technical University, Uralsk, Kazakhstan

*e-mail: bfa1@mail.ru

THE PROBLEM OF CONTINUITY IN THE STUDY OF THE TOPIC "FUNCTION" BETWEEN SCHOOL AND UNIVERSITY

Abstract. The article deals with the problem of succession in the study of the topic "Function" between school and university mathematics courses and presents analysis and interpretation of the main results of this test study.

The problem of continuity in teaching mathematics is connected with the tasks of implementing intra-subject and meta-subject connections, with the sequence of presentation of educational material, the levels of increasing its complexity, with the search for optimal forms and methods of organizing the process of teaching mathematics at different educational stages. In this regard, the article deals with the problem of continuity in the study of the topic "Function" between the school and university courses of mathematics, presents an analysis and interpretation of the main results of the knowledge and skills of first-year students in three different streams with the Russian language of instruction.

Keywords: mathematics, continuity, function, graphics, construction of charts.

Introduction. The continuity problem in teaching mathematics relates to the problems of realization of intra subject and metasubject communications, with the sequence of statement of academic material, levels of increase of its complexity, with the search of optimum forms and methods of organization of process of teaching mathematics at different educational stages.

Continuity in teaching mathematics is a necessary condition for a possibility of implementation of interrelation between representations, concepts, skills. It promotes awareness of the main ideas of mathematics and allows to establish connection with other subjects and also to deeper judgment and the best storing of the studied material. Existence of continuity in learning is one of conditions of formation of students' outlook and their mathematical competence [1].

The concept of continuity is understood by the authors differently. Some consider it as communication between separate subjects in the course of learning, others - as simple use of knowledge gained earlier at further studying of the same subject, the third - as constancy and uniformity of the requirements imposed on pupils upon transition from grade to grade. But in all cases continuity is understood as some communication. "Continuity in pedagogical processes and the phenomena is understood as such communication of old with new and new with old when the dialectic contradictions arising in the conditions of this communication are resolved by organized interaction of the corresponding components" [2].

Despite deep development of problems of continuity of learning, in modern conditions they demand a further research and implementation of results in practice. Recently many authors of scientific and methodical publications note weak mathematical training of the students who entered technical and pedagogical colleges. Having graduated from school, graduates are most often not ready to education continuation. They do not own methods of receiving and processing of information, are not able to work independently with material and very often try to learn everything on a school habit, that is to learn by rote [1, 3, 4].

Practice of teaching mathematical disciplines in technical college also confirms insufficiency of training of school graduates for education continuation. When studying courses of higher mathematics students experience expressed difficulties in mastering and practical application of basic concepts connected with this subject, and in recent years this problem complicates studying of important sections of course of mathematics in higher education institution which roots go to the problems of school course of not only algebra and the beginning of analysis, but also a course of

algebra of main school. First-year students poorly own computing skills, mathematical speech, do not know definition of some main elementary functions, their properties. They badly imagine function graphs, cannot explain geometrical sense of properties of functions (parity and oddness, monotony, frequency), etc. For example, when studying the subject "Continuity of Function in a Point" for definition of points of a gap, it is previously necessary to construct a function graph and only then to find unilateral limits. They did not create abilities to work with task, to apply analysis, synthesis, analogy and other methods while searching the solution of task, to use geometrical method and geometrical representations in different situations. Many first-year students cannot draw conclusions and generalizations, to give examples on the studied theoretical material, etc.

Getting to work with students, a teacher of higher education institution has to be guided by some knowledge and skills acquired by them at school. In improvement of quality of mathematical education, the major role is played by establishment of closer continuity between school and high school course of mathematics, between various courses of mathematics at school.

The continuity problem purpose is to increase efficiency of traditional teaching mathematics. The question of studying of continuity came down to the examination and specification of intersubject and intra subject communications and also communications between separate links in an education system. Thus, the success of studying of mathematical analysis in higher education institution is predetermined continuity of courses of school and higher mathematics. Only that student who mastered school course of mathematics will be able unmistakably to operate with all concepts and to continue training of higher mathematics course.

Mathematical training of students of higher education institution is a basic making natural-science training of the expert which provides first of all sequence, continuity of teaching mathematics upon transition from college to higher education institution, full use of knowledge, the skills created earlier in a school course of mathematics [5].

Method. For respect for continuity of mathematical education it is necessary to hold diagnostic testing of knowledge, skills of the students admitted to higher education institution. Without diagnostic check it is impossible to operate effectively didactic process, to achieve optimum results. As one of effective methods of diagnostics, the current testing according to coinciding sections of mathematics can serve in standards of secondary and higher education [6].

For the purpose of detailed study and establishment of readiness for training in a course of higher mathematics in higher education institution, testing of knowledge and abilities of first-year students in three various groups with Russian language of instructions was held:

1) mechanical engineering faculty, specialties: 5B071200 "Mechanical engineering", 5B073200 "Standardization, certification and metrology", 5B072400 "Technological machines and equipment", 5B0721000 – "Chemical technology of organic substances", 5B072000 – "Chemical technology of inorganic substances"

2) economics faculty, specialties: 5B050800 - "Account and audit", 5B050700 - "Management", 5B050600 - "Economy"

3) polytechnical and agronomical faculties, specialties: 5B073100 "Health and safety and environmental protection", 5B090100 "Organization of transportations and traffic", 5B072700 "Technology of food products".

Testing is an effective way of check of level of relevant proficiency of students, besides allows to assess current state of level of students' knowledge, to carry out comparative analysis, to introduce necessary pedagogical amendments. That is, the level of residual knowledge is an indicator of professional education of students.

Tests were made on the subject "Function" of school course of mathematics. The subject of the test completely corresponded to the substantial lines of obligatory minimum of content of education on mathematics. The test work consisting of three stages was offered to students. Let's consider the second and third stages which included the test work like test consisting of 25 tasks.

Test No. 1 purpose - research of formation of main operations at students at school course of mathematics, namely work with function graphs. According to the drawing, students needed to specify: function range of definition, set of values of function, schedule of increasing or decreasing function, zero function; to find all values x at which function accepts non-positive or positive values, negative or non-negative values; to define intervals of monotony of function; to determine function by chart, to specify its type.

The purpose of test No. 2 was to check knowledge of main properties of functions and also ability to apply them. It was offered to solve problems: on a range of definition or area of value; to check function for parity or oddness; to find inverse function; to find extremum points; to find intervals of increase or decrease of function; to find critical points of function; to find zero function and also a task on transformation of function graphs.

Results and Discussion. Let's give results of two tests:

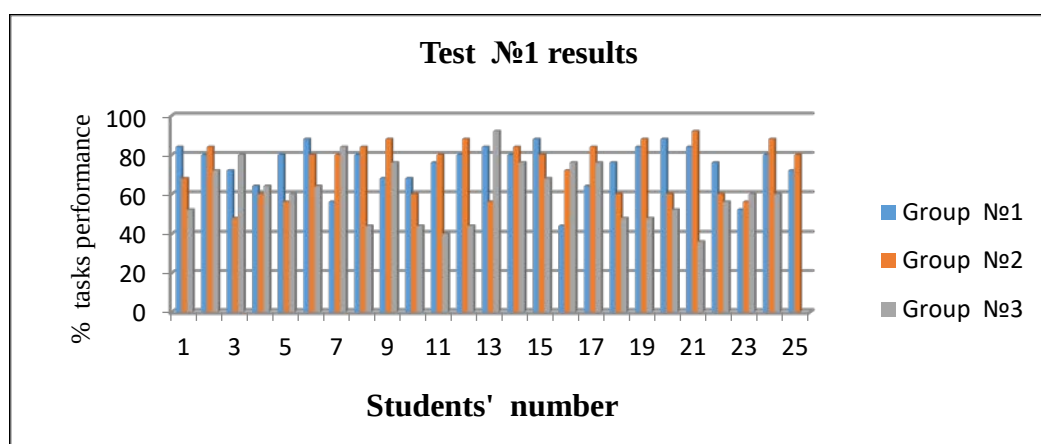


Fig. 1. Distribution of the test No. 1 results by each student

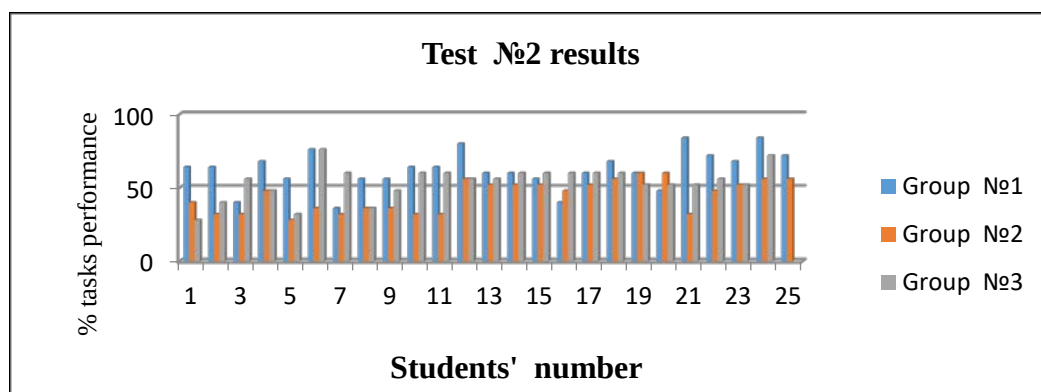


Fig. 2. Distribution of the test No. 2 results by each student

To solve the task students previously were told what units of school course of mathematics were necessary to repeat. To answer the test questions, it was required to show rather high level of mathematical knowledge and abilities. Average percent of performance of tasks in group No. 1: test No. 1 – 74.7, and test No. 2 – 62.2.; in group No. 2: test No. 1 – 73.4, and test No. 2 – 44.6; in group No. 3: test No. 1 – 61.3, and test No. 2 – 58.8. Apparently from the chart, the results of performance in group No. 1: test No. 1 fluctuates from 44 to 88%, and test No. 2 – from 36 to 84%; in group No. 2: test No. 1 from 48 to 92%, and test No. 2 – from 28 to 60%; in group No. 3: test No. 1 from 36 to 92%, and test No. 2 – from 28 to 76%. The results of test No. 2 were lower in comparison with No. 1 that says that students carry out the most typical tasks of school course easily, and here when performing tasks of more difficult level students experience difficulties though test questions are included into the program of school course of mathematics.

Observed results can be explained as follows: these tasks are generally for definition of extremum and intervals of increase (decrease) of function which students did not master during algebra and beginnings of analysis course of secondary school. The difference of mathematics from other school disciplines is that here studying of each subject leans on earlier received facts therefore it is necessary for deep assimilation of each new subject that knowledge, skills created when studying of earlier passable material were at rather high level. The research showed that due to it further training of such students is at a loss, and sometimes becomes impossible at all. Not superficial, but deep, strong development of mathematical language, concepts, theorems, methods of school course of mathematics is a necessary condition of ability to put the gained knowledge into practice in a high school course of mathematical analysis. The analysis shows that because of ignorance of simple concepts they cannot sometimes finish the solution. For example, when it is required to find intervals of its increase, having constructed a function graph $y = x^2 + 2$, instead of $(0; +\infty)$ they specify the area of values of this function by the interval $(2; \infty)$. Such mistakes, when performing elementary exercises are possible because of misunderstanding of simple concepts. For this purpose it is necessary for students: to strongly master key concepts, terms; to master main theorems, formulas, rules, to develop general mathematical culture in the course of learning (to be able to argue logically, to be able to prove assumption, to know problem highlights, to exclude insignificant details, to be able to find rational solutions of tasks).

Let's carry out the analysis of test No. 1 and test No. 2 questions.

Marks on a hundred-ball system were the following:

Tab. 1. Analysis of tests No. 1 and No. 2

№ of student	Group №1		Group №2		Group №3	
	Test №1	Test №2	Test №1	Test №2	Test №1	Test №2
1.	84	64	68	40	52	28
2.	80	64	84	32	72	40
3.	72	40	48	32	80	56
4.	64	68	60	48	64	48
5.	80	56	56	28	60	32
6.	88	76	80	36	64	76
7.	56	36	80	32	84	60
8.	80	56	84	36	44	36
9.	68	56	88	36	76	48
10.	68	64	60	32	44	60
11.	76	64	80	32	40	60
12.	80	80	88	56	44	56
13.	84	60	56	52	92	56
14.	80	60	84	52	76	60
15.	88	56	80	52	68	60
16.	44	40	72	48	76	60
17.	64	60	84	52	76	60
18.	76	68	60	56	48	60
19.	84	60	88	60	48	52
20.	88	48	60	60	52	52
21.	84	84	92	32	36	52
22.	76	72	60	48	56	56
23.	52	68	56	52	60	52
24.	80	84	88	56	60	72
25.	72	72	80	56	-	-
Average	74,7	62,2	73,4	44,6	61,3	53,8

Let's find selective Spearman rank correlation coefficient between marks according to two tests.

Let's appropriate ranks x_i to the marks according to test No. 1. These marks are in the decreasing order therefore their ranks x_i are equal to serial numbers (table 2). Let's appropriate ranks y_i to the marks according to test No. 2, for what at first these marks we will arrange in the decreasing order and we will number them (table 3).

Tab. 2. Assignment of ranks x_i to the marks according to test No. 1

Group №1		Group №2		Group №3	
Ranks x_i	Marks of test No. 1	Ranks x_i	Marks of test No. 1	Ranks x_i	Marks of test No. 1
1.	88	1.	92	1.	92
2.	88	2.	88	2.	84
3.	88	3.	88	3.	80
4.	84	4.	88	4.	76
5.	84	5.	88	5.	76
6.	84	6.	84	6.	76
7.	84	7.	84	7.	76
8.	80	8.	84	8.	72
9.	80	9.	84	9.	68
10.	80	10.	80	10.	64
11.	80	11.	80	11.	64
12.	80	12.	80	12.	60
13.	80	13.	80	13.	60
14.	76	14.	80	14.	60
15.	76	15.	72	15.	56
16.	76	16.	68	16.	52
17.	72	17.	60	17.	52
18.	72	18.	60	18.	48
19.	68	a.	60	19.	48
20.	68	19.	60	20.	44
21.	64	20.	60	21.	44
22.	64	21.	56	22.	44
23.	56	22.	56	23.	40
24.	52	23.	56	24.	36
25.	44	24.	48		

Tab. 3. Assignment of ranks y_i to the marks according to test No.2

Group №1		Group №2		Group №3	
Ranks y_i	Marks of test No. 2	Ranks y_i	Marks of test No. 2	Ranks y_i	Marks of test No. 2
1.	84	1.	60	1.	76
2.	84	2.	60	2.	72
3.	80	3.	56	3.	60
4.	76	4.	56	4.	60
5.	72	5.	56	5.	60
6.	72	6.	56	6.	60
7.	68	7.	52	7.	60
8.	68	8.	52	8.	60
9.	68	9.	52	9.	60
10.	64	10.	52	10.	60
11.	64	11.	52	11.	56
12.	64	12.	48	12.	56
13.	64	13.	48	13.	56
14.	60	14.	48	14.	56
15.	60	15.	40	15.	52
16.	60	16.	36	16.	52
17.	60	17.	36	17.	52
18.	56	18.	36	18.	52
19.	56	19.	32	19.	48
20.	56	20.	32	20.	48
21.	56	21.	32	21.	40
22.	48	22.	32	22.	36
23.	40	23.	32	23.	32
24.	40	24.	32	24.	28
25.	36	25.	28		

Let's find rank y_1 . Index $i=1$ specifies that the considered mark of the student who takes the first place according to the test No. 1 in the table No. 2 (this mark is equal to 88); from the condition (table 1) it is visible that according to the test No. 2, the student got 76 points (table 3), that is a rank $y_1 = 4$.

Let's find rank y_2 . Index $i=2$ specifies that the considered mark of the student who takes the second place according to the test No. 1 in the table No. 2 (this mark is equal to 88); from the condition (table 1) it is visible that according to the test No. 2, the student got 56 points (table 3), that is a rank $y_1 = 21$.

Similarly, we find other ranks (table 4).

We find the differences of ranks $d_i = x_i - y_i$:

Tab. 4. Finding of ranks according to tests

Group №1		Group №2		Group №3	
Ranks x_i	Ranks y_i	Ranks x_i	Ranks y_i	Ranks x_i	Ranks y_i
1.	4	1.	21	1.	11
2.	21	2.	16	2.	3
3.	22	3.	3	3.	12
4.	10	4.	1	4.	19
5.	14	5.	4	5.	4
6.	17	6.	18	6.	5
7.	1	7.	7	7.	6
8.	11	8.	8	8.	21
9.	18	9.	19	9.	7
10.	19	10.	17	10.	1
11.	3	11.	20	11.	20
12.	15	12.	22	12.	23
13.	2	13.	9	13.	15
14.	13	14.	5	14.	2
15.	8	15.	12	15.	13
16.	5	16.	15	16.	24
17.	23	17.	23	17.	16
18.	6	18.	13	18.	8
19.	20	19.	6	19.	17
20.	12	20.	2	20.	22
21.	6	21.	14	21.	9
22.	16	22.	25	22.	14
23.	25	23.	10	23.	10
24.	9	24.	11	24.	18
25.	24	25.	24		

Tab. 5. Finding of difference of ranks $d_i = x_i - y_i$:

Group №1			Group №2			Group №3		
№	d_i	d_i^2	№	d_i	d_i^2	№	d_i	d_i^2
1.	-3	9	1.	-20	400	1.	-10	100
2.	-19	361	2.	-14	196	2.	-1	1
3.	-19	361	3.	0	0	3.	-9	81
4.	-6	36	4.	3	9	4.	-15	225
5.	-9	81	5.	1	1	5.	1	1
6.	-11	121	6.	-12	144	6.	1	1
7.	6	36	7.	0	0	7.	1	1
8.	-3	9	8.	0	0	8.	-13	169
9.	-9	81	9.	-10	100	9.	2	4
10.	-9	81	10.	-7	49	10.	9	81
11.	8	64	11.	-9	81	11.	-9	81
12.	-3	9	12.	-10	100	12.	-11	121
13.	11	121	13.	4	16	13.	-2	4
14.	1	1	14.	9	81	14.	12	144
15.	7	49	15.	-3	9	15.	2	4

16.	11	121	16.	1	1	16.	-8	64
17.	-8	64	17.	-6	36	17.	1	1
18.	12	144	18.	-5	25	18.	10	100
19.	-1	1	19.	13	169	19.	2	4
20.	8	64	20.	18	324	20.	-2	4
21.	14	196	21.	7	49	21.	-12	144
22.	6	36	22.	-3	9	22.	8	64
23.	-2	4	23.	13	169	23.	13	169
24.	15	225	24.	13	169	24.	6	36
25.	1	1	25.	1	1	-	-	-
Sum	-	2276	Sum	-	2138	Sum	-	1604

Let's calculate the sum of squares of ranks differences: $\sum d_i^2$.

Let's find required Spearman rank correlation coefficient, considering that $n = 25$ and $n = 24$,

$$\rho_s = 1 - \frac{6 \sum d_i^2}{n^3 - n}.$$

Let's check a null hypothesis about equality to zero general Spearman rank correlation coefficient, at signification value $\alpha = 0,01$. In other words, we will check whether rank correlation communication between marks according to two tests is significant.

Let's find a critical point of bilateral critical field of Student distribution on significance level $\alpha = 0,01$ and number of freedom degrees $k = n - 2$, we will find $t_{kp}(\alpha; k)$. Also, we will find a

critical point: $T_{kp} = t_{kp}(\alpha; k) \sqrt{\frac{1 - \rho_s^2}{n - 2}}.$

Tab. 6. Finding of main coefficients

Main coefficients:	Group 1 $n = 25$	Group 1 $n = 25$	Group 1 $n = 24$
ρ_s	0,12	0,18	0,30
$k = n - 2$	23	23	22
$t_{kp}(\alpha; k)$	2,81	2,81	2,82
$T_{kp} = t_{kp}(\alpha; k) \sqrt{\frac{1 - \rho_s^2}{n - 2}}$	0,58	0,56	0,56
Conclusion: Comparison ρ_s and T_{kp}	$\rho_s < T_{kp}$	$\rho_s < T_{kp}$	$\rho_s < T_{kp}$

Conclusion. So, we received $\rho_s < T_{kp}$ - there are no bases to reject a null hypothesis about equality to zero general coefficient of rank correlation of Spearman. In other words, rank correlation communication between marks according to two tests is insignificant [7].

During our research we concluded: that teaching mathematics promoted establishment of substantial continuity by a student, it is necessary to provide:

- studying sequence of academic material
- understanding of material mastering
- understanding of arising contradictions
- prospects in learning

In general, comparing results of two tests, it is possible to draw the following conclusions: the given mistakes and defects speak about inability to use cognitive operations or low level of proficiency in them. Weak results testify to a not studied condition of basic concepts of this subject at the level of comprehension. In other words, definition of basic concepts of the considered subject can be remembered for some time by students, but without being deeply acquired, are quickly forgotten and cannot be correctly applied at the solution of difficult tasks.

The results of our research allow drawing the following conclusions: studying of such fundamental mathematical concept as concept "function" without preliminary work at school is extremely complicated and ineffective. Besides, we consider it necessary to repeat this subject in higher education institution in addition since it is that base on which further studying of mathematical analysis in higher education institution is based. It is very important to accompany "transformation of function graphs" by visual images, using multimedia technologies that students could visually see "shifts" and by that to acquire, understand and be able to reproduce, since the main way of studying of function properties - to study them by means of chart. B chart it is easy to determine at what values of argument the value of function is equal to zero, in what intervals the function values are positive (negative), in what intervals function increases (decreases), to be able to define its properties.

REFERENCES

- [1] Ferenchuk, L.V. Continuity problems in teaching mathematics between school and higher education institution [Territory of science]. 5, (2013). [in Russian].
- [2] Antonelene, E.N. Continuity and integrity of educational sphere. URL: http://superinf.ru/view_helpstud.php?id=954. [in Russian].
- [3] Zayniyev, R.M. Innovative technologies at the realization of continuity in mathematical preparation of technical staff // RUDN Bulletin "Education Informatization" series. 1, (2009). [in Russian].
- [4] Tumanina, S.A. Continuity in teaching mathematics (school higher education institution) // Pedagogical sciences. 53-3, (2016). [in Russian].
- [5] Zayniyev, R.M. Continuity of mathematical education content in "school-college-higher education institution" system // Higher education today. 9, (2008). [in Russian].
- [6] Zayniyev, R.M. Realization of continuity of professionally focused content of mathematical education in the integrated system "college higher education institution" // Higher education today. 2, (2012). [in Russian].
- [7] Gmurman, V.E. Guide to the solution of tasks on probability theory and mathematical statistics. Manual. - Moscow: Vysshaya shkola, (2004). [in Russian].

Ф.А. Ермухамбетова*, А.Т. Бабанова, А.А. Ашекенова

Жәңгір хан атындағы Батыс Қазақстан аграрлық-техникалық университеті, Орал, Қазақстан

*e-mail: bfa1@mail.ru

«ФУНКЦИЯ» ТАҚЫРЫБЫН ОҚЫТУДАҒЫ МЕКТЕП ПЕН ЖОО АРАСЫНДАҒЫ САБАҚТАСТЫҚ МӘСЕЛЕЛЕРІ

Аңдатпа. Баяндамада «Функция» тақырыбын оқытудағы мектеп пен ЖОО-дағы математика курсы арасындағы сабақтастық қарастырылған, тесттік зерттеулерінің негізі нәтижелерінің талдауы және жинақталуы көрсетілген.

Математиканы оқытудағы сабақтастық мәселесі пәнішілік және мета-пәндік байланыстарды жүзеге асыру міндеттерімен, оқу материалын ұсыну дәйектілігімен, оның күрделілігінің өсу деңгейімен, әртүрлі білім беру кезеңдерінде Математиканы оқыту процесін ұйымдастырудың оңтайлы формалары мен әдістерін іздеумен байланысты. Осыған байланысты мақалада мектеп пен университеттің математика курсы арасындағы "Функция" тақырыбын зерттеудегі сабақтастық мәселесі қарастырылады, орыс тілінде оқытудың үш түрлі ағымында бірінші курс студенттерінің білімі мен дағдыларының негізгі нәтижелерін талдау және түсіндіру ұсынылған.

Негізгі сөздер: математика, сабақтастық, функция, графика, график құру, проблема, оқыту.

Ф.А. Ермухамбетова*, А.Т. Бабанова, А.А. Ашекенова

Западно-Казахстанский аграрно-технический университет имени Жангир хана, Уральск, Казахстан

*e-mail: bfa1@mail.ru

ПРОБЛЕМА ПРЕЕМСТВЕННОСТИ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ТЕМЫ «ФУНКЦИЯ» МЕЖДУ ШКОЛОЙ И ВУЗОМ

Аннотация. В статье рассматриваются проблема преемственности при изучении темы «Функция» между школьным и вузовским курсом математики, представлен анализ и интерпретация основных результатов данного тестового исследования.

Проблема преемственности в преподавании математики связана с задачами реализации внутрипредметных и метапредметных связей, с последовательностью изложения учебного материала, уровнями возрастания его сложности, с поиском оптимальных форм и методов организации процесса обучения математике на разных образовательных этапах. В связи с этим, в статье рассматриваются проблема преемственности при изучении темы «Функция» между школьным и вузовским курсом математики, представлен анализ и интерпретация основных результатов знаний и умений студентов первого курса в трех различных потоках с русским языком обучения.

Ключевые слова: математика, преемственность, функция, графики, построение графиков, проблема, обучение.

¹Р.Е. Жумадилов*, ²А.Т. Жунисбеков, ^{1,3}С.А. Оразбаев, ³М.Т. Габдуллин

¹Национальная нанотехнологическая лаборатория открытого типа, Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан

²Научно-исследовательский институт экспериментальной и теоретической физики, Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан

³Казахстанско-Британский технический университет, Алматы, Казахстан

*e-mail: rakimzhan@gmail.com

ПОЛУЧЕНИЕ НАНОЧАСТИЦ МЕДИ В ПЛАЗМЕ КОМБИНИРОВАННОГО ВЧ+DC РАЗРЯДА

Аннотация. Наночастицы меди завоевывают все больше внимания исследователей благодаря таким своим свойствам, как высокая электрическая проводимость, хорошо выраженные каталитический и противомикробный эффекты, и пр. Спектр применения их достаточно широк – это медицина, микроэлектроника и др. На сегодняшний день разработаны и успешно применяются различные методы синтеза медных наночастиц, в частности химические, электрохимические, сонохимические и т.д. Но существенный недостаток подобных методов – неудовлетворительная чистота получаемого наноматериала. В данной работе для получения частиц Cu применялся комбинированный высокочастотный разряд с дополнительным постоянным напряжением (RF/DC). Была разработана методика получения медных частиц нанометрового размера и изучены ее возможности, и как показал дальнейший анализ с помощью сканирующего электронного микроскопа, частицы обладают сферической формой с диаметрами в диапазоне от 60 нм до 240 нм.

Ключевые слова: наночастицы, наночастицы меди, наноматериалы, плазма ВЧ разряда.

Введение. Исследования наноматериалов получили значительное внимание из-за их уникальных свойств и многочисленных применений в разных областях [1]. Металлические наночастицы представляют большой интерес благодаря своим ценным химическим, физическим и каталитическим свойствам. Наночастицы меди привлекают большое внимание из-за их хорошо изученных свойств, таких как высокие электро- и теплопроводность [2], антибактериальные и противогрибковые эффекты [3], высокая каталитическая активность [4] и т. д. Применение наночастиц Cu нередко экономически более целесообразно по сравнению с дорогостоящими драгоценными металлами, такими как Ag, Au и Pt. Существуют различные методы синтеза наночастиц меди, такие как химическое восстановление, метод микроэмульсии, электролитический синтез, золь-гель-метод, вакуумное осаждение из паровой фазы и т. д. [5]. Однако каждый метод имеет свои собственные недостатки и ограничения.

К наиболее простым, но эффективным способам получения нано и микрочастиц относится метод синтеза в плазме RF-разряда [6]. Простота этого метода, вместе с преимуществом получения мелких наночастиц с узким распределением по размерам и слабой агломерацией делает его пригодным для синтеза металлических наночастиц. Суть данного метода: образование плазмы в газе или смеси газов низкого давления с применением емкостного разряда.

В этой работе основной частью экспериментальной установки является система электродов, которая расположена внутри камеры. Вакуумная часть экспериментальной установки представлена последовательно соединенными турбомолекулярным и форвакуумным насосами. Первоначальное удаление основной массы воздуха из рабочего объема установки производится форвакуумным насосом по трубопроводу до давления $10^{-1} \div 10^{-2}$ Торр. Далее для получения высокого вакуума ($10^{-5} \div 10^{-6}$ Торр) включается диффузионный насос. Также камера оснащена системой инъекции газа MassFlowMeter компании Bronkhorst, которая используется для напуска, контроля потока газа и рабочего давления. Один из

электродов, а также корпус камеры заземлен. Высокочастотный генератор (SEREN), энергия от которого подается на верхний электрод, образует плазму в газовой смеси в межэлектродном пространстве. В случае газовой смеси метана и аргона атомы и ионы углерода, рожденные в результате диссоциации молекул метана, образуют углеродные нано- и микрочастицы [7].

В настоящей работе комбинированный RF/DC разряд использовался для получения медных наночастиц и наноматериалов в плазменной среде. Мишень из меди прикреплена к верхнему электроду. В этом эксперименте для синтеза наночастиц меди используется инертный газ аргон. В нашем случае на верхний электрод кроме ВЧ генератора был подключен источник питания постоянного напряжения. Добавление постоянного потенциала на верхний электрод увеличивает плотность плазмы. Таким образом, при повышении постоянного потенциала усиливается процесс бомбардировки мишени ионами, в результате мишень распыляется, что приводит к быстрому образованию частиц в плазме [8-10].

Простота и низкое энергопотребление этого метода обеспечивают хорошую повторяемость результатов, уверенное управление размером частиц в зависимости от параметров разряда. Комбинированный (RF/DC) разряд используется для травления различных материалов, для стерилизации, плазменной очистки газоразрядных камер, в плазмохимии, для накачки газовых лазеров и т.д [11]. Таким образом, целью этой работы было синтезировать медные наночастицы в плазме комбинированного разряда (RF/DC) и исследовать зависимость размера частиц от параметров разряда.

Детали эксперимента. Для синтеза наночастиц меди в плазме RF/DC разряда была использована экспериментальная установка, представленная на рисунке 1 [12].

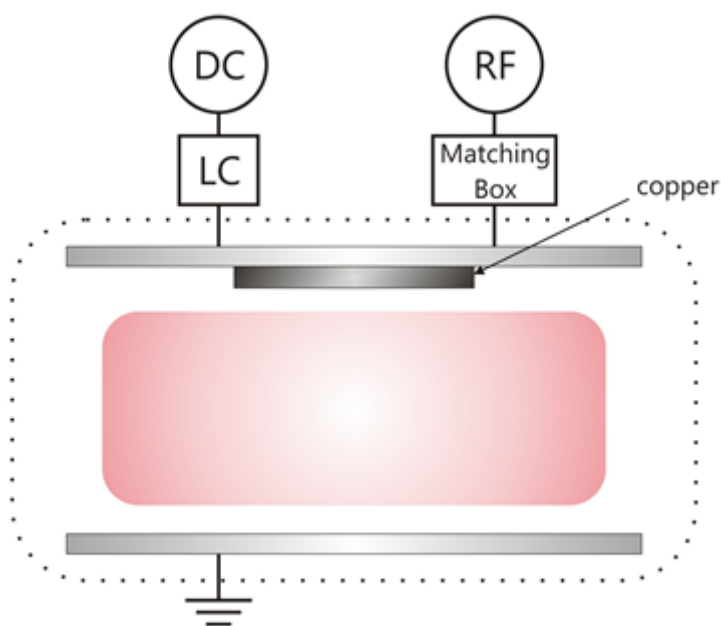


Рисунок 1. Схема установки разряда RF / DC

Экспериментальная установка состоит из нескольких частей: система питания (ВЧ генератор с согласующим устройством и источник постоянного тока), вакуумная система и вакуумная камера. Основной частью экспериментальной установки является система электродов, которая расположена внутри камеры. Плазма зажигается между плоскопараллельными электродами диаметром 10 см. Межэлектродное расстояние составляет 3 см. Верхний электрод подключен к ВЧ генератору Seren-R301 и источнику питания постоянного тока, а нижний электрод заземлен. Мишень из меди прикреплена к верхнему электроду.

электроду. Мощность ВЧ разряда поддерживалась равной 20 Вт, напряжение постоянного источника питания варьировалось в пределах 0÷100 В, а давление газа Ar составило 0,6 Торр.

Как видно из схемы, на верхний электрод подается дополнительное отрицательное DC напряжение. Синтез наночастиц в этом методе также основан на ионной бомбардировке мишени. В данном случае при подаче отрицательного напряжения, поверхность верхнего электрода заряжается отрицательно, за счет чего усиливается ионная бомбардировка медной мишени. Рабочий газ - аргон. Эксперименты по синтезу нано- и микрочастиц меди в RF/DC проводились при неизменных параметрах плазмы. Как было отмечено ранее, одним из важных факторов при синтезе наночастиц является время их роста, поэтому для определения времени синтеза были получены зависимости напряжения самосмещения от DC при давлении газа 0,6 Торр, мощности разряда 20 Вт [13].

Результаты и обсуждение. Таким образом, в данной работе были получены наночастицы меди методом комбинированного разряда, в частности, в ВЧ разряде с использованием дополнительного отрицательного напряжения.

В результате проведенных экспериментальных работ при различных отрицательных напряжениях были получены соответствующие образцы, которые были изучены на основе СЭМ. На рисунке 2 представлены СЭМ изображения и химический состав полученного образца.

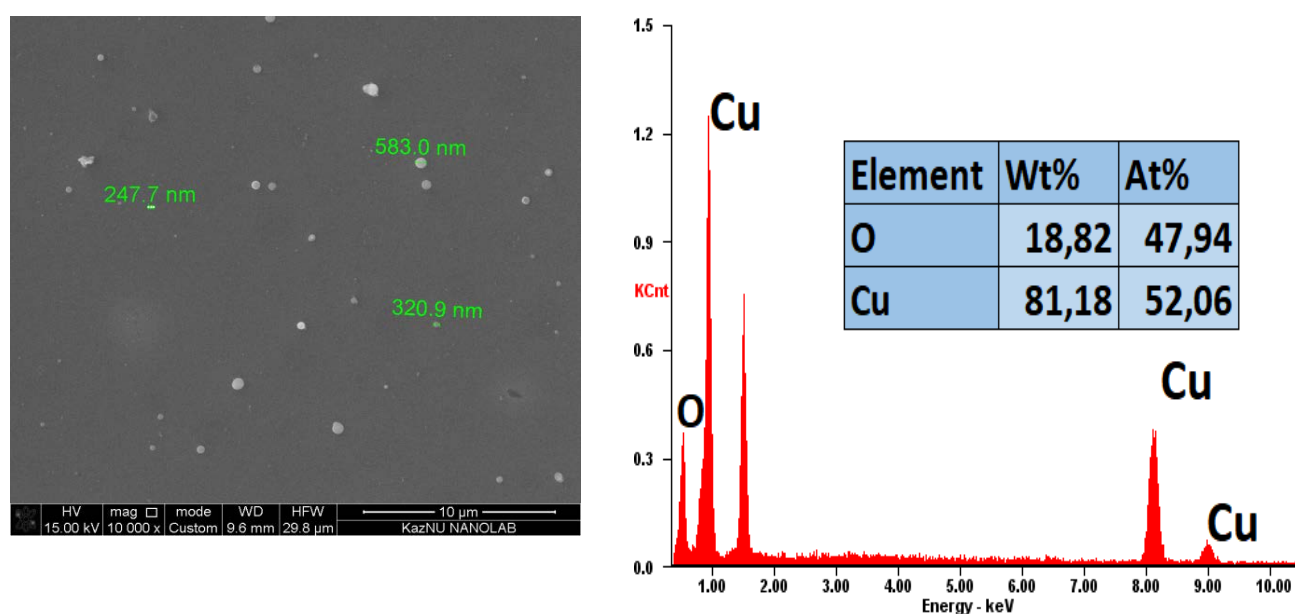


Рисунок 2. SEM-изображение синтезированных медных наночастиц и химический состав.

СЭМ анализ образцов и их химический состав свидетельствует о наличии медных наночастиц.

Экспериментально было установлено, что рост частиц в плазме зависит от значения напряжения постоянного тока. Контролируя напряжение постоянного тока, можно исследовать рост и концентрацию наночастиц.

На рисунке 3 показаны СЭМ-изображения наночастиц меди, полученные в различных условиях напряжения постоянного тока (0 В, -50 В, -80 В, -100 В), при этом другие параметры, такие как давление рабочего газа $p=0.6$ Торр и мощность ВЧ генератора $P=20$ Вт сохранялись постоянными. Было определено, что изменение напряжения постоянного тока существенно влияет на рост частиц в плазме.

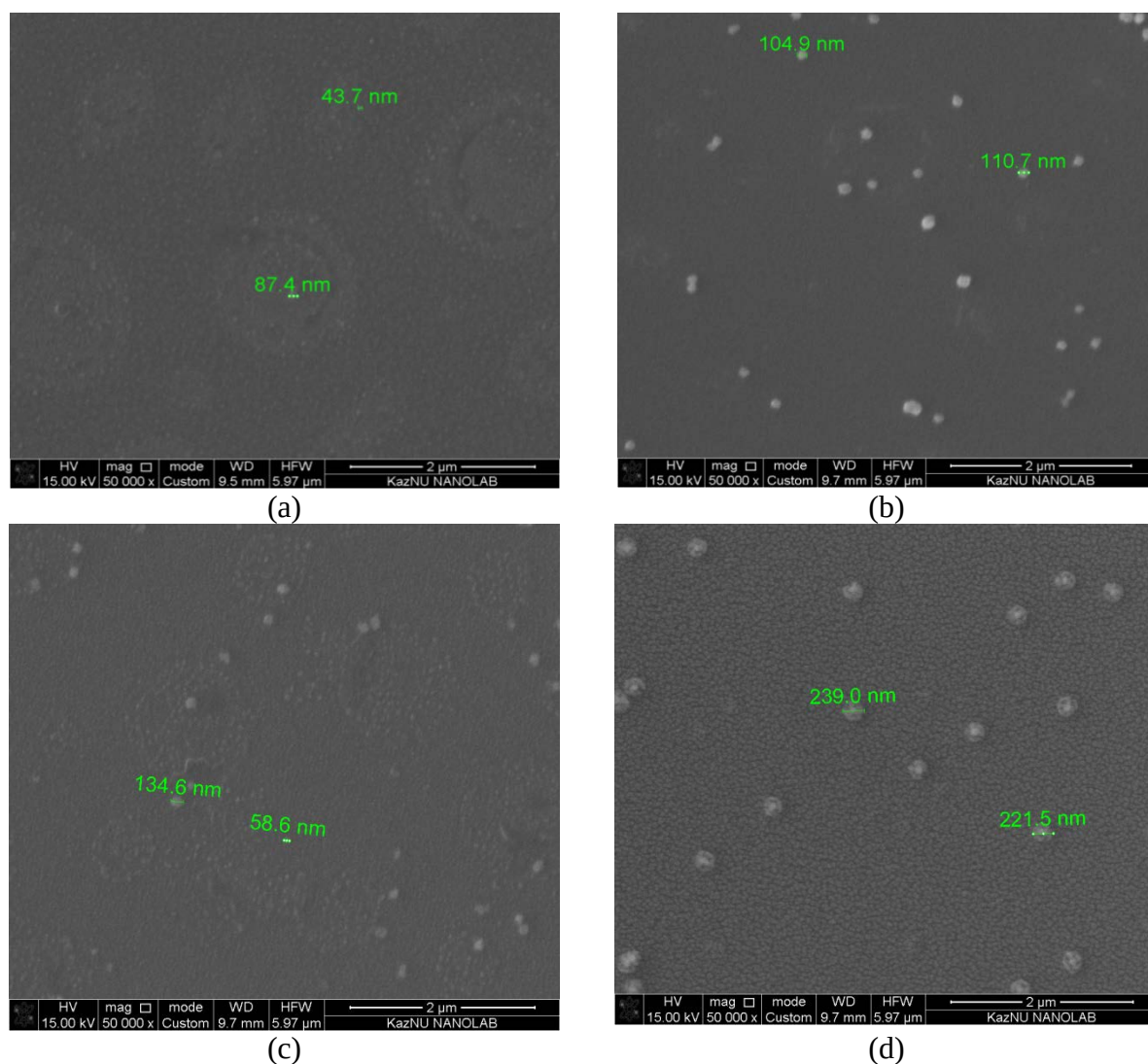


Рисунок. 3. SEM-изображения образцов наночастиц меди, полученные при различных значениях напряжения V_{dc} : (a) 0 В, (b) -50 В, (c) -80 В, (d) -100 В.

На рисунке 4 показана зависимость времени синтеза от напряжения самосмещения при неизменных параметрах плазмы. Как видно из графика, напряжение постоянного источника питания варировалось от 0 В до 100 В, мощность P_{ch} разряда и давление газа оставались неизменными $P=20$ Вт, $p=0,6$ Торр. Было определено, что с увеличением напряжения постоянного тока уменьшается время синтеза частиц. Это объясняется тем что добавление отрицательного потенциала на верхний электрод увеличивает плотность плазмы. Таким образом, при повышении отрицательного потенциала усиливается процесс бомбардировки мишени ионами, в результате этого мишень распыляется, что приводит к быстрому образованию частиц в плазме.

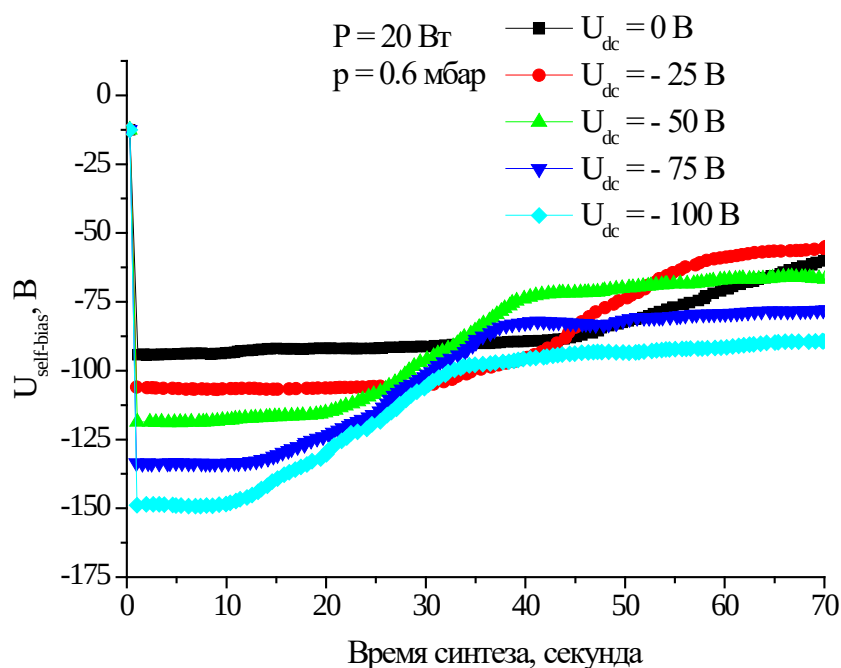


Рисунок. 4. Зависимость напряжения самосмещения от времени при различных параметрах плазмы.

Закключение. В данной работе представлены экспериментальные результаты по получению медных наночастиц плазменным методом в RF/DC разряде. В результате экспериментальных работ было выявлено, что на синтез медных наночастиц данным методом значительное влияние оказывает напряжение постоянного источника питания. Полученные образцы были исследованы методом сканирующей электронной микроскопии (СЭМ). Были получены зависимости времени синтеза от напряжения самосмещения при постоянных параметрах плазмы (давление газа и мощность разряда). Установлено, что с ростом величины напряжения V_{DC} увеличивается плотность ионов в плазме, что приводит к уменьшению времени синтеза частиц.

REFERENCES

- [1] W.T. Lai, C.J. Hwang, A.T. Wang, J.C. Yau, J.H. Liao, L.H. Chen, K. Adachi and S. Okamoto // Proc. Int. Symp. on Dry Process – 2006. – P. 109
- [2] Muhammad Imran Din & Rida Rehan, Synthesis, Characterization, and Applications of Copper Nanoparticles// Analytical Letters. – 2017. – Vol. 50. – P.50-62.
- [3] A. M. R. Galletti, C. Antonetti, M. Marracci, F. Piccinelli and B. Tellini, Novel microwavesynthesis of Cu nanoparticles in the absence of any stabilizing agent and their antibacterial and antistatic applications//Applied Surface Science. – 2013. – Vol. 280. – P. 610.
- [4] N. V. Suramwar, S. R. Thakare and N. T. Khaty, One pot synthesis of copper nanoparticles at room temperature and its catalytic activity// Arabian Journal of Chemistry. – 2012. – Vol.4. – P.1–6.
- [5] K. A. Easom, K. J. Klabunde, C. M. Sorensen and G. C. Hadjipanayis, Nanoscale magnetic particles. New methods to surface protected metallic and immiscible bimetallic clusters/particles// Polyhedron. – 1994. – Vol.13. – P.1197–223.
- [6] M. Shiratani, H. Kawasaki, T.Fukuzawa, T.Yoshioka, Y.Ueda, S. Singh and Y. Watanabe, Simultaneous in situ measurements of properties of particulates in rf silane plasmas using a polarization-sensitive laser-light-scattering method // J. Appl. Phys. – 1996. – Vol. 79. – P. 104.
- [7] S. A. Orazbayev, Y. A. Ussenov, T. S. Ramazanov, M. K. Dosbolayev, A.U. Utegenov // Contributions to Plasma Physics. – 2015. – Vol. 55, №. 5. – С. 428-433.
- [8] M. K. Dosbolayev, A. U. Utegenov and T. S. Ramazanov// IEEE Transactions on Plasma Science. –

2016. Vol. – 44, №.4. – P.469.

[9] N. Kh. Bastykova, Z. Donko, S. K. Kodanova, T. S. Ramazanov and Zh. A. Moldabekov, IEEE Transactions on Plasma Science. – 2016. – Vol. 44, №.4. – P.545.

[10] N.Kh. Bastykova, A.Zs. Kovács, S.K. Kodanova, T.S. Ramazanov, I. Korolov, P. Hartmann, Z. Donkó // Contributions to Plasma Physics. – 2015. – Vol.55, №.9. – P.671-676.

[11] V.A. Lisovski, N.D. Kharchenko and V.D. Yegorenkov // J. Phys. D: Appl. Phys. – 2010. – Vol.43. – P.425202.

[12] T.S. Ramazanov, A.N. Jumabekov, S.A. Orazbayev, M.K. Dosbolayev and M. N. Jumagulov // Phys. Plasmas. – 2012. – Vol.19. – P. 023706.

[13] Boufendi L et al. Detection of particles of less than 5 nm in diameter formed in an argon–silane capacitively coupled radio-frequency discharge // Appl. Phys. Lett. – 2001. – Vol. 79. – P. 4301.

¹Р.Е. Жумадилов*, ²А.Т. Жунисбеков, ^{1,3}С.А. Оразбаев, ³М.Т. Габдуллин

¹Ашық түрдегі ұлттық нанотехнологиялық зертхана, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан

²Эксперименттік және теориялық физика ғылыми зерттеу институты, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан

³Қазақ-Британ техникалық университеті, Алматы, Қазақстан

*e-mail: rakimzhan@gmail.ru

RF+DC РАЗРЯД ПЛАЗМАСЫНДА МЫС НАНОБӨЛШЕКТЕРІН АЛУ

Андатпа. Мыс нанобөлшектері жоғары электр өткізгіштігі, жақсы айқындалған каталитикалық және микробқа қарсы әсерлер, және т.б. қасиеттерінің арқасында зерттеушілердің назарын аударуда. Мыс нанобөлшектері ғылыми зерттеулерде, медицинада, микроэлектроника және т.б. салаларда кеңінен қолданылуда. Бүгінгі таңда мыс нанобөлшектерін синтездеудің әртүрлі әдістері, атап айтқанда химиялық, электрохимиялық, сонохимиялық және т.б. әдістер табысты қолданылады. Бірақ бұл әдістердің елеулі жетіспеушілігі бар, ол алынған наноматериалдың қанағаттанғысыз тазалығы. Бұл жұмыста Cu бөлшектерін алу үшін қосымша тұрақты кернеумен (RF/DC) қосымша жоғары жиілікті разряд қолданылды. Нанометр өлшеміндегі мыс бөлшектерді алу әдістемесі әзірленді және зерттелді, сканерлеуші электронды микроскоп арқылы синтезделген бөлшектердің диаметрі 60 нм-дан 300 нм-ге дейінгі диапазонда және сфералық формаға ие екендігі анықталды.

Негізгі сөздер: мыс нанобөлшектері, наноматериалдар, RF разряд плазмасы.

¹R.E. Zhumadilov*, ²A.T. Zhunisbekov, ^{1,3}S.A. Orazbayev, ³M.T. Gabdullin

¹National Nanotechnology Laboratory of the Open Type, al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

²Institute of Experimental and Theoretical Physics, al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

³Kazakh-British Technical University, Almaty, Kazakhstan

*e-mail: rakimzhan@gmail.ru

OBTAINING OF COPPER NANOPARTICLES IN COMBINED RF+DC DISCHARGE PLASMA

Abstract. Copper nanoparticles are gaining more and more attention of researchers due to their properties such as high electrical conductivity, well-defined catalytic and antimicrobial effects, etc. The range of their application is extensive – scientific research, medicine, microelectronics and much more. To date, various methods for the synthesis of copper nanoparticles have been developed and successfully applied, in particular chemical, electrochemical, sonochemical, etc. But a significant drawback of such methods is the unsatisfactory purity of the resulting nanomaterial. In this work, a combined high-frequency discharge with an additional constant voltage (HF/DC) was used to obtain Cu particles. A technique for producing nanometer-sized copper particles was developed and studied, and as further analysis using a scanning electron microscope showed, the particles have a spherical shape with diameters ranging from 60 nm to 300 nm.

Keywords: nanoparticles, copper nanoparticles, nanomaterials, RF plasma.

¹В.М. Юров*, ¹К.М. Маханов, ²А.К. Салькеева, ²А.С. Кусенова

¹Карагандинский университет имени Е.А. Букетова, Караганда, Казахстан

²Карагандинский технический университет, Караганда, Казахстан

*e-mail: exciton@list.ru

АНИЗОТРОПИЯ ПОВЕРХНОСТНОЙ ЭНЕРГИИ КУБИЧЕСКИХ ВЫСОКОЭНТРОПИЙНЫХ СПЛАВОВ И ПОКРЫТИЙ

Аннотация. Эмпирическая модель, предложенная нами, позволяет рассчитывать толщину поверхности высокоэнтропийного сплава и анизотропию его поверхностной энергии. Для исследования брались кубические эквиатомные соединения с ГЦК структурой. Обнаружено, что эти структуры в поверхностном слое имеют толщину в среднем около 2 нм, что представляет 5-6 монослоев, которые подтверждены реконструкции или релаксации поверхности сплава. Эти структуры представляют собой наноструктурные образования. Оказывается, что толщина поверхности этих слоев примерно одинакова с толщиной поверхности слоев металлических стекол. У них также примерно одинакова твердость 500-800 HV, но в 2-3 раза превышает твердость нержавеющей сталей – 200-400 HV. На наш взгляд между высокоэнтропийными сплавами и металлическими стеклами есть много общего, несмотря на то, что первые представляют собой кристаллические, а вторые аморфные тела.

В предложенной эмпирической модели показано, что максимум поверхностной энергии достигается в плоскости [111]. Также показано, что температура плавления различных граней становится различной и при уменьшении размера частиц она изменяется по гиперболическому закону.

Ключевые слова: высокоэнтропийный сплав, толщина поверхностного слоя, поверхностная энергия, металлическое стекло.

Введение. Чуть более 15 лет назад (2004) китайскими исследователями был предложен новый класс металлических сплавов, названный высокоэнтропийными сплавами (ВЭС) [1-3]. Особенностью этих сплавов является то, что они создаются из нескольких элементов, в основном из переходных металлов, в эквиатомных концентрациях. Изменение конфигурационной энтропии ΔS_{conf} твердого раствора из n эквиатомных элементов согласно Больцману можно рассчитать по формуле:

$$\Delta S_{\text{conf}} = -R \ln(1/n) = R \ln(n), \quad (1)$$

где R - газовая постоянная, n – число элементов смешивания.

При $n = 5$, $\Delta S_{\text{conf}} = 1,61R$ приближается к величине энтропии плавления большинства интерметаллидов (около $2R$). Однако позже было показано, что высокая энтропия смешивания не является необходимым условием образования однофазного твердого раствора, но сам термин названия такого сплава продолжает оставаться в употреблении [4-9]. По высокоэнтропийным сплавам существуют зарубежные обзоры и некоторые диссертации [10-12], однако исследования в этом направлении только набирают силу. Нами также были исследованы некоторые высокоэнтропийные сплавы и покрытия, полученные методом механического легирования и магнетронного распыления мишеней [13-15].

Обычно высокоэнтропийные сплавы и покрытия исследуют на их структуру и механические свойства, реже на их электрические и магнитные свойства. Проведенный нами анализ литературы по высокоэнтропийным сплавам и покрытиям не дал результатов по такому важному вопросу, как анизотропия поверхностной энергии таких сплавов.

В работе Шебзуховой и Арефьевой [16, 17] методом электронно-статистического расчета анизотропии поверхностной энергии металлов определен метод оценки для работы выхода электронов из металла. Проведены оценки поверхностной энергии и работы выхода электронно четырех основных граней кристаллов кадмия и цинка и пяти граней ртути.

В работе Бокарева [18, 19] анизотропия поверхностной энергии монокристаллов рассчитана из модели координационного плавления кристаллов. Основываясь на экспериментальных исследованиях и теоретических расчетах, показано, что модель координационного плавления кристаллов однозначно связывает физико-химические свойства поверхности монокристаллов с их кристаллической структурой.

В предложенной нами эмпирической модели рассчитывается не только анизотропия, но и толщина поверхностного слоя металла [20-22].

Объекты и методика эксперимента. В качестве материалов исследования были выбраны эквиатомные высокоэнтропийные сплавы композиции CoCrFeNi, CoCrFeNiMn представленные в работе [9] и наш сплав CrNiTiZrCu, описанный в работе [12], который также, как и предыдущие сплавы, имеет ГЦК структуру.

Сплавы CoCrFeNi и CoCrFeNiMn были получены методом вакуумно-дуговой плавки и литьем в водоохлаждаемую медную изложницу. Некоторые слитки были получены с добавлением алюминия, но структура сплавам оставалась неизменной. Для обеспечения химической однородности, все слитки переплавляли не менее 5 раз (рис. 1).

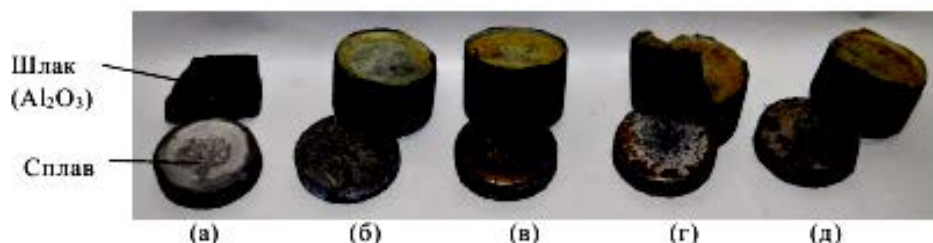


Рисунок 1. Внешний вид синтезированных сплавов NiCrCoFeMnAl_x, где (а) $x=0,2$; (б) $x=0,6$; (в) $x=1,0$; (г) $x=1,2$; (д) $x=1,6$; (е) $x=2,0$ [8]

Чтобы приготовить мишень CrNiTiZrCu использовались соответствующие металлические эквиатомные микропорошки. Далее полученный состав металла загружался в стакан мельницы, которая была изготовлена из карбида вольфрама и мелющие шары диаметром 5-10 мм также были изготовлены из вольфрамового карбида. Заполнив стакан мельницы бензином «Галоша», соединяли мельницу с разъемом вращения со скоростью 500 об/мин в течении 5 часов. Затем металлический состав сушился, прессовался в диск размером 100 мм в диаметре и толщиной 5 мм и помещался в термическую печь, в которой поддерживался нужный вакуум. Сам процесс проходил 3 часа. Полученная мишень CrNiTiZrCu использовалась при нанесении покрытий (рис. 2).

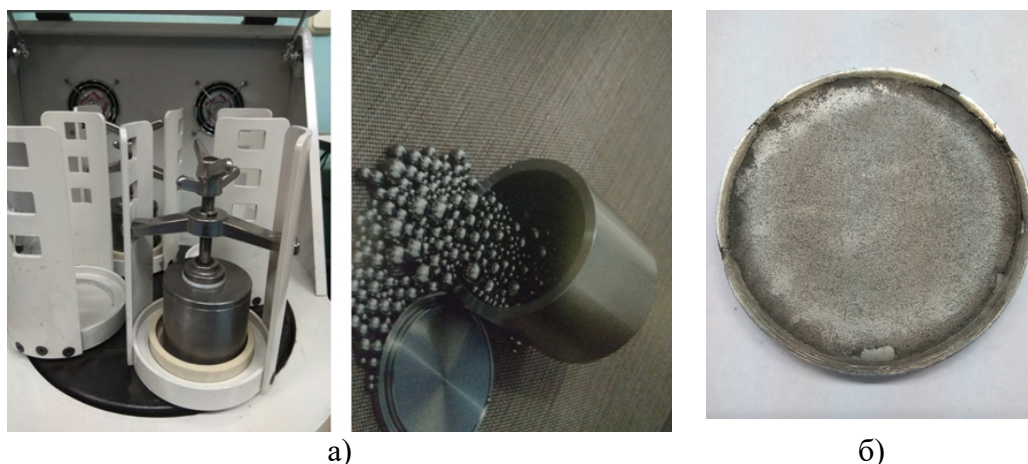


Рисунок 2. Мелющий стакан планетарной шаровой мельницы с добавленными мелющими телами (а) и изготовленная мишень CrNiTiZrCu (б)

Химические составы сплавов и мишени представлены в таблице 1.

Сплав системы CoCrFeNi имеет однофазную структуру с ГЦК решеткой с периодом решетки $a=3,577 \text{ \AA}$. Добавление Mn в сплав приводит к увеличению периода решетки до $a=3,602 \text{ \AA}$, сохраняя при этом структуру твердого раствора CoCrFeNiMn и тип решетки. Наш сплав имеет однофазную структуру с ГЦК решеткой с периодом решетки $a = 3,541 \text{ \AA}$.

Таблица 1. Химические составы слитков и мишени (ат. %)

Сплав	Co	Cr	Fe	Ni	Mn	Ti	Zr	Cu
CoCrFeNi	25,3	24,3	25,1	25,3	-	-	-	-
CoCrFeNiMn	19,9	20,6	20,1	20,0	19,5	-	-	-
CrNiTiZrCu	-	23,2	-	21,2	-	19,9	17,1	6,8

Расчеты поверхностной энергии будем проводить по формуле, выведенной в предположении отсутствия фазовых переходов I -го рода у данных веществ до температуры их плавления [20]:

$$\sigma_{hkl} = \left(\frac{\rho l_{hkl}}{M} \right) \int_0^{T_m} c_p dT. \quad (2)$$

где ρ – плотность кристаллического вещества, а M - его молекулярный вес, T_m – температура плавления, c_p – молярная теплоемкость, l_{hkl} – толщина первой координационной сферы в направлении $[hkl]$, которая для кристаллов с объемно-центрированной (ОЦК) и гранецентрированной (ГЦК) задается соотношениями [18, 19]:

$$\begin{aligned} \text{Im}3m, Z = 2; l_{100} = a; l_{110} = a\sqrt{2}; l_{111} = a/\sqrt{3}, \\ \text{Fd}3m, Z = 4; l_{100} = a; l_{110} = a/\sqrt{2}; l_{111} = 2a/\sqrt{3}. \end{aligned} \quad (3)$$

Параметр $R(I)$ связан с поверхностной энергией σ . В [22] нами показано, что с точностью до 3% выполняется соотношение:

$$\sigma = 10^{-3} \cdot T_m, \quad (4)$$

где T_m – температура плавления твердого тела (К). Соотношение выполняется для всех металлов и для других кристаллических соединений. При $T=T_m$ из [20] получим:

$$R(I)_i = 0.24 \cdot 10^{-9} v. \quad (5)$$

Уравнение (5) показывает, что поверхностный слой толщиной $R(I)$ определяется одним параметром – молярным (атомным) объемом элемента $v=M/\rho$, M – молярная масса (г/моль), ρ – плотность (г/см³), который периодически изменяется в соответствии с таблицей Д.И. Менделеева. Для ВЭСов справедливы следующие соотношения:

$$\begin{aligned} T_m &= \sum_{i=1}^n c_i (T_m)_i, \\ M &= \sum_{i=1}^n c_i (M)_i, \\ \rho &= \sum_{i=1}^n c_i (\rho)_i. \end{aligned} \quad (6)$$

где $(T_m)_i$ – температура плавления каждого элемента сплава (К), $(M)_i$ – молярная масса каждого элемента сплава (г/моль), ρ – плотность каждого элемента сплава (г/см³), c_i – концентрация каждого элемента сплава, n – число элементов сплава. Все эти расчеты проводятся с использованием таблицы 1. Уравнение (4) можно переписать в виде:

$$\sigma(hkl) = 10^{-3} \cdot T_m \cdot l(hkl), \quad (7)$$

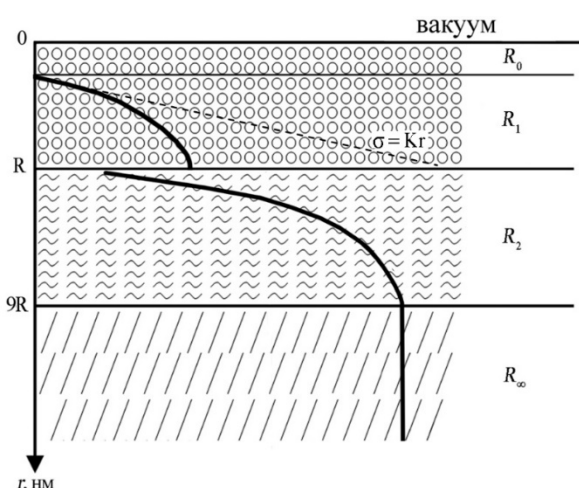
где $l(hkl)$ для кристаллов с объемно-центрированной (ОЦК) и гранецентрированной (ГЦК) кубической структурой задается соотношениями (3) при $a = 1$.

Сделаем расчеты по (6) и (7), беря справочные данные по T_m , M , ρ [23-25].

Таблица 2. Толщина поверхностного слоя и анизотропия поверхностной энергии ВЭСов

Сплав	(hkl)	Структура	T_m , К	$R(I)$, нм	σ_{hkl} мДж/м ²
CoCrFeNi	100	Fd3m	1856	2,0 (6)	1856
	110				1326
	111				2194
CoCrFeNiMn	100	Fd3m	1796	1,7 (5)	1796
	110				1293
	111				2113
CrNiTiZrCu	100	Fd3m	1305	2,1 (6)	1305
	110				932
	111				1535

Обсуждение результатов эксперимента. Предложенная нами эмпирическая модель схематически представлена на рис. 3. Она представляет собой идеальный атомарно-гладкий монокристалл без вакансий, дислокаций и других дефектов.



R_0 - слой де Бройля; R_1 - слой R(I); R_2 - слой R(II); R_∞ - слой массивного образца

Рисунок 3. Схематическое изображение поверхностного слоя [24]

Слой де Бройля $R_0 = \lambda_{dB} = \hbar/p$ для металлов составляет от 0,01 нм до 0,1 нм. В этом слое начинаются квантовые размерные эффекты. К основным квантово размерным структурам относятся структуры с двумерным электронным газом – эпитаксиальные пленки, МДП-структуры, гетероструктуры и т.д.; структуры с одномерным газом – квантовые нити или проволоки; структуры с нульмерным газом – квантовые точки, ящики, кристаллиты [26].

В слое R(I) с атомами чистых металлов происходит реконструкция и релаксация, связанная с перестройкой поверхности [27]. Для золота постоянная решетки равна $a = 0,41$ нм и поверхность перестраивается на расстоянии $R(I)_{Au} = 1,2/0,41 \approx 3$ три атомных монослоев. Размерные эффекты в слое R(I) определяются всем коллективом атомов в системе (коллективные процессы). Такие «квазиклассические» размерные эффекты наблюдаются только в наночастицах и наноструктурах [28].

Экспериментально их можно наблюдать на очень чистых монокристаллах, когда наблюдается режим скользящего падения излучения Рентгена и в случае угла падения равного или заведомо меньшего критического угла при полном внутреннем отражении [29]. В этом случае, волна преломления затухает по экспоненте на размерах порядка нанометра. В качестве примера, этот размер равен 3,1 нм для кремния и 1,2 нм для золота. Результатом такого процесса возникает волновое движение, которое распространяется вдоль поверхности и отражает толщину поверхностного слоя [27].

Слой R(II) простирается примерно до размера $R(II) \approx 9R = R_{\infty}$, где начинается объемная фаза. С этого размера начинаются размерные свойства. Под наноматериалами принято понимать материалы, основные структурные элементы которых не превышают нанотехнологической границы ~ 100 нм, по крайней мере, в одном направлении [29-31].

Из таблицы 2 видно, что структуры CoCrFeNi, CoCrFeNiMn и CrNiTiZrCu имеют толщину поверхностного слоя в среднем около 2 нм, что составляет 5-6 монослоев и представляют собой наноструктуры. ОЦК и ГЦК кристаллические решетки высокоэнтروпийного сплава на основе 5 элементов и их отличие показаны на рис. 4.

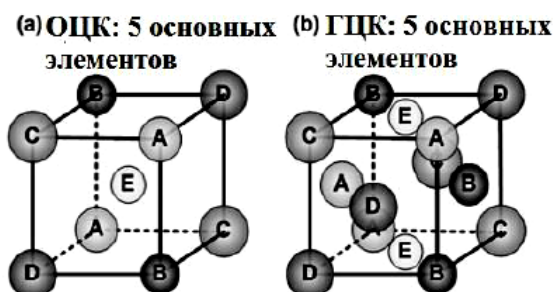


Рисунок 4. ОЦК и ГЦК кристаллические решетки высокоэнтропийного сплава на основе 5 элементов [32]

Рассматривая случай, когда сплав формируется из его составляющих элементов (рис. 4) в изобарических условиях, изменение ΔG_{mix} смешения от начального поэлементного состояния к состоянию после сплавления может быть выражено как:

$$\Delta G_{\text{mix}} = \Delta H_{\text{mix}} - T\Delta S_{\text{mix}}. \quad (8)$$

Равновесное состояние - это состояние при минимуме свободной энергии. На рис. 5а (согласно уравнению 1) показано увеличение энтропии смешения с увеличением количества элементов для эквимольных сплавов. Видно, что энтропия смешения для фаз твердого раствора увеличивается с малой величины для обычных сплавов до большой величины для высокоэнтропийных сплавов состава [2].

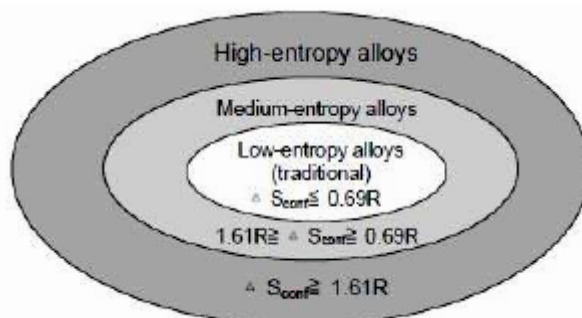
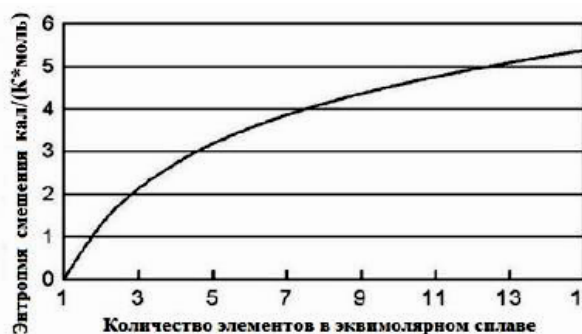


Рисунок 5. Приращение энтропии смешения к числу элементов в эквимольных сплавах в разупорядоченном состоянии (а), разделение мира сплавов по энтропии смешения [2]

Основываясь на эффекте энтропии смешения, существует возможность разделить многообразие сплавов на три поля, как показано на рис. 5б. Низкоэнтропийные сплавы - это традиционные сплавы. Высокоэнтропийные сплавы - это сплавы по крайней мере с пятью основными элементами. Среднеэнтропийные сплавы - это сплавы с 2...4 основными элементами. Высокоэнтропийный эффект активации возникновения неупорядоченной твердой фазы по существу встречается в поле высокоэнтропийных сплавов и должен в меньшей степени присутствовать в среднеэнтропийных сплавах. Стабилизация простой твердорастворной фазы важна для микроструктуры и свойств, которые могут быть получены в этих материалах [2].

Следует отметить, что толщина поверхностного слоя равная $R(I) = M/\rho$ для высокоэнтропийных сплавов значительно ниже, чем для структур 4-5 и более элементного состава (таблица 3) [22].

Таблица 3 показывает, что толщина поверхностного слоя $R(I)$ самых распространенных кристаллов на порядок превосходит толщину поверхностного слоя высокоэнтропийных сплавов.

Таблица 3. Толщина поверхностного слоя сложных кристаллов [22]

Группа граната	$R(I)$, нм	Группа граната	$R(I)$, нм
$Mg_3Al_2(SiO_4)_3$	25,9	$Ca_3Fe_2Si_3O_{12}$	21,1
$Fe_3Al_2(SiO_4)_3$	19,7	$Ca_3Ti_2(Fe_2Si)O_{12}$	22,7
$Mn_3Al_2[SiO_4]_3$	19,6	$Ca_3Fe_2(SiO_4)_3$	18,8
$Ca_3Al_2[SiO_4]_3$	21,7	$Ca_3(VALFe)_2(SiO_4)_3$	26,2

Это указывает на сильное сжатие кристаллической решетки, уменьшая ее молярный (атомный) объем согласно уравнению (5) и рис. 6.

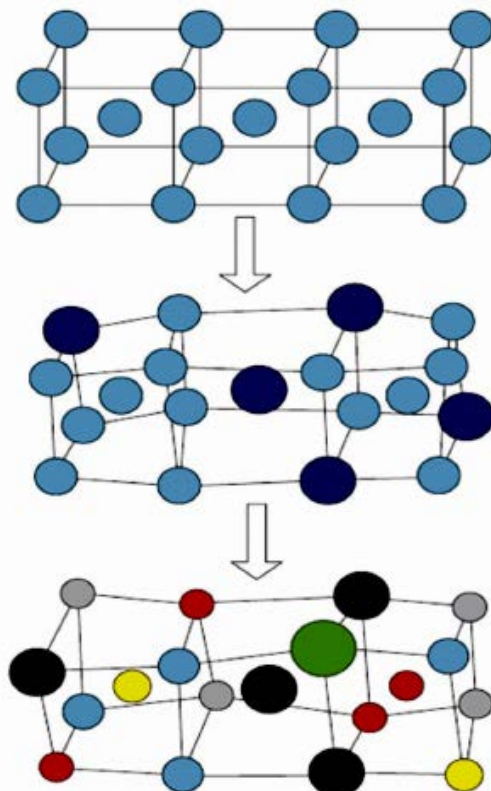


Рисунок 6. Схема формирования ОЦК – решетки многокомпонентного сплава $AlCoCrFeNiTi_{0.5}$ [10]

Сравнивая толщину поверхностного слоя высокоэнтропийных сплавов из таблицы 2 с толщиной поверхностного слоя металлических стекол, нами обнаружено большое сходство (таблица 4), $R(I)$ не более 2 нм [33].

Таблица 4. Толщина поверхностного слоя стекла [33]

Стекло	M, г/моль	ρ , г/см ³	$R(I)$, нм
Mg ₆₅ Cu ₂₅ Y ₁₀	40,7	3,8	1,8
Pd ₄₀ Ni ₄₀ P ₂₀	72,3	8,9	1,4
Fe ₇₈ Si ₁₀ B ₁₂	47,6	6,7	1,2
Ti ₅₀ Be ₅₀ Zr ₁₀	36,6	3,7	1,7
Fe ₄₀ Ni ₄₀ P ₁₄ B ₆	50,8	7,2	1,2
Ni ₄₉ Fe ₂₉ P ₁₄ B ₆ Al ₂	56,7	7,8	1,2
Zr ₆₂ Cu ₂₂ Al ₁₀ Fe ₅ Dy ₁	77,6	7,0	1,9
Zr _{41,2} Ti _{13,8} Cu _{12,5} Ni ₁₀ Be _{22,5}	53,8	5,7	1,6

Наиболее широко распространенным способом получения металлических стекол или аморфных сплавов является быстрая закалка расплава на движущуюся подложку. При этом расплав охлаждается (в зависимости от метода закалки) со скоростью $10^6 - 10^9$ градусов в секунду. При такой большой скорости охлаждения при комнатной температуре замораживается структура жидкости, и образец оказывается некристаллическим (рис. 7).

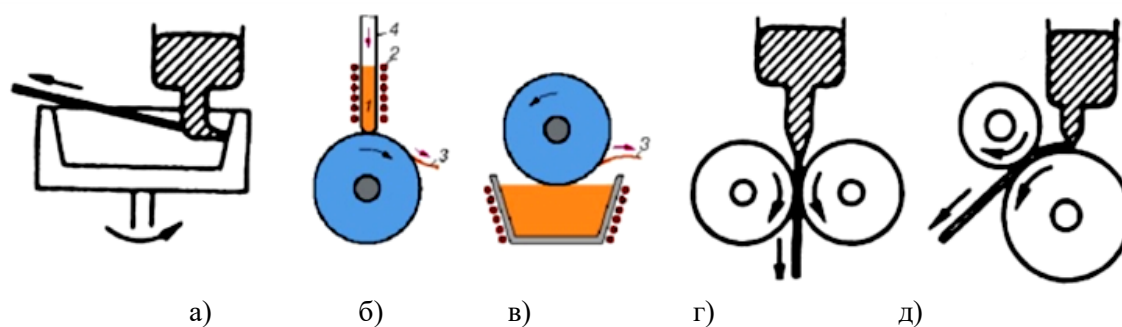


Рисунок 7. Методы получения тонкой ленты путем закалки из расплава:

а) центробежная закалка; б) закалка на диске; в) прокатка расплава;
г) центробежная закалка; д) планетарная закалка [34]

В обзоре [35] приведен список пяти основных рассматриваемых в настоящее время моделей структуры аморфных сплавов, но окончательной модели пока нет.

1. Модель, которая рассматривает жесткие сферы как хаос при их упаковке. Поскольку реальная плотность металлических стекол примерно на 5% ниже, нежели у соответствующих кристаллических структур, эта модель не является реальной.

2. Модель упаковки полиэдров. Модель рассматривает политетраэдрическую упаковку, которая принимает плотность упаковки полиэдров плотности жестких сфер.

3. Модель стереохимическая. Из-за того, что наиболее сильное взаимодействие происходит между близлежащими атомами, то можно рассматривать металлические стекла как твердые тела с ближним порядком, как это происходит в реальных кристаллах с той лишь разницей, что металлические стекла допускают некоторый беспорядок. Эта модель справедлива для некоторых металлических стекол, но плохо применима для многих аморфных сплавов.

4. Модель эффективной упаковки квазиэквивалентных кластеров. Модель основана на рассмотрении структуры как некоторой упаковки кластеров с ближним порядком,

характерным для данного сплава. Причем координационный полиэдр, который образуется из соседних атомов создает локальное окружение без пор между кластерами. Эта модель применима для металлических стекол, состоящих из чистых металлов.

5. Модель среднего порядка или упаковки фракталами. Эта модель показывает, что средний порядок в металлических стеклах описывается теорией фракталов. Эти работы только начинают свой путь.

На наш взгляд между высокоэнтропийными сплавами и металлическими стеклами есть много общего. Сравним механические свойства высокоэнтропийных сплавов, металлических стекол и традиционных нержавеющей сталей.

Таблица 5 показывает, что микротвердость высокоэнтропийных сплавов и металлических стекол примерно одинаковы, но в 2-3 раза больше, чем нержавеющей сплавов. Это означает, что механизмы образования высокоэнтропийных сплавов имеют подобие пяти моделям формирования металлическим стеклам, отмеченным нами выше. Первое металлическое стекло $\text{Au}_{75}\text{Si}_{25}$ было получено американской группой в США в 1960 году [36], а первый высокоэнтропийный сплав был получен в 2004 году [1-3], то есть на 40 лет позже металлических стекол.

Обратимся теперь к таблице 2 и рассмотрим анизотропию поверхностной энергии ВЭСов. Из таблицы 2 видно, что максимум поверхностной энергии σ_{hkl} достигается в плоскости [111].

Металлы с гранецентрированной кубической (ГЦК) решёткой деформируются по плотноупакованным октаэдрическим плоскостям [111] в плотноупакованных направлениях $\langle 110 \rangle$ (рис. 8).

Таблица 5. Микротвердость μ высокоэнтропийных сплавов (ВЭС), металлических стекол (МС) и нержавеющей сталей (НС)

ВЭС	μ , HV [9,10]	МС	μ , HV [34]	НС	μ , HV
CoCrFeNi	587	$\text{Fe}_{80}\text{B}_{20}$	1100	316 Нержавеющая сталь	189
CoCrFeNiMn	659	$\text{Fe}_{78}\text{Mo}_2\text{B}_{20}$	1015	17-4 PH Нержавеющая сталь	410
CrNiTiZrCu	890 (*)	$\text{Fe}_{40}\text{Ni}_{40}\text{P}_{14}\text{B}_6$	640	Стеллит 6 (основа Co-Cr)	413
AlTiVFeNiZr	800	$\text{Fe}_{78}\text{P}_{13}\text{C}_7$	760	Хастеллой С (на основе Ni-Mo-Fe)	236
MoTiVFeNiZr	740	$\text{Fe}_{78}\text{Si}_{10}\text{B}_{12}$	890	18X2H4MA	269
CuTiVFeNiZrCo	630	$\text{Ni}_{75}\text{Si}_8\text{B}_{17}$	860	15XCHD	335
MoTiVFeNiZrCo	790	$\text{Co}_{75}\text{Si}_{15}\text{B}_{10}$	910	20XGHP	197
AlTiVFeNiZrCoCr	780	$\text{Ti}_{50}\text{Be}_{40}\text{Zr}_{10}$	730	34XH1M	229

В решетках в форме куба (см. рис. 6) вдоль направления ребра находится атомных единиц меньше, нежели диагональ куба в решетках ОЦК или диагональ грани ГЦК, где атомных единиц больше. То же самое справедливо и для плоскостей, которые пересекают грани решеток ОЦК и ГЦК. Поскольку атомных единиц по различным кристаллографическим направлениям отличается, а значит отличается их плотность, то это приводит к тому, что физические и химические проявляют анизотропию этих свойств в кристаллических твердых телах.

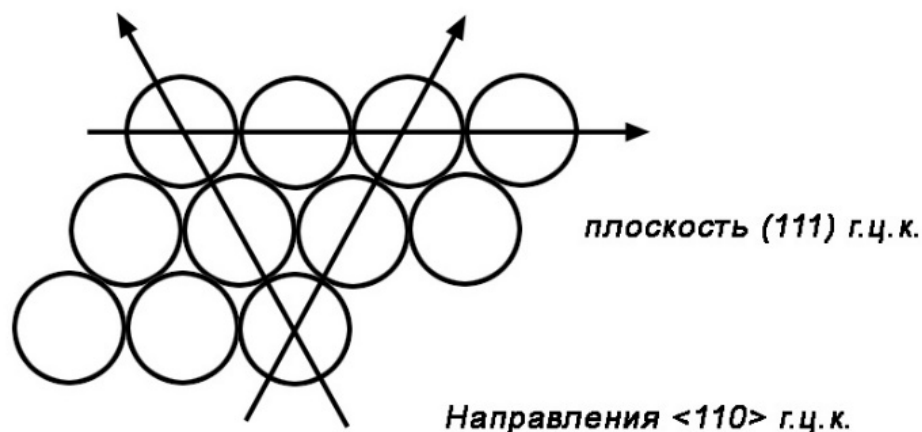


Рисунок 8. Схематическое представление плотноупакованной плоскости и плотноупакованных направлений в гранецентрированной кубической (ГЦК) решетке

Экспериментально исследовать энергию поверхности твердого тела довольно сложно, потому что атомы находятся не в жидкости, где они подвижны, а связаны довольно сильно межмолекулярным взаимодействием. Они становятся подвижными лишь при температуре, близкой к температуре плавления твердого вещества. При комнатной и более низкой температуре определить поверхностную энергию кристалла можно только зная его кристаллическое строение, то есть только в том случае, когда по тому или другому направлению можно совершить работу по раскалыванию кристалла, если само разрушение твердого тела было хрупким [37]. Такой метод в 1930 году был разработан Обреимовым [38] и состоял в раскалывании кристалла по плоскости спайности, которая изгибается и подсоединенный динамометр измеряет силу, препятствующую этому. Работа этой силы дает значение поверхностной энергии. Гилман [39] (таблица 6) таким методом при температуре жидкого азота ($T = -196^\circ\text{C}$) измерил поверхностную энергию ряда кристаллов.

Таблица 6. Поверхностная энергия некоторых кристаллов [39]

Кристалл	LiF (100)	MgO (100)	CaF ₂ (111)	CaCO ₃ (100)	Si (111)	Zn (0001)
σ_s , мДж/м ²	340	1200	450	230	1240	105

Ошибка, полученная при определении поверхностной энергии методом раскалывания кристалла, составляет от 10 до 20 %. Сравнивая таблицы 6 и 2 находим, что окись магния и кремния имеют близкие значения поверхностной энергии для ВЭСов, если учесть, что эти значения полученные в опытах при $T = -196^\circ\text{C}$.

Анизотропия поверхностной энергии приводит к тому, что температура плавления различных граней становится различной и при уменьшении размера частиц она изменяется по закону [40]:

$$T(r) = T_0 \left(1 - \frac{R(I)}{r} \right), \quad (9)$$

где T_0 – температура плавления массивного образца.

Из таблицы 5 видно, что при расстоянии чуть больше $r = 50$ нм температура плавления не изменяется, то есть размерный эффект не наблюдается.

Таблица 7. Анизотропия температуры плавления для ВЭСов

Сплав	(hkl)	T ₀ , К	R(I), нм	T, К (5 нм),	T, К (10 нм),	T, К (20 нм),	T, К (50 нм),
CoCrFeNi	100	1856	2,00	1114	1415	1670	1782
	110		1,43	1325	1591	1723	1803
	111		2,35	984	1420	1638	1769
CoCrFeNiMn	100	1796	1,70	1185	1491	1643	1735
	110		1,21	1361	1579	1687	1753
	111		2,00	1078	1437	1616	1723
CrNiTiZrCu	100	1305	2,10	757	1031	1168	1250
	110		1,50	914	1109	1207	1266
	111		2,47	660	983	1144	1241

Исследование сплава $\text{Co}_{1.5}\text{CrFeNi}_{1.5}\text{Ti}_{0.5}$ показало, что он в литом состоянии имеет твердость равной 513 HV [9]. На рис. 9а представлены литые, механически обработанные подшипники, изготовленные методом литья по выплавляемому модельному составу. Он может быть использован в тяжелых условиях, в качестве деталей для подземных электрических насосов, используемых в системе нефтяной скважины. Наш сплав CrNiTiZrCu имеет твердость 890 HV и использован нами для нанесения покрытий на турбинные лопатки из стали марки 20Х13 (рис. 9б).



а)



б)

Рисунок 9. Два обработанных литых подшипника $\text{Co}_{1.5}\text{CrFeNi}_{1.5}\text{Ti}_{0.5}$, изготовленных методом литья (а) [9]; турбинные лопатки с напылением CrNiTiZrCu [15]

Заключение. Представленные формулы позволили сделать расчеты толщины поверхностного слоя и анизотропии поверхностной энергии высокоэнтропийных сплавов (ВЭСов). Толщина поверхностного слоя трех ВЭСов составляет около 2 нм. Микротвердость высокоэнтропийных сплавов и металлических стекол примерно одинаковы, но в 2-3 раза больше, чем нержавеющих сплавов. Это означает, что механизмы образования высокоэнтропийных сплавов имеют подобие пяти моделям формирования металлическим стеклам. Первое металлическое стекло было получено американской группой в США в 1960 году, а первый высокоэнтропийный сплав был получен в 2004 году в Китае, то есть на 40 лет позже металлических стекол.

Нами показано, что максимум поверхностной энергии σ_{hkl} достигается в плоскости [111]. Металлы с гранцентрированной кубической (ГЦК) решёткой деформируются по плотноупакованным октаэдрическим плоскостям [111] в плотноупакованных направлениях $\langle 110 \rangle$. Анизотропия поверхностной энергии приводит к тому, что температура плавления различных граней становится различной и при уменьшении размера частиц она изменяется по гиперболическому закону. Приведены первые примеры практического применения высокоэнтропийных покрытий.

Источник финансирования. Работа выполнена при финансовой поддержке МОН РК. Гранты №0118РК000063 и №Ф.0781.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Yeh J.-W., Chen S.-K., Lin S.-J., Gan J.-Y., Chin Ts.-Sh., Shun T.-Ts., Tsau Ch.-H., Chang Sh.-Y. Nanostructured High-Entropy Alloys with Multiple Principle Elements: Novel Alloy Design Concepts and Outcomes // *Advanced Engineering Materials*. – 2004. – Vol. 6. – №8. – P. 299-303.
- [2] Yeh J.W., Chen Y.L., Lin S.J. High-entropy alloys – a new era of exploitation // *Materials Science Forum*. – 2007. – Vol. 560. – P. 1-9.
- [3] Wang Y.P., Li B.Sh., Heng Zh.F. Solid Solution or Intermetallics in a High-Entropy Alloy // *Advanced Engineering Materials*. – 2009. – Vol. 11. – № 8. – P. 641-644.
- [4] Фирстов С.А., Горбань В.Ф., Крапивка Н.А., Печковский Э.П. Новый класс материалов – высокоэнтروпийные сплавы и покрытия // *Вестник ТГУ*. – 2013. – Том. 18. – вып. 4. – С. 1938-1940.
- [5] Шагинян Л.Р., Горбань В.Ф., Крапивка Н.А., Фирстов С.А., Копылов И.Ф. Свойства покрытий из высокоэнтропийного сплава Al–Cr–Fe–Co–Ni–Cu–V, получаемых методом магнетронного распыления // *Сверхтвердые материалы*. – 2016. – № 1. – С. 33-43.
- [6] Костюк Г.И., Сысоев Ю.А., Мелкозерова О.М. Научные основы создания высокоэнтропийных нитридных, карбидных, боридных и оксидных нанопокровов на твёрдом сплаве Ti2Al // *Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии*. – 2017. – № 75. – 121-131.
- [7] Горбань В.Ф., Андреев А.А., Чикризов А.М., Карпец М.В., Крапивка Н.А., Доломанов А.В., Островерх А.А. Получение и физико-механические свойства высокоэнтропийного оксида на основе эквивалентного сплава CrFeCoNiMn // *Надтверді матеріали*. – 2019. – № 1. – С. 51-57.
- [8] Санин В.Н., Юхвид В.И., Икорников Д.Н. и др. СВС-металлургия литых высокоэнтропийных сплавов на основе переходных металлов // *ДАН НАН*. – 2016. – Том. 470. – №4. – С. 421-426.
- [9] Miracle D.B., Senkov O.N. A critical review of high entropy alloys and related concepts // *Acta Mater*. – 2017. – Vol. 122. – P. 448–511.
- [10] Шайсултанов Д.Г. Структура и механические свойства высокоэнтропийных сплавов системы CoCrFeNiX (X=Mn, V, Mn и V, Al и Cu). – Дисс. канд. тех. наук, Белгород, 2015. – 142 с.
- [11] Ивченко М.В. Структура, фазовые превращения и свойства высокоэнтропийных эквивалентных металлических сплавов на основе AlCrFeCoNiCu // Дисс. канд. физ.-мат. наук, Екатеринбург, 2015. – 167 с.
- [12] Юрченко Н.Ю. Разработка и исследование высокоэнтропийных сплавов с высокой удельной прочностью на основе системы Al–Cr–Nb–Ti–V–Zr. – Диссер. кандидат. тех. наук, Белгород, 2019. 187 с.
- [13] Yurov V.M., Eremin E.N., Guchenko S.A. Wear resistance and tribological properties of high entropy coatings CrNiTiZrCu // *Eurasian Physical Technical Journal*. – 2020. – Vol.17. – No.1 (33). – P. 13-18.
- [14] Юров В.М., Гученко С.А., Маханов К.М. Структурные свойства высокоэнтропийного покрытия TiNiZrCuCr // *Современные наукоемкие технологии*. – 2020. – №4. – С. 78-83.
- [15] Юров В.М., Шельпяков Б.Н., Гученко С.А., Твардовский А.Н. Нанесение высокоэнтропийных покрытий на турбинные лопатки // *Тенденции развития науки и образования*. – 2020. – №59. – Часть 1. – 49-54.
- [16] Шебзухова И.Г., Арефьева Л.П. Анизотропия поверхностной энергии и работы выхода электрона ПВ металлов // *Журнал технической физики*. – 2019. – Том. 89. – вып. 2. – С. 306-309.
- [17] Шебзухова И.Г., Арефьева Л.П. Оценка поляризационной и дисперсионной поправок к поверхностной энергии граней металлических кристаллов // *Физико-химические аспекты изучения кластеров, наноструктур и наноматериалов*. – 2020. – Вып. 12. – С. 319-325.
- [18] Бокарев В.П., Красников Г.Я. Анизотропия физико-химических свойств монокристаллических поверхностей // *Электронная техника. Серия 3. Микроэлектроника*. – 2016. – №4(164). – С. 25-30.
- [19] Бочкарев В.П. Развитие физико-химических принципов оценки влияния поверхностной энергии на свойства материалов и процессы для технологии микроэлектроники. – Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук, Москва, 2020. – 299 с.
- [20] Юров В.М., Гончаренко В.И., Олешко В.С. Анизотропия поверхностной энергии и толщины поверхностного слоя магнитных наноструктур // *Нано- и микросистемная техника*. – 2021. – Т. 23. – №2. – С. 59-62.
- [21] Юров В.М. Анизотропия поверхностной энергии кремния // *Вестник КазНУ им. аль Фараби*. – 2021. – №1(76). – С. 51-58.
- [22] Юров В.М., Гученко С.А., Лауринас В.Ч. Толщина поверхностного слоя, поверхностная энергия и атомный объем элемента. // *Физико-химические аспекты изучения кластеров, наноструктур и наноматериалов*. – 2018. – Вып. 10. – С. 691-699.
- [23] Солнцев Ю.П. (ред.) *Металлы. Справочник*. – СПб.: Рубин, 2000. – 614 с.

- [24] Волков А.И., Жарский И.М. Большой химический справочник. - Минск: Современная школа, 2005. - 608 с.
- [25] Кикоин И.К. (ред.) Таблицы физических величин. - М.: Атомиздат, 1976. - 1008 с.
- [26] Арутюнов К.Ю. Квантовые размерные эффекты в металлических наноструктурах // ДАН ВШ РАН. - 2015. - №3(28). - С. 7-16.
- [27] Оура К., Лифшиц В.Г., Саранин А.А., Зотов А.В., Катаяма М. Введение в физику поверхности. - М.: Наука, 2006. - 490 с.
- [28] Уваров Н.Ф., Болдырев В.В. Размерные эффекты в химии гетерогенных систем // Успехи химии. - 2001. - Т. 70 (4). - С. 307-329.
- [29] Гусев А.И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии. - М.: Физматлит, 2005. - 412 с.
- [30] Андриевский Р.А., Рагуля А.В. Наноструктурные материалы. - М.: Издательский центр «Академия», 2005. - 192 с.
- [31] Суздалев И.П. Нанотехнология: физико-химия нанокластеров, наноструктур и наноматериалов. - М.: КомКнига, 2006. - 592 с.
- [32] Li B.-Y., Peng K., Hu A.-P., Zhou L.-P., Zhu J.-J., Li D.-Y. Structure and properties of FeCoNiCrCu_{0.5}Al_x high-entropy alloy // Trans. Nonferrous Met. Soc. China. - 2013. - V. 23. -P.735-741.
- [33] Yurov V.M., Kaykenov D.A. Surface and surface energy of metal glasses // Sciences of Europe. - 2020. - No. 51. - Vol. 1. - P. 71-74.
- [34] Абросимова Г.Е. Эволюция структуры металлических стекол при внешних воздействиях. - Диссертация доктора физ.-мат. наук, Черноголовка, 2012. - 296 с.
- [35] Cheng Y.Q., Ma E. Atomic-level structure and structure–property relationship in metallic glasses // Progress in Materials Science. - 2011. - Vol. 56. - P. 379–473.
- [36] Болтынюк Е.В. Механическое поведение аморфных сплавов со структурой, модифицированной интенсивной пластической деформацией. - Диссертация кандидата физ.-мат. наук, Санкт-Петербург, 2018. - 133 с.
- [37] Кудря А.В. Роль разномасштабных структур в обеспечении пластичности и вязкости структурно-неоднородных сталей // Металловедение и термическая обработка металлов. - 2005. - № 5. - С. 18-23.
- [38] Obreimoff J.W. The splitting reighth of mica // Proc. Roy. Soc. - 1930. - V. A127. - P. 290-293.
- [39] Gilman J. Direct Measurements of the surface energies of crystals // J. Appl. Phys. - 1960. - Vol. 31. - № 2. - P. 2208-2216.
- [40] Юров В.М., Маханов К.М. Оценка температуры плавления наноструктур твердых тел // Нано- и микросистемная техника. - 2020. - Т. 22. - №7. - С. 347-351.

REFERENCES

- [1] Yeh J.-W., Chen S.-K., Lin S.-J., Gan J.-Y., Chin Ts.-Sh., Shun T.-Ts., Tsau Ch.-H., Chang Sh.-Y. Nanostructured High-Entropy Alloys with Multiple Principle Elements: Novel Alloy Design Concepts and Outcomes // Advanced Engineering Materials. - 2004. - Vol. 6. - №8. - P. 299-303.
- [2] Yeh J.W., Chen Y.L., Lin S.J. High-entropy alloys – a new era of exploitation // Materials Science Forum. - 2007. - Vol. 560. - P. 1-9.
- [3] Wang Y.P., Li B.Sh., Heng Zh.F. Solid Solution or Intermetallics in a High-Entropy Alloy // Advanced Engineering Materials. - 2009. - Vol. 11. - № 8. - P. 641-644.
- [4] Firstov S.A., Gorban V.F., Krapivka N.A., Pechkovsky E.P. A new class of materials - high-entropy alloys and coatings // Vestnik TSU. - 2013. - Vol. 18. - P. 1938-1940.
- [5] Shaginyan L.R., Gorban V.F., Krapivka N.A., Firstov S.A., Kopylov I.F. Properties of coatings from high-entropy alloy Al–Cr–Fe–Co–Ni–Cu–V obtained by magnetron sputtering // Superhard materials. - 2016. - No. 1. - P. 33-43.
- [6] Kostyuk G.I., Sysoev Yu.A., Melkozerova O.M. Scientific foundations for the creation of high-entropy nitride, carbide, boride and oxide nanocoatings on T12A hard alloy // Open information and computer integrated technologies. - 2017. - No. 75. - P. 121-131.
- [7] Gorban V.F., Andreev A.A., Chikryzhov A.M., Karpets M.V., Krapivka N.A., Dolomanov A.V., Ostroverkh A.A. Obtaining and physical and mechanical properties of high-entropy oxide based on equiatomic alloy CrFeCoNiMn // Superhard materials. - 2019. - No. 1. - P. 51-57.
- [8] Sanin V.N., Yuxhvid V.I., Ikornikov D.N. et al. SHS metallurgy of cast high-entropy alloys based on transition metals // DAN NAN. - 2016. - Vol. 470. - No. 4. - P. 421-426.

- [9] Miracle D.B., Senkov O.N. A critical review of high entropy alloys and related concepts // *Acta Mater.* - 2017. - Vol. 122. - P. 448–511.
- [10] Shaisultanov D.G. Structure and mechanical properties of high-entropy alloys of the CoCrFeNiX system (X = Mn, V, Mn and V, Al and Cu). - Diss. Cand. those. Sciences, Belgorod, 2015. - 142 p.
- [11] Ivchenko M.V. Structure, phase transformations and properties of high-entropy equiatomic metal alloys based on AlCrFeCoNiCu // Diss. Cand. phys.-mat. Sciences, Yekaterinburg, 2015. - 167 p.
- [12] Yurchenko N.Yu. Development and research of high-entropy alloys with high specific strength based on the Al-Cr-Nb-Ti-V-Zr system. - Thesis. candid. those. Sciences, Belgorod, 2019. - 187 p.
- [13] Yurov V.M., Eremin E.N., Guchenko S.A. Wear resistance and tribological properties of high entropy coatings CrNiTiZrCu // *Eurasian Physical Technical Journal.* – 2020. - Vol.17. - No.1 (33). – P. 13-18.
- [14] Yurov V.M., Guchenko S.A., Makhnov K.M. Structural properties of the high-entropy TiNiZrCuCr coating // *Modern science-intensive technol.* - 2020. - No. 4. - P. 78-83.
- [15] Yurov V.M., Shelpyakov B.N., Guchenko S.A., Tvardovsky A.N. Application of high-entropy coatings on turbine blades // *Trends in the development of science and education.* - 2020. - No. 59. - Part 1. - P. 49-54.
- [16] Shebzukhova I.G., Arefieva L.P. Anisotropy of surface energy and electron work function IIB of metals // *Journal of technical physics.* - 2019. - Vol. 89. - no. 2. - P. 306-309.
- [17] Shebzukhova I.G., Arefieva L.P. Estimation of the polarization and dispersion corrections to the surface energy of the faces of metal crystals // *Physicochemical aspects of the study of clusters, nanostructures and nanomaterials.* - 2020. - Issue. 12. - P. 319-325.
- [18] Bokarev V.P., Krasnikov G.Ya. Anisotropy of physicochemical properties of single-crystal surfaces // *Electronic engineering. Series 3. Microelectronics.* - 2016. - No. 4 (164). - P. 25-30.
- [19] Bochkarev V.P. Development of physicochemical principles for assessing the effect of surface energy on the properties of materials and processes for microelectronic technology. – Diss. for the degree of Doctor of Technical Sciences, Moscow, 2020. - 299 p.
- [20] Yurov V.M., Goncharenko V.I., Oleshko V.S. Anisotropy of surface energy and thickness of the surface layer of magnetic nanostructures // *Nano- and microsystem technology.* - 2021. - V. 23. - No. 2. - P. 59-62.
- [21] Yurov V.M. Anisotropy of the surface energy of silicon // *Bulletin of KazNU im. al Farabi.* - 2021. - No. 1 (76). - P. 51-58.
- [22] Yurov V.M., Guchenko S.A., Laurinas V.Ch. Surface layer thickness, surface energy, and atomic volume of an element. // *Physicochemical aspects of the study of clusters, nanostructures and nanomaterials.* - 2018. - Issue. 10. - P. 691-699.
- [23] Solntsev Yu.P. (ed.) *Metals. Directory.* - SPb.: Rubin, 2000. - 614 p..
- [24] Volkov A.I., Zharskiy I.M. *Great chemical reference book.* - Minsk: Modern School, 2005. - 608 p.
- [25] Kikoin I.K. (ed.) *Tables of physical quantities.* - M.: Atomizdat, 1976. - 1008 p.
- [26] Arutyunov K.Yu. Quantum size effects in metallic nanostructures // *DAN VSH RAS.* - 2015. - No. 3 (28). - S. 7-16. - 2015. - No. 3 (28). - P. 7-16.
- [27] Oura K., Lifshits V.G., Saranin A.A., Zotov A.V., Katayama M. *Introduction to surface physics.* - Moscow: Nauka, 2006. - 490 p.
- [28] Uvarov N.F., Boldyrev V.V. Size effects in the chemistry of heterogeneous systems // *Uspekhi khimii.* - 2001. - V. 70 (4). - P. 307-329.
- [29] Gusev A.I. *Nanomaterials, nanostructures, nanotechnology.* - M.: Fiz., 2005. - 412 p.
- [30] Andrievsky R.A., Ragulya A.V. *Nanostructured materials.* - M.: Publishing Center "Academy", 2005. - 192 p..
- [31] Suzdalev I.P. *Nanotechnology: physical chemistry of nanoclusters, nanostructures and nanomaterials.* - M.: KomKniga, 2006. - 592 p.
- [32] Li B.-Y., Peng K., Hu A.-P., Zhou L.-P., Zhu J.-J., Li D.-Y. Structure and properties of FeCoNiCrCu_{0.5}Al_x high-entropy alloy // *Trans. Nonferrous Met. Soc. China.* – 2013. - V. 23. –P.735-741.
- [33] Yurov V.M., Kaykenov D.A. Surface and surface energy of metal glasses // *Sciences of Europe.* – 2020. - No. 51. - Vol. 1. – P. 71-74.
- [34] Abrosimova G.E. Evolution of the structure of metallic glasses under external influences. - Dissertation of the doctor fiz.-mat. Sciences, Chernogolovka, 2012. - 296 p.
- [35] Cheng Y.Q., Ma E. Atomic-level structure and structure–property relationship in metallic glasses // *Progress in Materials Science.* – 2011. - Vol. 56. – P. 379–473.
- [36] Boltynyuk E.V. Mechanical behavior of amorphous alloys with a structure modified by severe plastic deformation. - Dissertation of the candidate fiz.-floor-mat. Sciences, St. Petersburg, 2018. - 133 p.

- [37] Kudrya A.V. The role of different-scale structures in ensuring the plasticity and toughness of structurally inhomogeneous steels // Metallurgy and heat treatment of metals. - 2005. - No. 5. - P. 18-23.
 [38] Obreimoff J.W. The splitting reight of mica // Proc. Roy. - 1930. - V. 127. - P. 290-293.
 [39] Gilman J. Direct Measurements of the surface energies of crystals // J. Appl. Phys. – 1960. - Vol. 31. - № 2. - P. 2208-2216.
 [40] Yurov V.M., Makhanov K.M. Estimation of the melting temperature of nanostructures of solids // Nano- and microsystem technology. - 2020. - T. 22. - No. 7. - P. 347-351.

¹В.М. Юров*, ¹К.М. Маханов, ²А.К. Салькеева, ²А.С. Кусенова
¹Е.А. Букетов атындағы Қарағанды университеті, Қарағанды, Қазақстан
²Қарағанды техникалық университеті, Қарағанды, Қазақстан
 *e-mail: exciton@list.ru

ТЕКШЕ ЖОҒАРЫЭНТРОПИЯЛЫ ҚОРЫТПАЛАР МЕН ЖАБЫНДЫЛАРДЫҢ БЕТТІК ЭНЕРГИЯ АНИЗОТРОПИЯСЫ

Андатпа. Біз ұсынған эмпирикалық модель жоғары энтропиялы қорытпа бетінің қалыңдығын және оның беттік энергиясының анизотропиясын есептеуге мүмкіндік береді. Зерттеу үшін фкк құрылымымен кубты эквиатомдық қосылыстар алынды. Беткі қабаттағы бұл құрылымдардың орташа қалыңдығы шамамен 2 нм болатындығы анықталды, бұл 5-6 моноқабатты білдіреді, бұл қорытпа бетін қалпына келтіру немесе релаксациямен расталады. Бұл құрылымдар нанокұрылымды формациялар болып табылады. Көрсетілгендей, бұл қабаттардың бетінің қалыңдығы металды көзілдірік қабаттарының бетінің қалыңдығымен бірдей болады. Олардың қаттылығы шамамен 500-800 ГВ-қа тең, бірақ баспайтын болаттардың қаттылығынан 2-3 есе жоғары - 200-400 ГВ. Біздің ойымызша, жоғары энтропиялы қорытпалар мен металл көзілдіріктердің арасында көп нәрсе тән, дегенмен біріншілері кристалды, ал екіншілері аморфты,

Ұсынылып отырған эмпирикалық модельде беттің максималды энергиясына [111] жазықтықта жететіндігі көрсетілген. Сондай-ақ, әртүрлі беттердің балку температурасы әртүрлі болатындығы және бөлшектердің мөлшері азаюымен гиперболалық заңға сәйкес өзгеретіні көрсетілген.

Негізгі сөздер: жоғары энтропиялы қорытпа, қабат қабатының қалыңдығы, беттің энергиясы, металл шыны.

¹В.М. Юров*, ¹К.М. Маханов, ²А.К. Салькеева, ²А.С. Кусенова
¹Е.А. Buketov Karaganda State University, Karaganda, Kazakhstan
²Karaganda technical university, Karaganda, Kazakhstan
 *e-mail: exciton@list.ru

SURFACE ENERGY ANISOTROPY OF CUBIC HIGH-ENTROPY ALLOYS AND COATINGS

Abstract. The empirical model proposed by us makes it possible to calculate the thickness of the surface of a high-entropy alloy and the anisotropy of its surface energy. Cubic equiatomic compounds with an fcc structure were taken for the study. It was found that these structures in the surface layer have an average thickness of about 2 nm, which represents 5-6 monolayers, which are confirmed by reconstruction or relaxation of the alloy surface. These structures are nanostructured formations. It turns out that the thickness of the surface of these layers is approximately the same as the thickness of the surface of amorphous metals layers. They also have approximately the same hardness of 500-800 HV, but 2-3 times higher than the hardness of stainless steels - 200-400 HV. From our point of view, there is much in common between high-entropy alloys and amorphous metals, despite the fact that the former are crystalline, and the latter are amorphous,

In the proposed empirical model, it is shown that the maximum surface energy is attained in the [111] plane. It is also shown that the melting temperature of different faces becomes different and, with a decrease in the particle size, it changes according to the hyperbolic law.

Keywords: high-entropy alloy, surface layer thickness, surface energy, amorphous metals.

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

О КРИПТОГРАФИЧЕСКИХ СВОЙСТВАХ S-БЛОКОВ

Аннотация. Статья посвящена изучению криптографических свойств S-блоков. S-блок - функция, принимающая на входе n бит, преобразующая их по определенному алгоритму и возвращающая на выходе m бит. n и m не обязательно равны. S-блоки являются одним из основных компонентов современных криптографических алгоритмов, определяющих их нелинейность. Для защиты криптографических алгоритмов от различных типов атак S-блоки должны соответствовать ряду критериев. Целью настоящей работы является исследование существующих криптографических свойств S-блоков, которое позволит в дальнейшем провести анализ существующих критериев, которым должны удовлетворять S-блоки и сделать обоснованный выбор набора критериев оптимальных S-блоков. В данной статье дается обзор основных свойств S-блоков, имеющих важное значение при формировании критериев оптимальности. Рассматриваются дифференциальная равномерность, таблица распределения разностей, нелинейность, таблица линейного распределения, алгебраическая степень, алгебраическая иммунность, алгебраическая сложность, лавинный эффект, строгий лавинный эффект, расстояние до строго лавинного эффекта, полнота, линейные структуры, сбалансированность, корреляционная иммунность, критерий независимости битов, критерий распространения, период, количество неподвижных точек и противоположных неподвижных точек, циклы, инверсии, возрастания, таблица бумеранговой связи, таблица бумеранговой разности. Также рассматриваются существующие методы генерации S-блоков, обладающих необходимыми оптимальными характеристиками.

Ключевые слова: криптографический алгоритм, S-блок, свойства, критерии оптимальности.

Введение. S-блоки (блок подстановок, s-box, substitution box) являются одним из основных компонентов, определяющих нелинейность и уровень стойкости современных симметричных криптографических алгоритмов. В частности, они особенно важны для стойкости против дифференциальных атак, линейных атак, алгебраических атак и других методов криптоанализа. Можно сделать вывод, что S-блоки и их свойства имеют первостепенное значение для безопасности криптографического алгоритма в целом. Для защиты криптографических алгоритмов от различных типов атак S-блоки должны соответствовать ряду критериев. Из-за большого количества существующих критериев, их противоречивости или частичной взаимозависимости проблематично сформировать S-блок, обладающий всеми известными заданными свойствами. Поэтому на практике используются S-блоки, удовлетворяющие основным критериям, существенным для конкретного симметричного алгоритма. Такие S-блоки принято называть оптимальными. Целью настоящей работы является исследование существующих криптографических свойств S-блоков, которое позволит в дальнейшем провести анализ существующих критериев, которым должны удовлетворять S-блоки и сделать обоснованный выбор набора критериев оптимальных S-блоков. В данной статье дается обзор основных свойств S-блоков, имеющих важное значение при формировании критериев оптимальности. Рассматриваются дифференциальная равномерность, таблица распределения разностей, нелинейность, таблица линейного распределения, алгебраическая степень, алгебраическая иммунность, алгебраическая сложность, лавинный эффект, строгий лавинный эффект, расстояние до строго лавинного эффекта, полнота, линейные структуры, сбалансированность, корреляционная иммунность, критерий независимости битов, критерий распространения, период, количество неподвижных точек и противоположных неподвижных точек, циклы, инверсии, возрастания, таблица

бумеранговой связи, таблица бумеранговой разности. Также рассматриваются существующие методы генерации S-блоков, обладающих необходимыми оптимальными характеристиками.

Методы. Критерии оптимального S-блока могут быть установлены для целого класса криптографических алгоритмов, а также заданы и для отдельно взятого криптопримитива. При выборе S-блоков при проектировании криптоалгоритмов основными критериями являются нелинейность и дифференциальная равномерность. Дифференциальная равномерность является показателем стойкости против дифференциальной атаки. Например, для 8-битных подстановок оптимальными значениями дифференциальной равномерности являются значения не больше 8. Нелинейность является показателем стойкости против линейной атаки. Оптимальными значениями для 8-битных подстановок являются значения не меньше 100. Алгебраическая степень и алгебраический иммунитет являются показателями стойкости против алгебраических атак. В случае 8-битных подстановок оптимальными значениями алгебраической степени являются значения не меньше 7, а максимальным значением алгебраического иммунитета считается 3 при 441 уравнениях. А в случае подстановок 4 в 4 бита критерий алгебраического иммунитета не играет большой роли, так как они могут быть описаны системой уравнений второй степени. Но в тоже время он не может равняться 1. Ещё одним критерием является отсутствие циклов длины 1, т.е. неподвижных (фиксированных) точек. Существует и множество других критериев. До сих пор не была доказана необходимость большинства из критериев. Многие из них не применимы к блочным шифрам, но в то же время применяются в поточных шифрах. Свойства S-блоков блочных шифров DES и ГОСТ 28147 на сегодняшний день не являются актуальными. Современные критерии ориентированы на защиту от существующих видов криптоанализа: линейного, алгебраического и различных вариаций дифференциального. Ещё один критерий связан с принадлежностью подстановок к различным классам эквивалентности векторных булевых функций. Этот критерий применим лишь в том случае, когда в алгоритме применяется более одного узла нелинейной замены. Многие исследования показывают, что идеальных S-блоков, вероятнее всего, не существует. Поэтому было введено понятие оптимального S-блока, критерии которого определяются для конкретного криптографического алгоритма или класса криптографических алгоритмов) и являются оптимальными с точки зрения защиты от существующих видов атак.

Результат. Пусть $B = GF(2)$. S-блоком называется векторная булева функция $F: B^n \rightarrow B^m$. Координатными функциями (координатами) S-блока $F: B^n \rightarrow B^m$ называются булевы функции $f_i: B^n \rightarrow B$, $1 \leq i \leq m$, такие что $F = (f_1, f_2, \dots, f_m)$. Компонентными функциями (компонентами) S-блока $F: B^n \rightarrow B^m$ называются линейные комбинации m координатных функций S-блока.

Основными способами представления S-блока являются таблица истинности, алгебраическая нормальная форма, преобразование Фурье, преобразование Уолша, автокорреляционная функция. Таблица истинности S-блока есть конкатенация таблиц истинности всех его координатных функций. Алгебраическая нормальная форма, преобразование Фурье, преобразование Уолша, автокорреляционная функция определяются с помощью соответствующих представлений компонентных функций S-блока.

Алгебраической нормальной формой булевой функции $f: B^n \rightarrow B$ называется представляющий ее многочлен от n переменных над полем B вида $f(x_1, x_2, \dots, x_n) = a \oplus a_1 x_1 \oplus a_2 x_2 \oplus \dots \oplus a_n x_n \oplus a_{12} x_1 x_2 \oplus a_{13} x_1 x_3 \oplus \dots \oplus a_{12..n} x_1 x_2 \dots x_n$, где $a, a_1, a_2, \dots, a_n, a_{12}, a_{13}, \dots, a_{12..n} \in B$.

Замечание. Другое название алгебраической нормальной формы булевой функции - полином Жегалкина.

Алгебраической нормальной формой S-блока $F: B^n \rightarrow B^m$ называется представляющий его многочлен от n переменных над полем B^m вида $F(x_1, x_2, \dots, x_n) = a \oplus a_1 x_1 \oplus a_2 x_2 \oplus \dots \oplus a_n x_n \oplus a_{12} x_1 x_2 \oplus a_{13} x_1 x_3 \oplus \dots \oplus a_{12..n} x_1 x_2 \dots x_n$, где $a, a_1, a_2, \dots, a_n, a_{12}, a_{13}, \dots, a_{12..n} \in B^m$.

Преобразованием Фурье булевой функции $f: B^n \rightarrow B$ называется функция $\underline{W}_f: B^n \rightarrow Z$, определяемая равенством $\underline{W}_f(u) = \sum_{x \in B^n} (-1)^{\langle x, u \rangle} f(x)$. Значение $\underline{W}_f(u)$ для каждого $u \in B^n$ называется коэффициентом Фурье.

Преобразованием Уолша булевой функции $f: B^n \rightarrow B$ называется функция $W_f: B^n \rightarrow Z$, определяемая равенством $W_f(u) = \sum_{x \in B^n} (-1)^{\langle x, u \rangle} (-1)^{f(x)}$. Значение $W_f(u)$ для каждого $u \in B^n$ называется коэффициентом Уолша.

Далее дадим обзор основных криптографических свойств S-блоков. Эти свойства являются достаточно общими и имеют важное значение для противодействия широко применяемым атакам.

Дифференциальная атака использует неравномерное распределение выходных разностей, когда входные данные выбираются с фиксированной разницей. Хотя линейные компоненты в криптографических алгоритмах могут эффективно рассеивать различия, они не могут помочь уменьшить неравномерность в отношении разностей. Таким образом, равномерное дифференциальное распределение в основном исходит из нелинейных компонентов. Показателем стойкости против дифференциальной атаки является дифференциальная равномерность.

S-блок $F: B^n \rightarrow B^m$ называется дифференциально -равномерным, если для каждого $a \in B^n$, $a \neq 0$, и каждого $b \in B^m$ уравнение $F(x) \oplus F(x \oplus a) = b$ имеет не более δ решений.

Например, для 8-битных подстановок оптимальными значениями дифференциальной равномерности являются значения не больше 8.

Также для оценки стойкости к дифференциальным атакам применяется таблица распределения разностей.

Таблицей распределения разностей (XOR-таблицей) S-блока $F: B^n \rightarrow B^m$ называется матрица T^{XOR} размера $2^n \times 2^m$ с элементами $T_{a,b}^{XOR} = |\{x \in B^n | F(x) \oplus F(x \oplus a) = b\}|$, $a \in B^n$, $b \in B^m$.

Высокие значения в XOR-таблице могут быть использованы для выполнения дифференциального криптоанализа, поэтому для устойчивости к дифференциальному криптоанализу важно избегать высоких значений.

Показателем стойкости против линейной атаки является нелинейность S-блока.

Расстоянием Хэмминга $d(f, g)$ между булевыми функциями f и g от n переменных называется количество значений аргументов, на которых значения функций различаются, т.е. $d(f, g) = |\{x \in B^n | f(x) \neq g(x)\}|$.

Расстоянием Хэмминга $d(f, M)$ от булевой функции f от n переменных до некоторого множества M булевых функций от n переменных называется следующая величина $d(f, M) = \min_{g \in M} d(f, g)$.

Нелинейностью $N(f)$ булевой функции $f: B^n \rightarrow B$ называется расстояние Хэмминга между f и множеством всех аффинных функций от n переменных.

Булевы функции с линейностью, достигающей нижней границы, т. е. с наибольшей нелинейностью, являются бент-функциями.

Булева функция $f: B^n \rightarrow B$ называется максимально нелинейной, если она обладает наибольшей нелинейностью среди всех булевых функций от n переменных.

Булева функция $f: B^n \rightarrow B$ называется бент-функцией, если все коэффициенты Уолша этой функции равны $\pm 2^{n/2}$.

Замечание. При нечетном n бент-функции не существуют.

Нелинейностью $N(F)$ S-блока $F: B^n \rightarrow B^m$ называется минимальная из нелинейностей компонентных функций S-блока.

S-блок $F: B^n \rightarrow B^m$ называется бент-функцией, если его нелинейность достигает своего максимального возможного значения, т.е. если каждая его компонентная функция является бент-функцией.

Оптимальными значениями нелинейности для 8-битных подстановок являются значения не меньше 100.

Также для оценки стойкости к линейным атакам применяется таблица линейного распределения.

Таблицей линейного распределения (таблицей линейной аппроксимации) S-блока $F: B^n \rightarrow B^m$ называется матрица T^{LAT} размера $2^n \times 2^m$ с элементами $T_{a,b}^{LAT} = |\{x \in B^n | (x, a) = (F(x), b)\}|$, $a \in B^n$, $b \in B^m$.

Показателями стойкости против алгебраических атак являются алгебраическая степень и алгебраический иммунитет, а также алгебраическая сложность S-блока.

Алгебраической степенью $\deg(F)$ S-блока $F: B^n \rightarrow B^m$ называется число переменных в самом длинном слагаемом его алгебраической нормальной формы.

Булева функция $g: B^n \rightarrow B$ называется аннигилятором булевой функции $f: B^n \rightarrow B$, если $g \neq 0$ и $fg = 0$.

Алгебраической иммунностью булевой функции $f: B^n \rightarrow B$ называется минимальная из степеней аннигиляторов f и $f \oplus 1$.

Аннигилятором подмножества $E \subset B^n$ называется любая булева функция от n переменных, принимающая нулевое значение на этом подмножестве.

Алгебраической иммунностью подмножества $E \subset B^n$ называется минимальная алгебраическая степень всех ненулевых аннигиляторов этого подмножества.

(Базовой) алгебраической иммунностью S-блока $F: B^n \rightarrow B^m$ называется минимальная алгебраическая иммунность всех прообразов $F^{-1}(z)$ элементов $z \in B^m$.

(Графической) алгебраической иммунностью S-блока $F: B^n \rightarrow B^m$ называется алгебраическая иммунность графа $\{(x, F(x)) | x \in B^n\}$ S-блока F .

(Компонентной) алгебраической иммунностью S-блока $F: B^n \rightarrow B^m$ называется минимальная алгебраическая иммунность компонентов S-блока F .

Алгебраической сложностью S-блока $F: B^n \rightarrow B^m$ называется количество ненулевых одночленов интерполяционного многочлена Лагранжа, представляющего $F: B^n \rightarrow B^m$.

В случае 8-битных подстановок оптимальными значениями (компонентной) алгебраической степени являются значения не меньше 7, а максимальным значением алгебраического иммунитета считается 3 при 441 уравнениях. А в случае подстановок 4 в 4 бита критерий алгебраического иммунитета не играет большой роли, так как они могут быть описаны системой уравнений второй степени. Но в тоже время он не может равняться 1.

Важным свойством, определяющим оптимальность S-блока, является биективность.

S-блок $F: B^n \rightarrow B^n$ называется биективным, если она инъективна и сюръективна, то есть одновременно выполняются следующие условия:

- 1) для любых элементов $a', a'' \in B^n$, если $a' \neq a''$, то $F(a') \neq F(a'')$ (инъекция),
- 2) для любого элемента $b \in B^n$ существует элемент $a \in B^n$ такой, что $F(a) = b$ (сюръекция).

Это свойство эквивалентно обратимости S-блока.

Показателями случайности S-блока являются инверсии, циклы, возрастания.

Инверсией S-блока $F: B^n \rightarrow B^n$ называется пара элементов $a', a'' \in B^n$ таких, что $n(a') < n(a'')$ и $n(F(a')) > n(F(a''))$.

Циклом длины k S-блока $F: B^n \rightarrow B^n$ называется последовательность элементов $(a_1, \dots, a_k)$ из B^n таких, что $F(a_1) = a_2, \dots, F(a_i) = a_{i+1}, \dots, F(a_k) = a_1$.

Возрастанием S-блока $F: B^n \rightarrow B^n$ называется пара элементов $F(a'), F(a'') \in B^n$ таких, что $F(a') < F(a'')$ и $n(a'') = n(a') + 1$.

Еще в набор критериев оптимального S-блока можно включить период и количество неподвижных точек и противоположных неподвижных точек.

Периодом элемента $a \in B^n$ относительно S-блока $F: B^n \rightarrow B^n$ называется наименьшее положительное целое число r такое, что $F^r(a) = a$.

Элемент $a \in B^n$ называется неподвижной (фиксированной) точкой S-блока $F: B^n \rightarrow B^n$, если $F(a) = a$.

Элемент $a \in B^n$ называется противоположной неподвижной (фиксированной) точкой S-блока $F: B^n \rightarrow B^n$, если $F(a) = \bar{a}$, где $\bar{a} \in B^m$ такой, что $a \oplus \bar{a} = 0$.

Количество неподвижных и противоположных неподвижных точек должно быть как можно меньше для обеспечения стойкости против статистического криптоанализа.

Для оценки стойкости к бумеранг атакам применяются таблица бумеранговой связи и таблица бумеранговой разности.

Таблицей бумеранговой связи обратимого S-блока $F: B^n \rightarrow B^n$ называется матрица T^{BCT} размера $2^n \times 2^n$ с элементами $T_{a,b}^{BCT} = |\{x \in B^n | F^{-1}(F(x) \oplus b) \oplus F^{-1}(F(x) \oplus a) \oplus b = a\}|$, $a \in B^n$, $b \in B^n$.

Таблицей бумеранговой разности обратимого S-блока $F: B^n \rightarrow B^n$ называется матрица T^{BCT} размера $2^n \times 2^n \times 2^n$ с элементами $T_{a,b,c}^{BCT} = |\{x \in B^n | F^{-1}(F(x) \oplus c) \oplus F^{-1}(F(x) \oplus a) \oplus c = a, F(x) \oplus F(x \oplus a) = b\}|$, $a \in B^n$, $b \in B^n$, $c \in B^n$.

Важной характеристикой S-блока является лавинный эффект.

S-блок $F: B^n \rightarrow B^m$ обладает лавинным эффектом, если и только если $\sum_{x \in B^n} w(F(x) \oplus F(x \oplus e_i)) = m2^{n-1}$ для всех единичных векторов $e_i \in B^n$, $i = 1, 2, \dots, n$.

S-блок $F: B^n \rightarrow B^m$ удовлетворяет строгому лавинному критерию, если и только если $\sum_{x \in B^n} (F(x) \oplus F(x \oplus e_i)) = (2^{n-1}, 2^{n-1}, \dots, 2^{n-1})$ для всех единичных векторов $e_i \in B^n$, $i = 1, 2, \dots, n$.

Расстояние до строгого лавинного критерия для S-блока $F: B^n \rightarrow B^n$ определяется, как $DSAC(F) = \sum_{i=1}^n \sum_{a \in B^n, w(a)=1} |w(f_i(x \oplus a) \oplus f_i(x)) - 2^{n-1}|$.

S-блок $F: B^n \rightarrow B^m$ удовлетворяет критерию распространения степени k , если и только если $\sum_{x \in B^n} (F(x) \oplus F(x \oplus a)) = (2^{n-1}, 2^{n-1}, \dots, 2^{n-1})$ для всех элементов $a \in B^n$, где $1 \leq w(a) \leq k$.

S-блок $F: B^n \rightarrow B^n$ удовлетворяет критерию независимости битов, если для любых $i, j, k \in \{1, 2, \dots, n\}$, $j \neq k$ инвертирование входного j -го бита приводит к независимым изменениям выходных j -го и k -го битов.

Для измерения критерия независимости битов применяется коэффициент корреляции между j -ым и k -ым битами лавинного вектора $A^{e_i} = F(x) \oplus F(x \oplus e^i) = (a_1^{e_i}, \dots, a_n^{e_i})$. Соответствующий параметр меры независимости j -го и k -го битов определяется, как $BIC(a_j, a_k) = \max_{1 \leq i \leq n} |corr(a_j^{e_i}, a_k^{e_i})|$. Параметр, показывающий насколько $F: B^n \rightarrow B^n$ удовлетворяет критерию независимости битов определяется, как $BIC(F) = \max_{1 \leq j, k \leq n, j \neq k} BIC(a_j, a_k)$. $BIC(F)$ принимает значения в промежутке $[0, 1]$. В наилучшем случае $BIC(F)$ равен 0, в наихудшем 1.

Также полезными криптографическими характеристиками S-блока являются полнота, линейные структуры, сбалансированность, корреляционная иммунность.

S-блок $F: B^n \rightarrow B^m$ называется полным, если и только если $\sum_{x \in B^n} (F(x) \oplus F(x \oplus e_i)) > (0, 0, \dots, 0)$ для всех единичных векторов $e_i \in B^n$, $i = 1, 2, \dots, n$. Единичный вектор e^i - это вектор, i -ый бит которого равен 1, а остальные биты равны 0.

S-блок $F: B^n \rightarrow B^m$ обладает линейной структурой, если существует $a \in B^n$, $a \neq 0$, такой, что $D_a(F) \equiv const$.

Булева функция $f: B^n \rightarrow B$ называется уравновешенной (равновероятной, сбалансированной), если $|\{x \in B^n | f(x) = 1\}| = |\{x \in B^n | f(x) = 0\}|$, т.е. вес булевой функции $w(f) = 2^{n-1}$. Весом булевой функции $f: B^n \rightarrow B$ называется величина $w(f) = |\{x \in B^n | f(x) = 1\}|$.

S-блок $F: B^n \rightarrow B^m$ называется уравновешенным (сбалансированным), если для любого $y \in B^m$ имеет место равенство $|\{x \in B^n | F(x) = y\}| = 2^{n-m}$.

S-блок $F: B^n \rightarrow B^m$ является уравновешенным (сбалансированным) тогда и только тогда, когда его компонентные функции являются уравновешенными (сбалансированными).

Булева функция $g: B^k \rightarrow B$ называется подфункцией булевой функции $f: B^n \rightarrow B$, $k < n$, если g получена из f подстановкой констант вместо некоторых $n - k$ переменных.

Булева функция $f: B^n \rightarrow B$ называется корреляционно-иммунной порядка k , $0 < k \leq n$, если для любой её подфункции g от $n - k$ переменных имеет место равенство $w(g) = w(f)/2^k$.

Булева функция $f: B^n \rightarrow B$ называется -устойчивой, если она является уравновешенной (сбалансированной) и корреляционно-иммунной порядка k .

S-блок $F: B^n \rightarrow B^m$ называется корреляционно-иммунным порядка k , $0 < k \leq n$, если каждая его компонентная функция является корреляционно-иммунной порядка k .

S-блок $F: B^n \rightarrow B^m$ называется -устойчивым, если он является уравновешенным (сбалансированным) и корреляционно-иммунным порядка k .

Обсуждение. Генерация оптимальных S-блоков является трудоемкой задачей. Существующие методы получения S-блоков можно разделить на три основных направления: алгебраические конструкции, псевдослучайная генерация, эвристический подход.

В первом подходе S-блоки проектируются в соответствии с некоторыми доказанными математическими соотношениями и принципами. Наиболее известными представителями этого подхода являются биективные $(n \times n)$ S-блоки (перестановки), основанные на инверсии в конечном поле $GF(2^n)$. Они являются лучшими S-блоками, найденными и одновременно оптимальными по отношению к большинству желаемых критериев. Например, S-блок в AES является таким S-блоком, который имеет высокую алгебраическую степень - 7, высокую нелинейность - 112, низкую автокорреляцию - 32 и низкую дифференциальную равномерность - 4. А в работе [1] предлагается конструкция на основе дробно-линейного преобразования и функции перестановки. В работе [2] рассматривается метод проектирования S-блоков, основанный на использовании кубических полиномиальных отображений. В работе [3] синтезируются (8×8) S-блоки на основе проективной общей линейной группы $PGL(2, GF(2^8))$ над полем Галуа $GF(2^8)$. Существует множество других алгебраических методов генерации подстановок, например, [4], [5]. Несмотря на то, что такие S-блоки часто предпочтительны из-за их превосходных криптографических свойств, существуют некоторые проблемы, связанные с их простой алгебраической структурой и возможной будущей уязвимостью к алгебраическим атакам. Кроме того, число этих S-блоков невелико, и все они аффинно эквивалентны.

Второй подход состоит в построении S-блоков из таблицы случайных чисел с последующей проверкой его соответствия. Этот подход обречен на провал с самого начала, так как большинство искоемых криптографических критериев часто противоречат друг другу, что значительно уменьшает количество S-блоков, которые хороши по всем критериям, и уменьшает вероятность подбора хорошего S-блоков.

При третьем подходе происходит процесс итеративного улучшения S-блока или целого набора S-блоков по отношению к одному или нескольким свойствам. В отличие от алгебраических конструкций, эвристические методы способны создавать большие наборы S-блоков, поскольку они используют методы прямого поиска. Чаше всего криптографические свойства S-блоков, полученные с помощью эвристических алгоритмов, не так хороши, как у алгебраически построенных S-блоков. Однако в последние годы разница между этими свойствами становится все более неразличимой. Последнее достигается с помощью некоторых специфических эвристических методов, таких как метод поиска восхождением к вершине, метод имитации отжига, генетические алгоритмы или различные их комбинации. Хотя большинство описанных методов дают хорошие результаты для построения биективных S-блоков только по одному из основных критериев, это становится гораздо более сложным, когда одновременно следует рассматривать как нелинейность, так и дифференциальную равномерность. Известен метод генерации высоко нелинейных S-блоков на основе градиентного спуска [6] требует последовательного применения нескольких критериев для каждой сформированной подстановки. В работе [7] представлено усовершенствование этого

метода путем соответствующего выбора порядка применения критериев, что снижает требуемую вычислительную мощность для генерации S-блоков. В работе [8] предлагается эвристический метод генерации больших множеств ($n \times n$) биективных S-блоков, обладающих хорошим сочетанием целевых свойств, таких как высокая нелинейность, высокая алгебраическая степень, низкая дифференциальная однородность и низкая автокорреляция, основанный на использовании специфического искусственного иммунного алгоритма в сочетании с модификацией метода восхождения к вершине для S-блоков. В работе [9] обоснованы перспективы дальнейших исследований с целью совершенствования эвристических методов синтеза случайных S-блоков. А в работе [10] описывается обобщенная методология проектирования и тестирования S-блоков для симметричных шифров. Эта методология включает в себя применение трех хорошо зарекомендовавших себя тестов, которые должны использоваться для проектирования и тестирования каждого S-блока. Исследование также показывает, что по крайней мере некоторые математические методы проектирования S-блоков, будучи безопасными, не более безопасны, чем не математические методы, но более вычислительно интенсивны.

Таким образом актуальным вопросом является анализ существующих критериев для S-блоков и обоснованный выбор необходимого набора критериев для конкретных криптографических алгоритмов или классов криптографических алгоритмов; поиск и разработка теоретически обоснованных эффективных практических методов получения оптимальных S-блоков, обеспечивающих высокие показатели стойкости в симметричных криптографических алгоритмах. Проведенный анализ критериев и методов позволит построить наиболее эффективный алгоритм генерации оптимальных S-блоков.

Источник финансирования. Данная работа выполнена при финансовой поддержке грантового финансирования КН МОН РК, № AP09258274.

REFERENCES

- [1] Nizam Chew L.C., Ismail E.S. S-box Construction Based on Linear Fractional Transformation and Permutation Function. *Symmetry* 2020, 12, 826.
- [2] Zahid A.H., Arshad M.J. An Innovative Design of Substitution-Boxes Using Cubic Polynomial Mapping. *Symmetry* 2019, 11, 437.
- [3] Altaleb A., Saeed M.S., Hussain I., Aslam M. An algorithm for the construction of substitution box for block ciphers based on projective general linear group. *AIP Advances*. 2017, 7, 035116
- [4] Hussain S., Jamal S. S., Shah T., Hussain I. A Power Associative Loop Structure for the Construction of Non-Linear Components of Block Cipher. *IEEE Access*, vol. 8, pp. 123492-123506, 2020
- [5] Gao W., Idrees B., Zafar S., Rashid T. Construction of Nonlinear Component of Block Cipher by Action of Modular Group $PSL(2, Z)$ on Projective Line $PL(GF(28))$. *IEEE Access*, vol. 8, pp. 136736-136749, 2020
- [6] Kazimirov A.V. Metody i sredstva generatsii nelineynykh uzlov zameny dlya simmetrichnykh kriptotalgoritmov. Dissertatsiya na soiskanie uchenoi stepeni kandidata tekhnicheskikh nauk, spetsial'nost' 05.13.21 – sistemy zashchity informatsii. Khar'kovskii natsional'nyi universitet radioelektroniki, Khar'kov, 2013.
- [7] Rodinko M., Oliynykov R., Gorbenko Y. Optimization of the high nonlinear s-boxes generation method. *Tatra Mountains Mathematical Publications*, Mathematical Institute, Slovak Academy of Sciences, Bratislava, 2017, Volume 70: Issue 1, pp. 93-105.
- [8] Ivanov G., Nikolov N., Nikova S. Cryptographically Strong S-Boxes Generated by Modified Immune Algorithm. In: Pasalic E., Knudsen L. (eds) *Cryptography and Information Security in the Balkans*. *BalkanCryptSec 2015. Lecture Notes in Computer Science*, vol 9540. Springer, Cham. 2016, pp 31-42.
- [9] Gorbenko I., Kuznetsov A., Gorbenko Y., Pushkar'ov A., Kotukh Y., Kuznetsova K. Random S-Boxes Generation Methods for Symmetric Cryptography. 2019 IEEE 2nd Ukraine Conference on Electrical and Computer Engineering (UKRCON), Lviv, Ukraine, 2019, pp. 947-950.
- [10] Easttom C. A generalized methodology for designing non-linear elements in symmetric cryptographic primitives. 2018 IEEE 8th Annual Computing and Communication Workshop and Conference (CCWC), Las Vegas, NV, 2018, pp. 444-449.

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

S-БЛОКТАРДЫҢ КРИПТОГРАФИЯЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІ ТУРАЛЫ

Андатпа. Мақала S-блоктардың криптографиялық қасиеттерін зерттеуге арналған. S-блок - кірісте n бит қабылдайтын, оларды белгілі бір алгоритм бойынша түрлендіретін және шығуда m бит қайтаратын функция. n және m міндетті түрде тең емес. S-блоктар қазіргі заманғы криптографиялық алгоритмдердің негізгі компоненттерінің бірі болып табылады, олардың сызықты емес екендігін анықтайды. Криптографиялық алгоритмдерді әртүрлі шабуылдардан қорғау үшін S-блоктар бірқатар өлшемдерге сәйкес келуі керек. Бұл жұмыстың мақсаты S-блоктардың қолданыстағы криптографиялық қасиеттерін зерттеу болып табылады, бұл S-блоктарды қанағаттандыратын және оңтайлы S-блоктардың критерийлерінің жиынтығын негізделген таңдауды қажет ететін қолданыстағы критерийлерді одан әрі талдауға мүмкіндік береді. Бұл мақалада оптималдылық критерийлерін қалыптастыруда маңызды S-блоктарының негізгі қасиеттеріне шолу жасалады. Дифференциалдық біркелкілік, айырмашылықтардың таралу кестесі, сызықтық емес, сызықтық таралу кестесі, алгебралық дәреже, алгебралық иммундылық, алгебралық күрделілік, көшкін эффектісі, қатаң көшкін эффектісі, қатаң көшкін эффектіне дейінгі қашықтық, толықтығы, сызықтық құрылымдар, тепе-теңдік, корреляциялық иммундылық, биттердің тәуелсіздігі критерийі, таралу критерийі, период, бекітілген нүктелер саны және қарама-қарсы бекітілген нүктелер, циклдар, инверсиялар, өсу, бумеранг байланысы кестесі, бумеранг айырмашылығы кестесі. Қажетті оңтайлы сипаттамалары бар S-блоктарын құрудың қолданыстағы әдістері де қарастырылады.

Негізгі сөздер: криптографиялық алгоритм, S-блок, қасиеттер, оптималдылық критерийлері.

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 CRYPTOGRAPHIC PROPERTIES OF S-BOXES

Abstract. The article is devoted to the study of cryptographic properties of S-boxes. S-box is a function that accepts n bits at the input, converts them according to a certain algorithm and returns m bits at the output. n and m are not necessarily equal. S-boxes are one of the main components of modern cryptographic algorithms that determine their nonlinearity. To protect cryptographic algorithms from various types of attacks, S-boxes must meet a number of criteria. The purpose of this work is to study the existing cryptographic properties of S-boxes, which will allow us to further analyze the existing criteria that S-boxes must meet and make a reasonable choice of a set of criteria for optimal S-boxes. This article provides an overview of the main properties of S-boxes that are important in the formation of optimality criteria. Differential uniformity, difference distribution table, nonlinearity, linear distribution table, algebraic degree, algebraic immunity, algebraic complexity, avalanche effect, strict avalanche effect, distance to strictly avalanche effect, completeness, linear structures, balancedness, correlation immunity, bit independence criterion, propagation criterion, period, number of fixed points and opposite fixed points, cycles, inversions, increases, boomerang connection table, boomerang difference table are considered. The existing methods of generating S-boxes with the necessary optimal characteristics are also considered.

Keywords: cryptographic algorithm, S-box, properties, optimality criteria.

¹Е.Н. Амиргалиев, ²И.Н. Букенова*

¹Международный университет информационных технологий, Алматы, Казахстан

²Алматинский технологический университет, Алматы, Казахстан

*e-mail: ibukenowa@mail.ru

АНАЛИЗ ПСИХОЭМОЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ЧЕЛОВЕКА ПО ВИДЕО

Аннотация. Распознавание действий наблюдаемого по видео, психологическое и эмоциональное состояния, в том числе студентов и школьников, - сложная и актуальная задача, имеющая социальную значимость. Темпы технологического развития и растущий интерес экспертов в стране и за рубежом показывают, что автоматизация определения психоэмоциональных реакций является практической и популярной областью исследований. В этой статье описаны различные методы по этой теме, кратко описаны и проанализированы современные системы, распознающие эмоциональное поведение человека. Проанализированы существующие методы распознавания человеческого поведения, эмоциональный искусственный интеллект, который позволяет компьютерам распознавать и интерпретировать человеческие эмоции и реагировать на них. Камера считывает состояние человека, а нейронная сеть обрабатывает данные для определения эмоций. Кроме того, включены недавние исследовательские статьи, опубликованные в течение 2019 и 2020 годов, чтобы представить последние достижения в этой области.

Ключевые слова: Компьютерное зрение, обработка изображения, кластерный анализ, обработка сигналов, нейросеть, фильтрация.

Введение. Важнейшей частью исследования в области взаимодействия человека и компьютера являются работы, направленные на распознавание психоэмоционального состояния человека. Поэтому, поскольку спрос на взаимодействие человека с компьютером продолжает расти, методы, которые автоматически распознают человеческие эмоции, будут привлекать все больше и больше исследователей и разработчиков. Решение этой задачи имеет большое научное значение для всех сфер фундаментальных исследований человека и информационных технологий. В последние годы явно усилился интерес к анализу видеонаблюдения с применением технологии искусственного интеллекта, рассматриваемого в качестве наиболее удобного объективного способа выявления эмоций, эмоционального состояния человека. Прежде всего, контролируйте эмоции ребенка каждую секунду обучения. Распознавание поведения человека и обобщение образа-сложные задачи компьютерного зрения.

В школе происходят трагедии, поэтому для выявления эмоций в школе нужно использовать технологию видеонаблюдения. Чтобы выявить молодых людей, которые могут представлять потенциальную опасность, мало их поймать, когда они используют оружие в школе в критической ситуации. Таким образом нельзя избежать возможного вреда. Поэтому чтобы повлиять на молодых людей и предотвратить эту критическую ситуацию, необходимо их определить заранее. Для этого устанавливают умное видеонаблюдение, где нейросеть следит. Сейчас это очень популярно: создаются специальные компьютерные программы, которые обладают способностью к обучению и восприятию определенных знаний. Смысл такой системы именно в том, чтобы сделать системный постоянный мониторинг большого количества людей, давая ценную информацию педагогам и психологам школы, сфокусировать их в направлении наибольшего риска.

Эмоции играют важную роль в жизни человека. Анализ психоэмоционального состояния человека позволяет отслеживать изменения в поведении людей и их отношении к событиям. Эмоции влияют на когнитивные процессы и принятие решений. Поэтому необходимость определения эмоциональных реакций становится к событиям. Эмоции влияют на когнитивные процессы и принятие решений. Поэтому необходимость определения эмоциональных реакций становится все более важной.

Чтобы обучить нейросеть, собирают выборку данных, вручную размечают изменение эмоционального состояния человека. Программа изучает шаблоны и понимает, какие признаки к какой эмоции относятся.

Имеется база данных изображений. Такими изображениями могут быть лица людей, образы, различное эмоциональное состояние, различные объекты трехмерного мира. Ставится задача поиска нужного изображения в базе данных. Причем задача может формулироваться как для поиска точного изображения, так и максимально приближенного к заданному. Важной задачей является подбор методов и алгоритмов обработки изображений, которые могут дать качественное решение задачи. Технологии обработки в этом случае зависят от многих параметров: объема базы данных, размеров на изображении, качества изображений, параметров яркости и контрастности изображений, наличия фона, ракурсы расположения объектов [1].

Проблема агрессивности, в том числе детской, давно привлекает внимание психологов. Одна из наиболее давних психологических теорий агрессивности – психоаналитическая – объясняет агрессию как один из видов природных инстинктов у человека, который в ходе социализации находит приемлемые в обществе каналы для выхода и способы выражения. В этом случае повышенная агрессивность ребенка объясняется недостаточной силой "Я", которое управляет поведением, а также недостаточным развитием психологических механизмов использования агрессивной энергии "в мирных целях". Усиливает агрессивность ребенка усвоенное им знание о себе как "неуправляемом", "зловом", "драчуне" и т. д. До сих пор психоаналитическая трактовка агрессивности остается одной из самых популярных.

Если мы видим в отчете видеонаблюдения, что у ребенка систематически наблюдается «агрессия» каждый день в течение недели, то мы знаем, что подросток находится в опасности. А завтра или послезавтра могут произойти какие-то небольшие инциденты, которые станут последней каплей, заставляющей разум взорваться и выйти из стабильного состояния. Внешний мир агрессии и печали, как правило, раскрывается после того, как событие произошло: попытка или самоубийство. Даже родители могут упустить эту ситуацию, не заметив, что с ребенком что-то происходит.

Цель данной работы заключается в обзоре методов и анализе психоэмоционального состояния наблюдаемых на основе бесконтактного видео наблюдения.

Методы классификации эмоций. Другим направлением, связанным с компьютерным зрением, является обработка сигнала. Многие методы обработки одномерных сигналов, обычно временных сигналов, могут быть естественным образом расширены для обработки двумерных или многомерных сигналов в компьютерном зрении. Однако из-за особого характера изображений существует множество методов, разработанных в области компьютерного зрения, не имеющих аналогов в области обработки одномерных сигналов. Отличительной особенностью этих методов является их нелинейность, которая вместе с многомерностью сигнала образует соответствующую подобласть в части обработки сигнала компьютерного зрения.

Система оценки человеческого риска предназначена для регистрации, анализа и изучения психоэмоционального состояния человека и оценки его потенциального уровня опасности. Человек обладает определенным диапазоном вибраций в своем теле, и форма этого спектра является одним из признаков психоэмоционального состояния или информации о возникновении эмоционального напряжения в другом канале информации.

Из статьи [2] "Обзор методов оценки психоэмоционального состояния человека" мы узнали, что одним из объективных методов разработанных учеными, в Санкт-Петербурге является система, предназначенная для регистрации, анализа и исследования психоэмоционального состояния человека, количественного определения уровней эмоций, детекции лжи, психофизиологической диагностики и дистанционного выявления потенциально опасных людей (Нгуен Д.К., & Южаков М. М., 2015). Система по мнен

потенциально опасных людей (Нгуен Д.К., & Южаков М. М., 2015). Система по мнению Нгуен Д.К., & Южаков М. М позволяет визуально и автоматически оценивать психофизиологическое состояние человека на основе вестибулярно-эмоционального рефлекса, с помощью программной визуализации. Ввод изображения объекта осуществляется с любого источника видео, например, цифровой телевизионной камеры, а программное обеспечение обрабатывает полученную информацию и предоставляет интерфейс для сохранения полученных результатов. Система Vibra Image производит автоматический мониторинг уровня эмоции, таких как стресс, агрессия, тревожность и другие, а также осуществляет детекцию лжи в режиме реального времени [3]. В данной статье приведен понятие психоэмоциональное состояние и его влияние на здоровье и деятельность человека. Представлен обзор методов и приборы, применяемые для оценки психоэмоционального состояния человека. Исследованы методы, используемые в лаборатории № 63 Института Неразрушающего Контроля Томского Политехнического Университета. В статье акцентируется внимание на применение более чувствительных электродов - наносенсоров для более точной оценки психоэмоционального состояния человека.

В [1] системы, определяющие эмоциональные реакции разбиты на группы по типу определения эмоциональных реакций: по физиологическим показателям; по мимике; по телодвижениям (пантомимика); по голосу.

В статье [3] авторы сосредоточились на методах суммирования видео, которые создают коллекцию коротких видеоклипов из длинной видеопоследовательности. В этой статье они представляют новый подход к обобщению видео, который работает непосредственно в сжатой области. Он основан на использовании визуальных функций, извлеченных из видеопотока, и на простом и быстром алгоритме суммирования видеоконтента. Предложенный метод был разработан для обработки видеопоследовательности и последовательного формирования выходного резюме.

Для выявления эмоциональных телодвижений необходима система распознавания действий человека.

Так в статье [4] авторы сосредоточены на создании эффективной системы распознавания действий человека путем извлечения дискриминационных патчей из обучающих видеороликов. Эти патчи являются наиболее репрезентативными частями, которые могут описать действие.

В статье [5] авторы представляют концептуальную модель движений человека, с помощью которой предлагается новый подход к признанию деятельности, связанной с движением человека. Путем глубокого анализа общего понимания движений предлагается концептуальная модель движения и авторы предлагают метод DFSA.

В статье [6] предлагается подход к обобщению видео, основанный на распознавании действий, когда действия человеческого тела сначала обнаруживаются и идентифицируются. Обнаруживая и распознавая многие действия человеческого тела предлагаемый авторами метод обеспечивает возможность также суммировать эти обнаруженные действия человека. Предлагаемый метод состоит в обнаружении, распознавании и обобщении нескольких действий, совершенных многими людьми в одном и том же видео. Предлагаемый метод позволяет обнаруживать и распознавать многие действия человеческого тела. Для этого предлагаются два метода: первый использует косинусную меру сходства HOG карты временной разницы (TDMap), а второй - классификацию действий CNN из изображений TDMap.

JIN CB и др [11] в своей статье представили дескриптор под-действия для детального обнаружения действия. Дескриптор вспомогательного действия состоит из трех уровней: позы, передвижения и уровня жеста. Три уровня дают три категории под-действий для одного действия, направленного на решение проблемы репрезентации. Предлагаемая модель обнаружения действий одновременно локализует и распознает действия нескольких людей

при видеонаблюдении с использованием временных функций на основе внешнего вида с несколькими CNN.

В другой работе AKULA A и др [12] демонстрируется использование ИК-камер в области AAL и обсуждается их эффективность в распознавании действий человека (HAR). Особое внимание обращается на одно из самых ответственных действий - падение. В работе был сгенерирован набор данных ИК-изображений, состоящий из 6 классов действий - ходьба, стояние, сидение на стуле, сидение на стуле со столом впереди, упал на стол впереди и упал / лежал на земле. Чтобы добиться надежного распознавания действий, авторы разработали контролируемую архитектуру сверточной нейронной сети (CNN).

Система контроля психоэмоционального состояния человека (VibraImage) предназначена для выявления агрессивных и потенциально опасных людей, с помощью бесконтактного дистанционного сканирования с целью обеспечения безопасности в аэропортах и других охраняемых объектах [1]. Система позволяет автоматически вычислять и визуально оценивать психоэмоциональное состояние человека с помощью программной обработки телевизионного сигнала и его преобразования в виброизображение. Психоэмоциональное состояние человека характеризуется на основе запатентованных алгоритмов анализа вестибулярно-эмоционального рефлекса и макродвижений. Проект Natal от компании Microsoft. Программное обеспечение осуществляет полное 3-мерное распознавание движений тела, мимики лица и голоса. Natal способен распознавать эмоции по голосу и лицу.

В статье Kamiński Ł, Maćkowiak S, Domański M (2017) [7], представлен новый метод распознавания человеческой деятельности. Предлагаемое решение использует одну стационарную камеру для обнаружения обычных человеческих действий, таких как: размахивание руками, ходьба, бег и т. Д. В отличие от других методов, которые используют различные типы дескрипторов характеристических точек для описания человеческих поз, предлагаемое решение использует дескриптор CDVS который является частью стандарта MPEG-7. Это позволяет эффективно вычислять компактный дескриптор в камере.

Результаты и анализ. Если рассмотреть обнаружение и распознавание множественных действий человека с помощью этих вышеописанных методов, то можно сравнить полученные результаты степени точности для этих методов. В данном случае я взяла для сравнения методы описанные в [4,8,9,12].

Степень точности для современных методов, связанных с распознаванием нескольких действий человека, которые используют одну и ту же категорию представленных наборов данных показано в таблице 1.

Таблица 1. **Общая точность распознавания современных методов**

Методы	Точность %
Jin CB и др. 2017 [11]	83. 5% ICVL
Akula A и др. 2018 [12]	87,44% (инфракрасное видео)
CS-HOG-TDКарта [10]	92,5%
DT + BoVW [[8]]	85,4%
плотные траектории [[9]]	84,2 %
3D-патчи [4]	85,6%

Метод DFSA [5] работает лучше, чем традиционные методы, такие как C4.5, SVM, BP, и достиг общей истинной скорости классификации $96,4\% \pm 0,025$. Скорость распознавания метода [6] до 90%

Заключение. В описываемой работе я провела краткий анализ существующих методов распознавания действий человека, распознавания образов. Искусственный интеллект и ҚазҰТЗУ хабаршысы №4 2021

некоторые смежные области, такие как анализ сцены и машинное зрение, все еще находятся на начальных стадиях развития. Однако, описанные подходы действительно очень разнообразны и с помощью большинства методов можно решить практически любую задачу распознавания образов. Жизнь быстро информатизируется, и внедрение системы, которая отслеживает психоэмоциональное состояние по видеоряду, передаваемому по сетям 3G или через Интернет, позволит внедрять системы, которые могут контролировать жизнь общества, выявляя агрессию, гнев, депрессивные состояния.

Таким образом, существующие методики распознавания образов способны решать широкий круг задач, и в зависимости от ограничивающих факторов (бюджета разработки, скорости и точности распознавания образа) можно найти метод подходящий для используемого языка программирования.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Орлова, Ю.А. (2011). Обзор современных автоматизированных систем распознавания эмоциональных реакций человека. Волгоград, Россия: ВолГТУ.
- [2] Нгуен Д.К., & Южаков М. М. (2015). Обзор методов оценки психоэмоционального состояния человека. Томск: VI Научно-практическая конференция.
- [3] Almeida J, Leite NJ, Torres R. d. S. (2013) Online video summarization on compressed domain. J Vis Commun Imag Represent 24(6):729–738
- [4] El-Masry M, Fakhr MW, Salem M. A. -M. Action recognition by discriminative EdgeBoxes. In: 2018 IEEE Conference on Multimedia Information Processing and Retrieval (MIPR). IEEE, pp. 443–452
- [5] Xu C, He J, Zhang X (2017) DFSA: A classification capability quantification method for human action recognition. In: 2017 IEEE SmartWorld, Ubiquitous Intelligence & Computing, Advanced & Trusted Computed, Scalable Computing & Communications, Cloud & Big Data Computing, Internet of People and Smart City Innovation, SmartWorld/SCALCOM/UIC/ATC/CBDCom/IOP/SCI). IEEE
- [6] Qazi HA, et al. (2017) Human action recognition using SIFT and HOG method. In: 2017 International Conference on Information and Communication Technologies (ICICT). IEEE
- [7] Kamiński Ł, Maćkowiak S, Domański M (2017) Human activity recognition using standard descriptors of MPEG CDVS. In: 2017 IEEE International Conference on Multimedia & Expo Workshops (ICMEW). IEEE
- [8] Wang, H., Klaser, A., Schmid, K., et al : "Dense trajectories and boundary motion descriptors for action recognition", Int. J. Comput. Vis. , 2013 , 103 , (1), pp. 60-79 Crossref Web of Science®
- [9] Wang, H., Kläser, A., Schmid, C., et al: ' Action recognition by dense trajectories'. 2011 IEEE Conf. Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 2011, pp. 3169– 3176
- [10] El-Henawy I, Ahmed K, Mahmoud H (2018) Action recognition using fast HOG3D of integral videos and Smith–Waterman partial matching. IET Imag Process 12(6):896–908
- [11] JIN C-B, Shengzhe LI, Hakil et KIM (2017) Real-Time Action Detection in Video Surveillance using Sub-Action Descriptor with Multi-CNN. arXiv:1710.03383
- [12] AKULA A, SHAH AxK, et GHOSH R (2018) Deep learning approach for human action recognition in infrared images. Cogn Syst Res 50:146–154.

REFERENCES

- [1] Orlova, Yu.A. (2011). Obzor sovremennykh avtomatizirovannykh sistem raspoznavaniya e`mocional`nykh reakcij cheloveka. Volgograd, Rossiya: VolgGTU.
- [2] Nguen D.K., & Yuzhakov M. M. (2015). Obzor metodov ocenki psikhoe`mocional`nogo sostoyaniya cheloveka. Tomsk: VI Nauchno-prakticheskaya konferenciya.
- [3] Almeida J, Leite NJ, Torres R. d. S. (2013) Online video summarization on compressed domain. J Vis Commun Imag Represent 24(6):729–738
- [4] El-Masry M, Fakhr MW, Salem M. A. -M. Action recognition by discriminative EdgeBoxes. In: 2018 IEEE Conference on Multimedia Information Processing and Retrieval (MIPR). IEEE, pp. 443–452
- [5] Xu C, He J, Zhang X (2017) DFSA: A classification capability quantification method for human action recognition. In: 2017 IEEE SmartWorld, Ubiquitous Intelligence & Computing, Advanced & Trusted Computed, Scalable Computing & Communications, Cloud & Big Data Computing, Internet of People and Smart City Innovation, SmartWorld/SCALCOM/UIC/ATC/CBDCom/IOP/SCI). IEEE

- [6] Qazi HA, et al. (2017) Human action recognition using SIFT and HOG method. In: 2017 International Conference on Information and Communication Technologies (ICICT). IEEE
- [7] Kamiński Ł, Maćkowiak S, Domański M (2017) Human activity recognition using standard descriptors of MPEG CDVS. In: 2017 IEEE International Conference on Multimedia & Expo Workshops (ICMEW). IEEE
- [8] Wang, H., Klaser, A., Schmid, K., et al : "Dense trajectories and boundary motion descriptors for action recognition", Int. J. Comput. Vis. , 2013 , 103 , (1), pp. 60-79 Crossref Web of Science®
- [9] Wang, H., Kläser, A., Schmid, C., et al: ' Action recognition by dense trajectories'. 2011 IEEE Conf. Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 2011, pp. 3169– 3176
- [10] El-Henawy I, Ahmed K, Mahmoud H (2018) Action recognition using fast HOG3D of integral videos and Smith–Waterman partial matching. IET Imag Process 12(6):896–908
- [11] JIN C-B, Shengzhe LI, Hakil et KIM (2017) Real-Time Action Detection in Video Surveillance using Sub-Action Descriptor with Multi-CNN. arXiv:1710.03383
- [12] AKULA A, SHAH AxK, et GHOSH R (2018) Deep learning approach for human action recognition in infrared images. Cogn Syst Res 50:146–154

¹Е.Н. Амиргалиев, ²И.Н. Буkenова*

¹Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті, Алматы, Қазақстан

²Алматы технологиялық университеті, Алматы, Қазақстан

*e-mail: ibukenowa@mail.ru

БЕЙНЕ АРҚЫЛЫ АДАМНЫҢ ПСИХОЭМОЦИОНАЛДЫ ЖАҒДАЙЫН ТАЛДАУ

Андатпа. Қазіргі уақытта видеодан байқалатын психологиялық және эмоционалдық жай - күйді, оның ішінде студенттер мен оқушылардың іс-әрекетін тану-әлеуметтік маңызы бар күрделі және өзекті міндет. Технологиялық даму қарқыны, шетелдік және отандық мамандардың өсіп келе жатқан қызығушылығы психоэмоционалды реакцияларды анықтауды автоматтандыру практикалық және танымал зерттеу саласы болып табылады. Бұл мақалада осы тақырыптағы әртүрлі әдістер сипатталған, адамның эмоционалды мінез-құлқын танитын заманауи жүйелер қысқаша сипатталған және талданған. Компьютерлерге адамның эмоциясын тануға және түсіндіруге және оларға жауап беруге мүмкіндік беретін адамның мінез-құлқын, эмоционалды жасанды интеллектін танудың қолданыстағы әдістері талданады. Камера адамның жағдайын оқиды, ал нейрондық желі эмоцияны анықтау үшін деректерді өңдейді. Сонымен қатар, осы саладағы соңғы жетістіктерді ұсыну үшін 2019 және 2020 жылдары жарияланған соңғы зерттеу мақалалары бар.

Негізгі сөздер: Компьютерлік көру, суретті өңдеу, кластерлік талдау, сигналдарды өңдеу, нейрондық желі, сүзгілеу.

¹Y.N. Amirgaliyev, ²I.N. Bukenova*

¹International Information Technology University, Almaty, Kazakhstan

²Almaty Technological University, Kazakhstan, Almaty, Kazakhstan

*e-mail: ibukenowa@mail.ru

ANALYSIS OF THE PSYCHOEMOTIONAL STATE OF A PERSON BY VIDEO

Abstract. Recognizing a person's actions based on video, as well as their psychological and emotional state, including students, is a complex and urgent task that has social significance. The pace of technological development and the growing interest of experts at home and abroad show that the automation of determining psychoemotional reactions is a practical and popular area of research. This article describes various methods on this topic, briefly describes and analyzes modern systems that recognize human emotional behavior. The existing methods of recognizing human behavior, emotional artificial intelligence, which allows computers to recognize and interpret human emotions and respond to them, are analyzed. The camera reads the person's state, and the neural network processes the data to determine emotions. In addition, recent research papers published during 2019 and 2020 are included to present the latest advances in this field.

Keywords: Computer vision, image processing, cluster analysis, signal processing, neural network, filtering.

К.К. Диханбаев*, А.Б. Бекежанова, С.Б. Икрамова, Б.А. Ханиев, И.С. Тлеубаева

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

*e-mail: dkadyrjan@mail.ru

ОПТОЭЛЕКТРОННЫЕ И НАНОРАЗМЕРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ НАНОСТРУКТУРИРОВАННОГО ПОРИСТОГО КРЕМНИЯ

Аннотация. В данной работе рассматриваются оптоэлектронные свойства пористого наноструктурированного кремния, полученного методом электрохимического травления. Было отмечено, что концентрация электролита влияет на глубину пористости, а плотность тока анодирования влияет на плотность и размер кристаллитов, также на спектры фотолюминесценции. Результаты Рамановского измерения показали, низкочастотный сдвиг волнового числа на линии 504 см^{-1} , что изменяет разность частот $\Delta\omega$ до 16 см^{-1} единиц волнового числа, при этом диаметр поперечного сечения нанокристаллитов распределяется от 2,3 нм до 4,3 нм.

Ключевые слова: кремний, пористый кремний, наноструктуры, плотность тока анодизации, фотолюминесценция, сдвиг Рамановского спектра, коэффициент пропускания света.

Введение. В последнее время пристальное внимание ученых уделяется различным электрическим и оптическим свойствам структур пористого кремния, и на их основе формированию нано и оптоэлектронных устройств. Большой интерес представляют собой антиотражающие свойства слоев пористых материалов [1,2], а также процесс оптического поглощения света и пассивации наноструктурированных пористых структур [3].

Анализ этих внутренних квантовых эффектов производился с целью изучения фотолюминесцентных свойств света и пассивирующей способности поверхности пористого кремния. Рост фотопроводимости пористого кремния, полученного электрохимическим травлением продемонстрирован увеличением удельного сопротивления исходного кристаллического кремния и падением скорости поверхностной рекомбинации [4]. Эти результаты были определены в ходе эксперимента.

В [1,3,5] работах сообщалось, что пористый кремний является технологией с очень высоким потенциалом для фотоэлектрических систем. В то же время пористый кремний имеет наибольший удельный объем поверхности, а это значит, что область поглощения света очень широкая. Было обнаружено, что поглощение коротковолновых фотонов увеличивается, поскольку размер кристаллита находится в диапазоне от 2 нм до 10 нм. Таким образом, использование пористого кремния развивается в трех основных направлениях, первое из которых - эмиссионные диоды [6], второе – фотоэлектрические [5,6] и третье - конструкция сенсорных датчиков [7].

Основной целью этой работы было получение структуры нанопористого кремниевых материала и экспериментальное определение размера нанокристаллов с помощью их Рамановских спектров для исследования важных оптоэлектронных свойств нанопористых структур. Было показано, что в основе методов формирования нанокристаллических кремниевых матриц различных размеров лежит теория квантово-размерных ограничений [8].

Методы. В качестве электролита травления была использована смесь растворов $\text{HF}:\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}_2$ (этоксизтанол) в соотношении 1:1,5 и плотность тока анодирования составляет $5\text{--}10\text{ мА/см}^2$ в течение 20-30 минут. Для сравнительного анализа выбраны три образца ПК и размер сфокусированной области составил (по осям x, y) - 50 мкм^2 . На основе трехмерного изображения можно определить размеры между самой низкой и самой высокой точками, образовавшимися при образовании пор, и можно сравнить плотность распределения и размеры нанокристаллов. Расстояние между точками максимума и минимума, образованными в процессе пористости, составляет 287 нм. Для измерения морфологии наноструктур кремния

использован АСМ (атомно-силовой микроскоп) типа Nanoeducator-2. На рисунке 1 показана наноструктура пористого кремния.

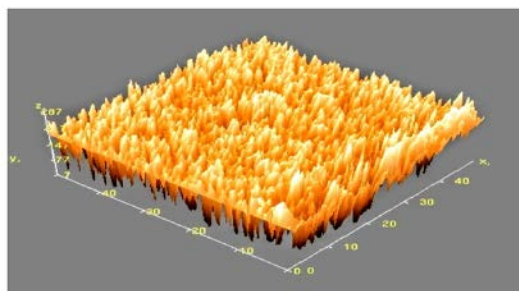


Рисунок 1. Наноструктуры пористого кремния, измеренного в АСМ

Здесь концентрация электролита влияет на глубину пористости, а плотность тока анодирования влияет на плотность и размер кристаллитов, а также на количество пор. Используя этот электролит, можно получить явление фотолюминесценции от пористой кремниевой наноструктуры, а высокая пористость структуры эффективно уменьшает отражение света и может использоваться в качестве антиотражающего покрытия в солнечных элементах [9].

Одним из следующих важнейших оптических свойств пористого кремния является формирование его спектров фотолюминесценции. На рисунке 2 представлены спектры фотолюминесценции (ФЛ) кремния и нанопористых кремниевых структур. Спектр ФЛ были измерены в диапазоне длин волн 350-870 нм с помощью монохроматора и лазерных устройств ИЛГИ-21 с ультрафиолетовым излучением длиной волны 337 нм.

Общеизвестно, что фотолюминесценция (ФЛ) у кристаллического кремния отсутствует в видимой области, вследствие непрямозонности кристаллического кремния, однако в работах [10] отмечают, что его наименьший спектр ФЛ все-же имеется в инфракрасном диапазоне около 1,1 мкм (Рисунок 2). Показано, что в результате формирования наноструктур на поверхности кремния этот наименьший спектр ФЛ смещается в видимую и коротковолновую область, с широким пиком ФЛ на линиях 520 нм и 660 нм. В результате применения модифицированного электролита HF: этоксиэтанол интенсивность ФЛ растет с увеличением плотности тока анодизации.

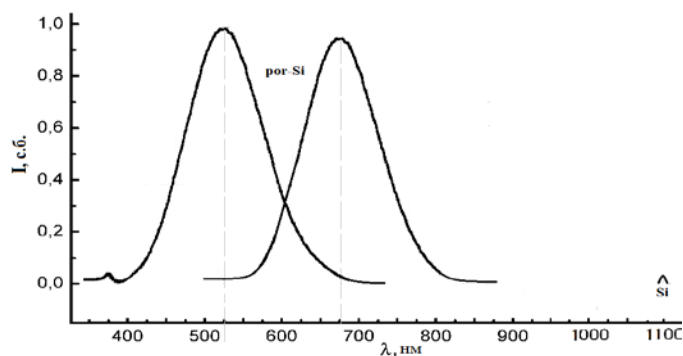


Рисунок 2. Спектр фотолюминесценции наноструктур

В следующем эксперименте были выявлены некоторые особенности результатов исследования, проведенного путем регистрации спектров комбинационного рассеяния и размеры нанокристаллов, которые определены путем равномерного деления низкочастотного сдвига Рамановского спектра. Измерение Рамановского спектра проводилось на установке

«NTegra Spectra» диапазоном волнового вектора от 100 см^{-1} до 1000 см^{-1} . На рисунке 2 показан Рамановский спектр монокристаллического кремния. Известно, что для кремния этот спектр равен волновому числу 520 см^{-1} , а полуширина зазора равна $1\text{-}35\text{ см}^{-1}$.

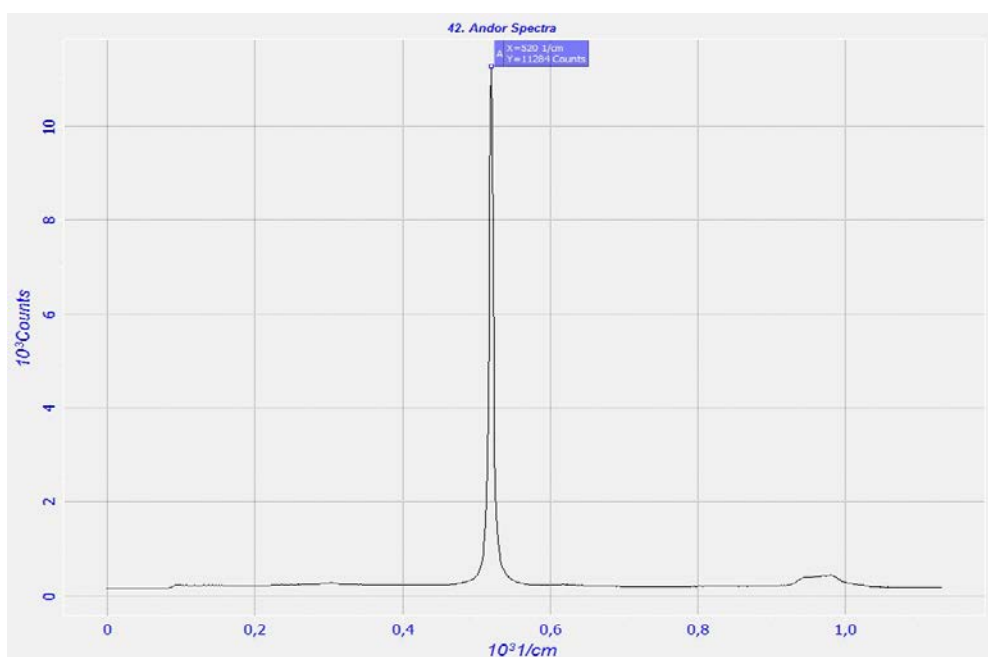


Рисунок 3. Рамановский спектр кристаллического кремния

Для пористого кремния (рисунок 4) левый край амплитудной щели Рамановского спектра определяется сдвигом в низкочастотный диапазон, отрезок волнового числа составляет $500\text{-}525\text{ см}^{-1}$, а полуширина порядка $4,5\text{-}6,0\text{ см}^{-1}$.

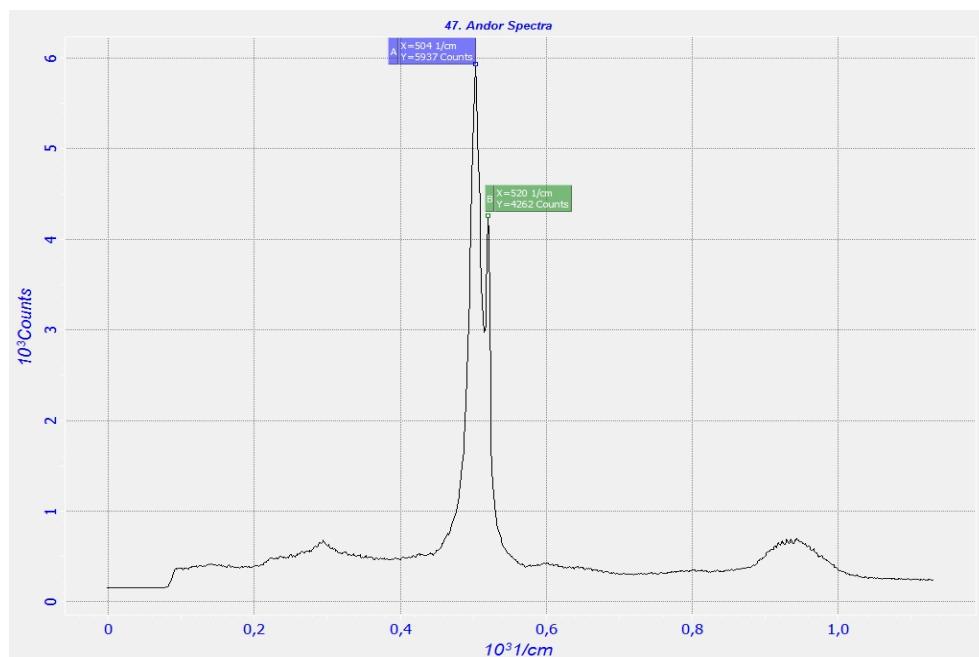


Рисунок 4. Рамановский спектр образца пористого кремния, полученного при 10 мА/см^2 - 15 мин в электролите $\text{HF: C}_4\text{H}_{10}\text{O}_2$ - 1: 1

Мы нашли размер нанокристаллитов для каждого волнового числа, полученного по низкочастотному сдвигу спектра от 504 см⁻¹ до 515,2 см⁻¹, затем равномерно распределены по волновому числу. На нижнем рисунке 5 были определены размеры кристаллитов, используя уравнение Кордона. Уравнение Кордона определяется по следующему эмпирическому соотношению:

$$d = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{224}{\Delta\omega}} / 10, \text{ нм}$$

где, $\Delta\omega$ – низкочастотный сдвиг спектра, 224 см⁻¹ – постоянное Кардона.

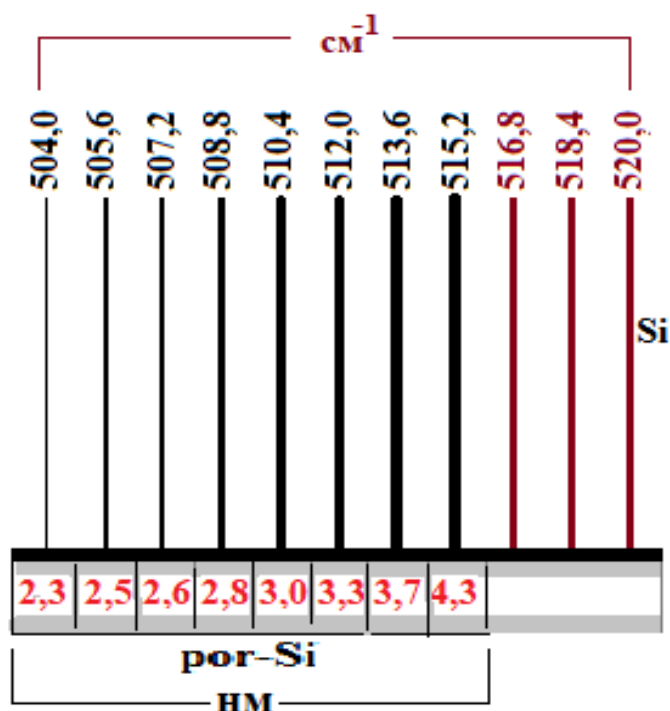


Рисунок 5. Размеры распределенных нанокристаллитов

Таким образом, мы определили размеры распределенных нанокристаллов в этих интервалах в результате низкочастотного сдвига Рамановского спектра. Мы обнаружили, что полученная матрица из пористого кремния имеет следующий набор нанокристаллов: 2,3 нм; 2,5 нм; 2,6 нм; 2,8 нм; 3,0 нм; 3,3 нм; 3,7 нм; 4,3 нм.

Были измерены спектры пропускания света пористого кремния, полученных из кристаллического кремния разной концентрации носителей заряда. На рисунке 7 ниже показана эта зависимость. Спектр светопропускания пористого кремния измерены с помощью установки Lambda-35 в диапазоне длин волн от 500 нм до 1100 нм. В эксперименте мы использовали две разные подложки кремния для формирования пористой кремниевой структуры, одна из которых представляла собой легированный атом бора с концентрацией р-типа 10¹⁵ см⁻³, а другая - высоколегированный монокристалл кремния р⁺-типа с концентрацией 10¹⁹ см⁻³.

Для измерения спектров пропускания, пористый слой был отделен от подложки кремния, методом приложения высокого тока (и напряжения) порядка 600 мА/см², (90 В) в процессе проведения электрохимического травления, в течение 2-3 секунд. Отделенные пленки пористого кремния тщательно промывались в деионизованной воде и просушивались.

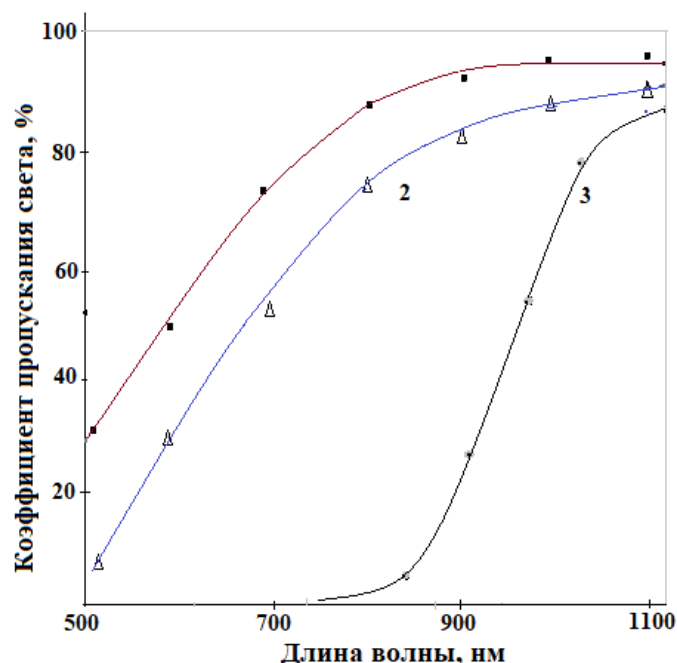


Рисунок 6. Спектр пропускания света для образцов пористого кремния с разной концентрацией носителей исходного кремния: 1-слабо легированный p-Si, 2- сильнолегированный p-Si, 3- кристаллический кремний

На рисунке 6 показано, что для пористого кремния, полученного из кремния с низкой концентрацией 1 (невырожденный полупроводник), пропускание света составляет 90-92% на длине волны от 800 до 1100 нм, кривая 2 – пористого кремния, полученного из высоколегированного кремния (вырожденный полупроводник) для него коэффициент пропускания составляет около 83-85% на длине волны 880-1100 нм, для кристаллического кремния пропускания около 40% на длинноволновой области спектра в диапазоне волн 920-1100 нм. Следовательно, с увеличением удельного сопротивления исходного кремния спектр пропускания пористого кремния увеличивается.

Таким образом, мы показали, что светопропускающие свойства пористого кремния зависят от концентрации примесей или от удельного сопротивления исходной кремниевой подложки. Тем самым, оптическое свойство пористого кремния является одним из наиболее важных характеристик при формировании светопропускающих матриц или при разработке антиотражающего покрытия для солнечных элементов.

Выводы. Фотолюминесценция спектра пористого кремния после травления в модифицированном электролите показал, что при высоких плотностях тока анодизации ($30-50 \text{ mA/cm}^2$) пик ФЛ смещается в коротковолновой части длин волн порядка 500-520 нм, при низкой плотности тока ($1,0-10 \text{ mA/cm}^2$) пик ФЛ смещается в видимую область спектра порядка 670-700 нм. По результатам всех образцов мы обнаружили, что спектр фотолюминесценции сосредоточен в диапазоне длин волн 350-850 нм. Было замечено, что концентрация HF по-разному влияет на интенсивность фотолюминесценции, а плотность тока анодирования влияет на длину волны.

Основываясь на результатах трех измерении пористого кремния наблюдаются сдвиг Рамановского спектра в сторону низкочастотный сдвиг волнового числа на линии 504 cm^{-1} , что изменяет разность частот $\Delta\omega$ до 16 cm^{-1} единиц волнового числа. После равномерного распределение разность сдвига Рамановского рассеяние и применение формулу Кордона обнаружили, что диаметр поперечного сечения нанокристаллитов распределяется от 2,3 нм до 4,3 нм.

Исследование спектров пропускания пористых слоев показал, что пористый кремний полученного из кремния с низкой концентрацией (невырожденный полупроводник), пропускание света составляет 90-92% на длине волны от 800 до 1100 нм, пористый кремний, полученного из высоколегированного кремния (вырожденный полупроводник) для него коэффициент пропускания составляет около 83-85% на длине волны 880-1100 нм, для кристаллического кремния пропускания около 40% на длинноволновой области спектра в диапазоне волн 920-1100 нм. Следовательно, с увеличением удельного сопротивления исходного кремния спектр пропускания пористого кремния увеличивается.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Меликджян Г.А., Мартиросян Х.С. Анализ характеристик пленок пористого кремния, полученного на монокристаллическом кремнии р-типа // Известия НАН Армении. – 2012. – Т.47. – №3. – С.201-206.
- [2] Yu. Hikita, A.B. Padama, M. Rittirum, M.Y. David. Changes in the geometric structure and hydrogen-termination modify the electronic and optical properties of porous silicon. //J. Optic. – 2020. – Vol. 224. – P. 165539.
- [3] S.K. Dhungel, Y. Kyunghae, K. Somnath, G. Sungwook, J. Jung, J.Yi. Study of electrical properties of oxidized porous silicon for back surface passivation of silicon SC. //Renewable Energy. – 2008. – P. 282-285.
- [4] Евтух А.А., Каганович Э.Б., Манойлов Э.Г., Семененко Н.А Механизм токопрохождения в электролюминесцентных структурах пористый кремний /монокристаллический кремний. //Физика и техника полупроводников. – 2006. – Т.40. – Вып.2. – С. 180-184.
- [5] R. Chaoui, A. Messaoud. Screen-printed solar cells with simultaneous formation of porous silicon selective emitter and antireflection coating. //The Ninth Arab International Conf. on Solar Energy (AICSE-9), Kingdom of Bahrain. – 2007. – Vol. 209. – Issues 1-3. – P. 118-121.
- [6] G. Barillaro, F. Pieri, U.Mastromatteo. A porous LED based on a standard BSD technology. //Optical materials. – 2001. –Vol.17. – Issues 1-2. – P. 91-94.
- [7] Dikhanbayev K.K., Bondarev A.I., Ikramova S.B., Shabdan E. Electrical properties of silicon nanowires under ammonia adsorption conditions.// Eurasian Physical Technical Journal. – 2020. – Vol. 17. – No.1 (33). – P. 54-58.
- [8] R. Vercauteren, G. Scheen, J-P. Raskin, L.A. Francis. Porous silicon membranes and their applications: Recent advances.//Sensors and Actuators A: Physical. – 2021. – Vol. 318. 112486.
- [9] L. Remache, E. Fourmond, A. Mahdjoub, J. Dupuis, M. Lemiti. Design of porous silicon/PECVD SiO_x antireflection coatings for silicon solar cells. //Materials Science and Engineering: B. – 2011. – P. 45-487.
- [10] M. Kawaguchi, Sh. Hayakawa, M. Kurosawa, Yu. Hata, K. Miyazawa, Sh. Goto. Application of silicon hybrid transfer trays to an indirect bonding system through bracket positions referred by 3D digital software. //Orthodontic Waves. – 2011. – Vol.70. – Issue 3. – P. 119-122.

REFERENCES

- [1] Melikdzhnjan G.A., Martirosjan H.S. Analiz harakteristik plenok poristogo kremnija, poluchennogo na monokristallicheskom kremnii p-tipa // Izvestija NAN Armenii. – 2012. – V. 47. – Issues. 3. – P .201-206.
- [2] Yu. Hikita, A.B. Padama, M. Rittirum, M.Y. David. Changes in the geometric structure and hydrogen-termination modify the electronic and optical properties of porous silicon. //J. Optic. – 2020. – Vol. 224. – P. 165539.
- [3] S.K. Dhungel, Y. Kyunghae, K. Somnath, G. Sungwook, J. Jung, J.Yi. Study of electrical properties of oxidized porous silicon for back surface passivation of silicon SC. //Renewable Energy. – 2008. – P. 282-285.

[4] Evtuh A.A., Kaganovich Je.B., Manojlov Je.G., Semenenko N.A. Mechanizm tokoprohozhenija v jelektroljuminescentnyh strukturah poristyj kremnij /monokristallicheskiy kremnij. //Fizika i tehnika poluprovodnikov. – 2006. – T.40. – Vyp.2. – С. 180-184.

[5] R. Chaoui, A. Messaoud. Screen-printed solar cells with simultaneous formation of porous silicon selective emitter and antireflection coating. //The Ninth Arab International Conf. on Solar Energy (AICSE-9), Kingdom of Bahrain. – 2007. – Vol. 209. – Issues 1-3. – P. 118-121.

[6] G. Barillaro, F. Pieri, U. Mastromatteo. A porous LED based on a standard BSD technology. //Optical materials. – 2001. – Vol.17. – Issues 1-2. – P. 91-94.

[7] Dikhanbayev K.K., Bondarev A.I., Ikramova S.B., Shabdan E. Electrical properties of silicon nanowires under ammonia adsorption conditions.// Eurasian Physical Technical Journal. – 2020. – Vol. 17. – No.1 (33). – P. 54-58.

[8] R. Vercauteren, G. Scheen, J-P. Raskin, L.A. Francis. Porous silicon membranes and their applications: Recent advances.// Sensors and Actuators A: Physical. – 2021. – Vol. 318. 112486.

[9] L. Remache, E. Fourmond, A. Mahdjoub, J. Dupuis, M. Lemiti. Design of porous silicon/PECVD SiO_x antireflection coatings for silicon solar cells. //Materials Science and Engineering: B. – 2011. – P. 45-487.

[10] M. Kawaguchi, Sh. Hayakawa, M. Kurosawa, Yu. Hata, K. Miyazawa, Sh. Goto. Application of silicon hybrid transfer trays to an indirect bonding system through bracket positions referred by 3D digital software. //Orthodontic Waves. – 2011. – Vol.70. – Issue 3. – P. 119-122.

К.К. Диханбаев*, А.Б. Бекежанова, С.Б. Икрамова, Б.А. Ханиев, И.С. Тілеубаева
әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан
*e-mail: dkadyrjan@mail.ru

НАНОҚҰРЫЛЫМДАЛҒАН КЕУЕКТІ КРЕМНИЙДІҢ ОПТИКАЛЫҚ-ЭЛЕКТРОНДЫҚ ЖӘНЕ НАНОӨЛШЕМДІК ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ

Аңдатпа. Бұл жұмыста электр-химиялық зарарсыздандыру арқылы алынған кеуекті наноқұрылымдалған кремнийдің оптикалық-электрондық қасиеттері қарастырылады. Электролит концентрациясы кеуектілік тереңдігіне, ал анодтау тогының тығыздығы кристаллиттердің тығыздығы мен мөлшеріне, сондай-ақ фотолюминесценция спектрлеріне әсер ететіні атап өтілді. Раман өлшеу нәтижелері 504 см⁻¹ сызығындағы толқын санының төмен жиілікпен ығысатынын көрсетті, бұл $\Delta\omega$ жиілік айырмашылығын толқын санының 16 см⁻¹ бірлігіне өзгертеді, бұл ретте нанокристаллит көлденең қимасының диаметрі 2,3 нм - 4,3 нм аралығын құрайды.

Негізгі сөздер: кремний, кеуекті кремний, наноқұрылымдар, анодтау тогының тығыздығы, фотолюминесценция, Раман спектрінің ығысуы, жарық өткізгіштік коэффициенті.

К.К. Dikhanbaev*, A.B. Bekezhanova, S.B. Ikramova, B.A. Khaniev, I.S. Tleubaeva
al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan
*e-mail: dkadyrjan@mail.ru

OPTOELECTRONIC AND NANOSIZED FEATURES OF NANOSTRUCTURED POROUS SILICON

Abstract. This paper considers the optoelectronic properties of porous nanostructured silicon obtained by electrochemical etching method. It was noted that the electrolyte concentration affects the depth of porosity, while the anodizing current density affects the density and size of crystallites, as well as the photoluminescence spectra. The results of the Raman measurement showed a low-frequency shift of the wavenumber on the 504 cm⁻¹ line, which changes the frequency difference $\Delta\omega$ to 16 cm⁻¹ wavenumber units, while the cross-sectional diameter of the nanocrystallites is distributed from 2.3 nm to 4.3 nm.

Keywords: silicon, porous silicon, nanostructures, anodization current density, photoluminescence, shift of the Raman spectrum, light-transmission factor.

• ХИМИКО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 622.234.42

<https://doi.org/10.51301/vest.su.2021.i4.15>

Н.Д. Нуртазина*, Л.И. Сыздыкова

Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Алматы, Казахстан

*e-mail: nurtazina.nn@gmail.com

КИНЕТИКА ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ БОРНИТА В ПРИСУТСТВИИ ГЛИЦИНА

Аннотация. Совершенствование гидрометаллургических способов переработки сульфидных медьсодержащих природных материалов является актуальной задачей, обусловленной усложняющимися экологическими проблемами, обеднением и усложнением состава перерабатываемого сырья. В работе исследованы кинетические закономерности процесса извлечения меди в раствор из твердой фазы борнита щелочными растворами глицина и перекиси водорода. Кинетика изучена при комнатной температуре и концентрации перекиси водорода 0.1 М. Концентрация глицина варьировалась от 0.1 до 1.0 М. В изученном интервале pH среды (8÷11) глицин существует в виде глицинат-анионов, вступающих с ионами Cu^{2+} в реакцию комплексообразования с образованием устойчивого глицината меди (II), что и способствует эффективному извлечению меди из минерала в раствор. Введение в систему окислителя – перекиси водорода заметно повысило извлечение ионов Cu^{2+} в раствор. Степень извлечения меди из борнита за первые 10 минут варьировалась в интервале от 29 до 37 %. Результаты проведенных исследований позволяют рассматривать щелочные растворы глицина и перекиси водорода в качестве перспективного растворяющего реагента для выщелачивания меди из сульфидного минерального сырья.

Ключевые слова: медь, сульфидный минерал, борнит, глицин, щелочной раствор глицина, гидроксид натрия, перекись водорода, извлечение, окисление, кинетика.

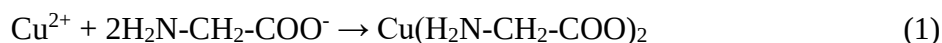
Введение. Одной из основных задач современной гидрометаллургии является разработка экономически выгодного процесса извлечения металлов из твердой фазы минералов, концентратов, руд и продуктов обогащения в раствор, основанного на применении реагентов, обеспечивающих эффективность, селективность и экологичность такого процесса. Основными аспектами при выборе растворителя являются его химическая активность воздействия на сырье, способность к регенерации, токсичность, доступность и экономически выгодная стоимость, а также коррозионная агрессивность по отношению к материалу аппаратуры.

Разнообразие химических реагентов в качестве растворителей в процессах выщелачивания сульфидных минералов меди велико, но в последнее время интерес представляют органические соединения, а вместе с ними смеси неорганических и органических веществ [1-4]. Органические растворители являются дорогими и зачастую трудно регенерируемыми реагентами, но они обладают повышенной селективностью за счет способности образовывать с металлами комплексные соединения, а также характеризуются незначительной коррозионной активностью [5].

В качестве перспективных и альтернативных органических комплексообразующих растворителей, исследователи в области гидрометаллургии рассматривают аминокислоты. К ним относятся глицин, метионин, цистеин, аспарагиновая кислота, фенилаланин и другие аминокислоты. Авторы [6-10] показали, что аминокислоты имеют возможность стать

эффективными, экологически безопасными и конкурентоспособными растворяющими реагентами наравне с неорганическими кислотами и щелочами в процессах гидрохимического извлечения ионов меди из сульфидных минералов в раствор.

Настоящее исследование по извлечению ионов меди (II) из твердой фазы борнита в раствор было проведено при атмосферном давлении и комнатной температуре (25 °С) в щелочных растворах глицина и перекиси водорода, последний в качестве окислителя. Цель глицинового растворения может быть достигнута благодаря сильному комплексообразованию меди с глицином [11], так как в щелочных условиях большая часть глицина существует в виде глицинат-аниона ($\text{H}_2\text{N}-\text{CH}_2-\text{COO}^-$):



Экспериментальная часть.

Материалы исследования.

Мономинеральные образцы сульфидного минерала меди – борнита (Cu_5FeS_4) Джезказганского месторождения с чистотой (90÷95)% были подвергнуты сухому измельчению в агатовой ступке до порошкообразного состояния и просеяны с выделением фракций размером -250 меш. Система растворяющего реагента состояла из простейшей аминокислоты – глицина ($\text{H}_2\text{N}-\text{CH}_2-\text{COOH}$, Gly) марки «экстра чистый» компании TITAN BIOTECH LTD (Индия), гидроксида натрия (NaOH) марки «технический» компании ОАО «РЕАКТИВ» (Россия) и перекиси водорода (H_2O_2). Выбор такого растворителя как глицин обоснован тем, что он обладает хорошей комплексообразующей способностью и является доступным, недорогим, нетоксичным, нелетучим реагентом. Что касается остальных реагентов гидроксида натрия (для создания щелочной среды) и перекиси водорода, то первый не оказывает коррозионного воздействия на аппаратуру, а второй разлагается на экологически безопасные соединения.

Исследование взаимодействия борнита с глицином.

Процесс растворения борнита изучали на установке с двумя интенсивно встряхиваемыми стеклянными термостатированными реакторами типа «утка». В каждый реактор объемом 150 мл помещали 0.1 г минерала и нагревали реактор до температуры опыта. Затем приливали 50 мл растворяющего реагента с соответствующей температурой и устанавливали необходимую регулируемую скорость перемешивания реакционной смеси – 150÷160 об/мин. Температуру поддерживали с точностью $\pm 0.5^\circ\text{C}$ с помощью погружного термостата-циркулятора LOIP LT-100. Полученный после разделения раствора из реактора на твердую и жидкую фазы, фильтрат анализировали на содержание ионов Cu^{2+} атомно-абсорбционным методом на атомно-абсорбционном спектрофотометре Shimadzu AA-6200 (Япония).

Каждый эксперимент включал 2 параллельных опыта.

Степень извлечения ионов меди из минерала рассчитывалась по формуле:

$$E = \frac{C}{C_{\text{max}}} \cdot 100\% \quad (2)$$

где E – степень извлечения, %; C – концентрация ионов меди в растворе, мг/л; C_{max} – максимальная концентрация ионов меди в минерале, мг/л.

Результаты и обсуждение.

Взаимодействие борнита с глицином в щелочной среде.

Как и другие аминокислоты, глицин является амфотерной молекулой, то есть проявляет кислотно-основные свойства. Его нейтральная форма представляет собой цвиттер-ион, который имеет положительный заряд на аминогруппе и отрицательный заряд на карбоксильной группе, что дает общий нейтральный заряд [12]. Он может получить протон с

образованием катиона или потерять протон в результате реакции с гидроксидом с образованием аниона, как показано на рисунке 1.

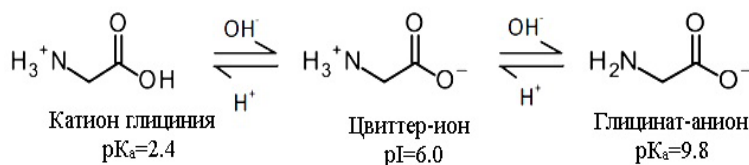


Рисунок 1. Кислотно-основное равновесие глицина [13]

Форма глицинат-аниона доминирует, когда pH больше значения 9.8, поэтому необходимо процесс извлечения ионов меди из борнита в раствор проводить в щелочной среде. Согласно этим данным, процесс извлечения ионов Cu^{2+} из сульфидного минерала в раствор происходит за счет комплексообразования глицината меди (II) (рисунок 2).

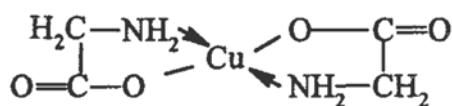


Рисунок 2. Строение глицината меди (II) [14]

Полученный в ходе эксперимента раствор после выщелачивания, содержащий глицинат меди (II) имеет ярко-синий цвет по сравнению с обычным раствором медного купороса, что согласуется с литературными данными [15].

Исследование влияния различных факторов на процесс извлечения ионов Cu^{2+} из борнита растворяющим реагентом на основе глицина.

Влияние концентрации растворителя.

Влияние концентрации глицина в щелочной среде на процесс извлечения ионов Cu^{2+} из борнита в раствор в интервале концентраций (0.1÷1)М было изучено при температуре 298 К и продолжительности опыта 10 минут (рисунок 3).

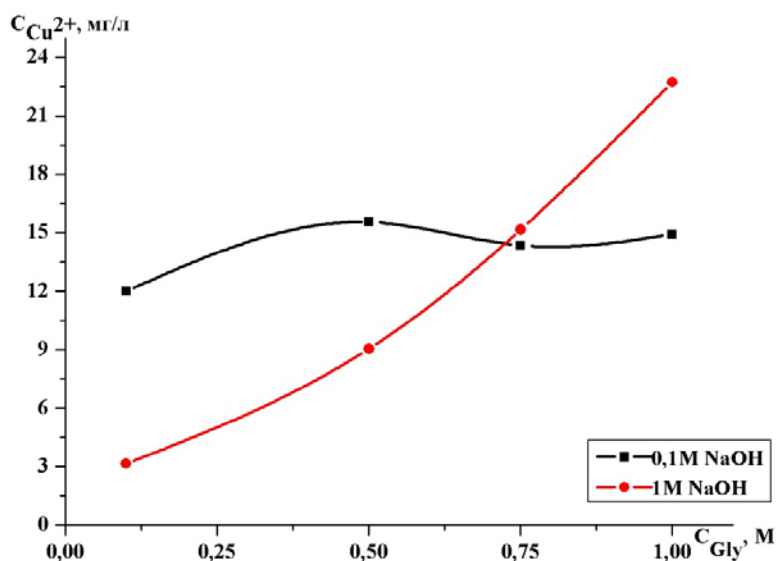


Рисунок 3. Зависимость концентрации извлеченных ионов меди в системе « Cu_5FeS_4 -Gly-NaOH» от концентрации глицина ($m(\text{Cu}_5\text{FeS}_4)=100$ мг, $\text{pH}>7$, $T=298$ К, $t=10$ мин)

Из рисунка 3 видно, что увеличение концентрации глицина в щелочной среде при 0.1 М NaOH незначительно влияет на извлечение меди. А при 1 М NaOH извлечение меди из борнита заметно изменяется. С увеличением концентрации глицина в системе «Cu₅FeS₄-Gly-1М NaOH» увеличивается количество глицинат-анионов при необходимом для этого значении pH, в связи, с чем растет концентрация извлеченных ионов меди в растворе.

Сравнительный анализ данных из графиков на рисунке 3, отражающий значения концентраций извлеченных ионов меди (II) из борнита в раствор в зависимости от соотношения глицина и гидроксида натрия показывает, что значительную роль играет глицин, который за счет комплексообразования усиливает извлечение ионов меди (таблица 1).

Таблица 1. Концентрация ионов меди, извлеченных из борнита в раствор при различных соотношениях Gly:NaOH

Растворитель	C _{Cu²⁺} , мг/л*			
	t=10 мин			
	Gly:NaOH	0.1M NaOH	Gly:NaOH	1M NaOH
0.1M Gly	1:1	12.01	1:10	3.16
0.5M Gly	5:1	15.56	1:2	9.05
0.75M Gly	7.5:1	14.36	3:4	15.18
1M Gly	10:1	14.93	1:1	22.74

* – предел обнаружения методом AAC (Shimadzu AA-6200) равен 0.01 мг/л

В системе растворителя «Gly-0.1М NaOH» извлечение ионов Cu²⁺ из борнита практически имеет одинаковое значение концентраций независимо от изменения концентраций глицина от 0.1 М до 1 М. По сравнению с системой «Gly-0.1М NaOH», в системе «Gly-1М NaOH» значения концентраций ионов Cu²⁺, извлеченных из фазы минерала в раствор падают. Скорее всего, это объясняется тем, что при повышении количества OH⁻-ионов (Gly:NaOH: 1:1, 3:4, 1:2, 1:10) в системе растворителя «Gly-1М NaOH» происходит снижение растворимости атмосферного O₂ по сравнению в системе «Gly-0.1М NaOH» в 1.45 раз. Считается, что атмосферный кислород вносит определенный вклад как окислитель. Расчеты по растворимости кислорода в воде и в щелочных растворах были проведены согласно источнику [16].

Для рассматриваемого процесса извлечения ионов меди из борнита в раствор, кинетическая характеристика как порядок реакции (α) была рассчитана по уравнению В.В. Доливо-Добровольского [17]:

$$\lg C/t = \alpha \lg C_0 + \lg(KA_0/\sigma) \quad (3)$$

где С – концентрация ионов Cu²⁺ в растворе, моль/л; t – время растворения, с; α – порядок реакции на границе раздела фаз «твердое-жидкость»; C₀ – концентрация растворяющего реагента, моль/л; К – константа скорости растворения, (моль·г)/м²; A₀ – удельная поверхность минерала, м²/г; σ – стехиометрический коэффициент, указывающий число молей растворяющего реагента, необходимое для растворения 1 моля минерала.

Определенный по уравнению (3) порядок реакции на границе раздела фаз «твердое-жидкость» в процессе извлечения ионов меди из борнита в раствор в системе растворяющего реагента на основе «0.1÷1М Gly-1М NaOH» имеет дробное значение – 0.82 (рисунок 4), что указывает на сложность механизма процесса.

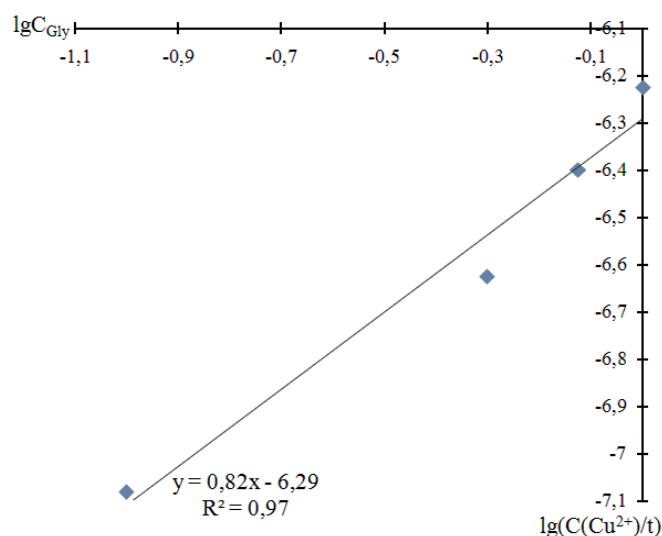
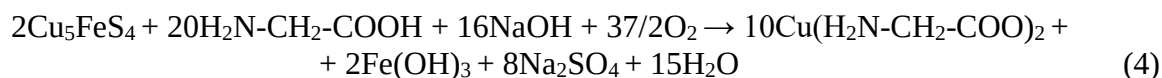


Рисунок 4. Определение порядка реакции по глицину при растворении борнита

Необходимо отметить, что при растворении борнита в выщелачивающем растворе не обнаружены ионы железа, так как образующийся гидроксид Fe (II) не растворяется и очень быстро окисляется до Fe(OH)₃ [12].

Было предположено, что процесс растворения борнита в щелочном растворе глицина протекает по следующей суммарной реакции:



Исследование влияния концентрации глицина и щелочи на кинетику растворения борнита позволило определить наиболее оптимальное их соотношение «0.1M Gly-0.1M NaOH» для дальнейших экспериментов.

На рисунке 5 представлена кинетическая кривая процесса растворения борнита в системе растворителя «0.1M Gly-0.1M NaOH».

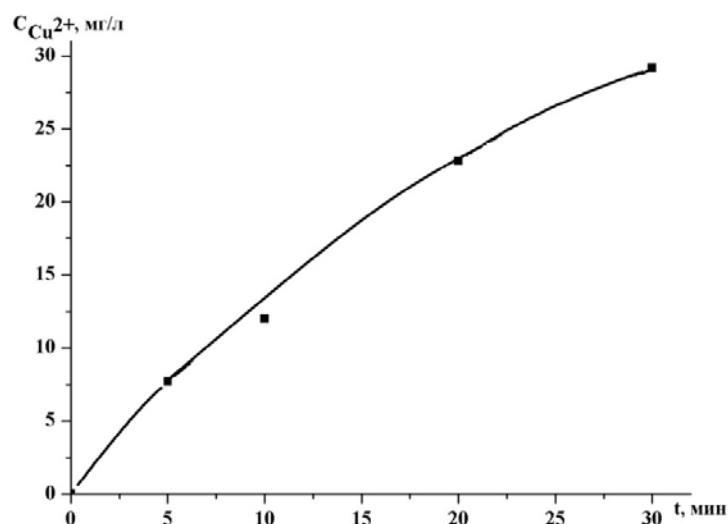


Рисунок 5. Зависимость концентрации ионов меди в системе «Cu₅FeS₄-0.1M Gly-0.1M NaOH» от времени извлечения (m(Cu₅FeS₄)=100 мг, pH>7, T=298 K)

На данной кинетической кривой заметно, что по мере увеличения продолжительности процесса растворения, концентрация извлеченных ионов меди из твердой фазы в раствор увеличивается и в течение 30 минут достигает значения – 29.18 мг/л. Для определения влияния концентрации глицина на процесс растворения борнита в присутствии окислителя – перекиси водорода в щелочной среде были проведены эксперименты, результаты которых представлены на рисунке 6.

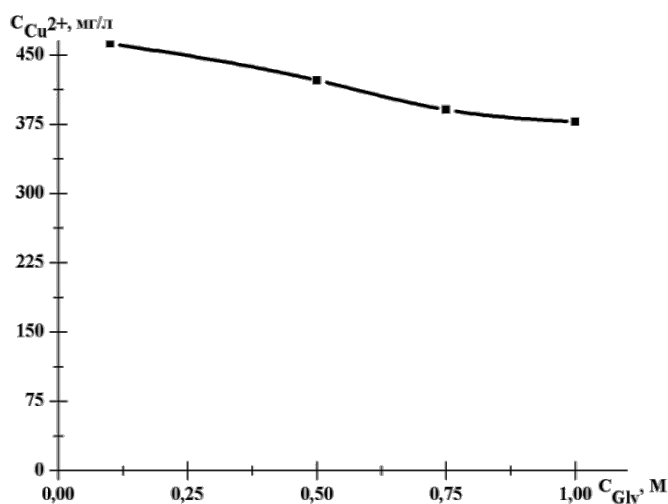


Рисунок 6. Зависимость концентрации извлеченных ионов меди в системе « Cu_5FeS_4 -Gly-0.1M NaOH-0.1M H_2O_2 » от концентрации глицина ($m(Cu_5FeS_4)=100$ мг, $pH>7$, $T=298$ K, $t=10$ мин)

Из рисунка 6 заметно, что с ростом концентрации глицина от 0.1 М до 1 М концентрация ионов Cu^{2+} , извлеченных из борнита в раствор, уменьшается. Такая закономерность, то есть уменьшение степени извлечения меди из твердой фазы борнита в раствор обусловлена снижением pH среды при увеличении концентрации глицина (таблица 2), что, в свою очередь, приводит к уменьшению мольной доли глицинат-анионов в растворе.

Таблица 2. Значения степени извлечения ионов Cu^{2+} из борнита в раствор при различных концентрациях Gly и pH

Растворяющий реагент	pH	E, %
0.1M Gly-0.1M NaOH-0.1M H_2O_2	10.21	36.56
0.5M Gly-0.1M NaOH-0.1M H_2O_2	9.01	33.41
0.75M Gly-0.1M NaOH-0.1M H_2O_2	8.85	30.89
1M Gly-0.1M NaOH-0.1M H_2O_2	8.77	29.85

Влияние присутствия окислителя.

Для исследования влияния окислителя был использован пероксид водорода с концентрацией 0.1 М. Влияние перекиси водорода на процесс извлечения ионов Cu^{2+} из борнита в щелочном растворе глицина (0.1M Gly-0.1M NaOH) было изучено при температуре 298 K, $pH>7$ в течение 5, 10, 20, 30 минут (рисунок 7).

Как видно из рисунка 7, при растворении борнита концентрация извлеченных ионов меди увеличивается с течением времени процесса. В течение 30 минут соответственно извлекалось 467.37 мг/л ионов Cu^{2+} .

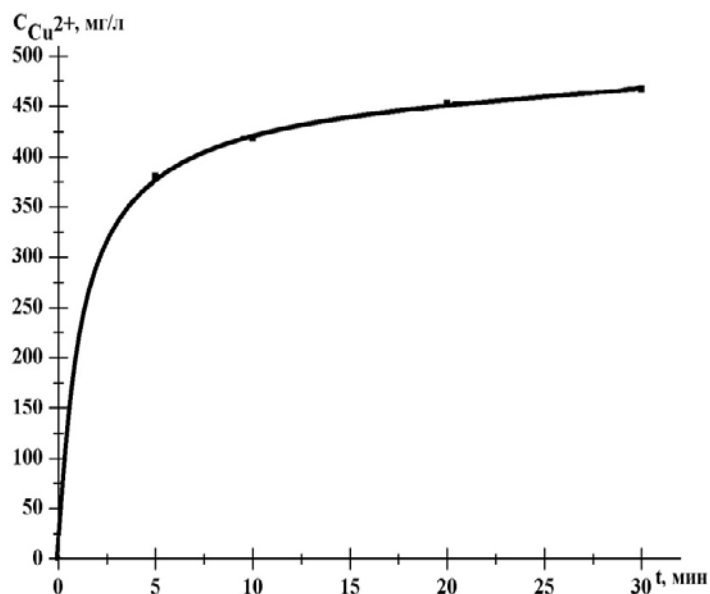
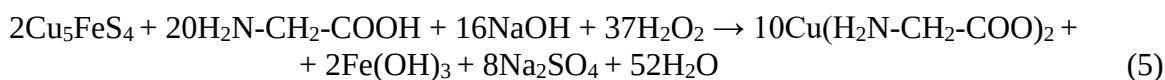


Рисунок 7. Зависимость концентрации извлеченных ионов меди в системе «Cu₅FeS₄-0.1M Gly-0.1M NaOH-0.1M H₂O₂» от времени извлечения (m(Cu₅FeS₄)=100 мг, pH>7, T=298 K)

Растворение борнита в щелочном растворе глицина в присутствии перекиси водорода, вероятнее всего происходит по следующей реакции:



Подтверждением того факта, что растворение борнита происходит за счет комплексообразования ионов меди (II) с глицином является то, что без глицина, только в присутствии H₂O₂ и в системе «0.1M NaOH-0.1M H₂O₂» извлечение меди из борнита не наблюдалось, как ожидалось.

Добавление в систему перекиси водорода в качестве окислителя приводит к заметному росту извлечения ионов меди из твердой фазы минерала в раствор в сравнении с результатами без использования данного окислителя, так концентрация меди, извлеченной в раствор, увеличилась примерно в 16 раз за 30 минут.

Закключение. В ходе работы показано, что использование щелочных растворов глицина позволяет переводить медь из твердой фазы борнита в раствор в условиях комнатных температур, эффективность глицина обусловлена его высокой комплексообразующей способностью; введение в систему дополнительно окислителя – перекиси водорода существенно увеличивает скорость процесса выщелачивания борнита; на кинетику окисления борнита оказывает влияние не только концентрация глицина и pH раствора, но и соотношение глицин:щелочь.

Таким образом, результаты исследования позволяют рассматривать в качестве перспективного экологически безопасного по воздействию на окружающую среду растворяющего реагента на основе щелочного раствора глицина и перекиси водорода для перевода меди из твердой фазы сульфидных минералов.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Kartal M., Xia F., Ralph D., Rickard W. D. A., Renard F., Li W. Enhancing chalcopyrite leaching by tetrachloroethylene-assisted removal of sulphur passivation and the mechanism of jarosite formation // Hydrometallurgy. – 2020. – № 191. doi:10.1016/j.hydromet.2019.105192.

- [2] Solís Marcial O. J., Nájera Bastida A., Bañuelos J. E., Valdés Martínez O. U., Luevano L. A., Serrano Rosales B. Chalcopryrite Leaching Kinetics in the Presence of Methanol // *International Journal of Chemical Reactor Engineering*. – 2019. – Vol. 17. – № 12. doi: <https://doi.org/10.1515/ijcre-2019-0081>
- [3] Olvera O. G., Rebolledo M., Mora N., Dixon D. G., Asselin E. Electrochemical dissolution of chalcopryrite in the presence of thiourea and formamidine disulfide // *Hydrometallurgy*. – 2018. – № 179. – P. 110–117. doi:10.1016/j.hydromet.2018.05.023.
- [4] Solis-Marcial O.J., Lapidus G.T. Improvement of chalcopryrite dissolution in acid media using polar organic solvents // *Hydrometallurgy*. – 2013. – № 131–132. – P. 120–126.
- [5] Набойченко С.С., Агеев Н.Г., Дорошкевич А.П., Жуков В.П., Елисеев Е.И., Карелов С.В., Лебедь А.Б., Мамяченков С.В. Процессы и аппараты цветной металлургии: учебник для вузов. – Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ – УПИ, 2005. – 700 с.
- [6] Eksteen J. J., Oraby E. A., Tanda B. C. A conceptual process for copper extraction from chalcopryrite in alkaline glycinate solutions // *Minerals Engineering*. – 2017. – № 108. – P. 53–66.
- [7] Oraby E. A., Eksteen J. J., Tanda B. C. Gold and copper leaching from gold-copper ores and concentrates using a synergistic lixiviant mixture of glycine and cyanide // *Hydrometallurgy*. – 2017. – № 169. – P. 339–345.
- [8] Azadi M. R., Karrech A., Elchalakani M., Attar M. Microfluidic study of sustainable gold leaching using glycine solution // *Hydrometallurgy*. – 2019. – № 185. – P. 186–193.
- [9] Shin D., Ahn J., Lee J. Kinetic study of copper leaching from chalcopryrite concentrate in alkaline glycine solution // *Hydrometallurgy*. – 2019. – № 183. – P. 71–78.
- [10] Olvera O. G., Valenzuela P., Dixon D. G., Asselin E. Effect of cysteine on the electrochemical dissolution of chalcopryrite // *Hydrometallurgy*. – 2017. – № 169. – P. 552–563.
- [11] Hao W., Feng Y., Huang W., Haoran L., Liao Sh. The role of glycine in the ammonium thiocyanate leaching of gold // *Hydrometallurgy*. – 2019. – № 185. – P. 111–116.
- [12] Кадырова Р.Г., Кабиров Г.Ф., Муллахметов Р.Р. Синтез и свойства комплексных солей биогенных кислот макро- и микроэлементов. Монография. – Казань: Казан. гос. энерг. ун-т, 2016. – 115 с.
- [13] O'Connor G. M., Lepkova K., Eksteen J. J., Oraby E. A. Electrochemical behaviour of copper in alkaline glycine solutions // *Hydrometallurgy*. – 2018. doi:10.1016/j.hydromet.2018.10.001.
- [14] Харитонов Ю.Я. Аналитическая химия (аналитика). В 2 кн. Кн. 1. Общие теоретические основы. Качественный анализ. Учеб. для вузов. – 2-е изд., испр. – М.: Высш. шк., 2003. – 615 с.
- [15] Кадырова Р.Г., Кабиров Г.Ф., Муллахметов Р.Р. Синтез медных и цинковых солей метионина и глицина // *Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана*. – 2013. – Т. 213. – № 1. – С. 109–115.
- [16] Гройсман А. Ш., Хомутов Н. Е. Растворимость кислорода в растворах электролитов // *Успехи химии*. – 1990. – Т. 59. – № 8. – С. 1217–1250.
- [17] Доливо-Добровольский В.В. Некоторые закономерности процессов растворения дисперсного твердого вещества // *Записки Ленинградского горного института*. – Химия, металлургия, обогащение. – 1963. – Т. 42. – Вып. 3. – С. 12–28.

REFERENCES

- [1] Kartal M., Xia F., Ralph D., Rickard W. D. A., Renard F., Li W. Enhancing chalcopryrite leaching by tetrachloroethylene-assisted removal of sulphur passivation and the mechanism of jarosite formation // *Hydrometallurgy*. – 2020. – № 191. doi:10.1016/j.hydromet.2019.105192
- [2] Solís Marcial O. J., Nájera Bastida A., Bañuelos J. E., Valdés Martínez O. U., Luevano L. A., Serrano Rosales B. Chalcopryrite Leaching Kinetics in the Presence of Methanol // *International Journal of Chemical Reactor Engineering*. – 2019. – Vol. 17. – № 12. doi: <https://doi.org/10.1515/ijcre-2019-0081>
- [3] Olvera O. G., Rebolledo M., Mora N., Dixon D. G., Asselin E. Electrochemical dissolution of chalcopryrite in the presence of thiourea and formamidine disulfide // *Hydrometallurgy*. – 2018. – № 179. – P. 110–117. doi:10.1016/j.hydromet.2018.05.023
- [4] Solis-Marcial O.J., Lapidus G.T. Improvement of chalcopryrite dissolution in acid media using polar organic solvents // *Hydrometallurgy*. – 2013. – № 131–132. – P. 120–126.
- [5] Naboichenko S.S., Ageev N.G., Doroshkevich A.P., Zhukov V.P., Eliseev E.I., Karelov S.V., Lebed' A.B., Mamyachenkov S.V. Protsessy i apparaty tsvetnoi metallurgii: uchebnik dlya vuzov. – Ekaterinburg: GOU VPO UGTU – UPI, 2005. – 700 s.

- [6] Eksteen J. J., Oraby E. A., Tanda B. C. A conceptual process for copper extraction from chalcopyrite in alkaline glycinate solutions // *Minerals Engineering*. – 2017. – № 108. – P. 53–66.
- [7] Oraby E. A., Eksteen J. J., Tanda B. C. Gold and copper leaching from gold-copper ores and concentrates using a synergistic lixiviant mixture of glycine and cyanide // *Hydrometallurgy*. – 2017. – № 169. – P. 339-345.
- [8] Azadi M. R., Karrech A., Elchalakani M., Attar M. Microfluidic study of sustainable gold leaching using glycine solution // *Hydrometallurgy*. – 2019. – № 185. – P. 186-193.
- [9] Shin D., Ahn J., Lee J. Kinetic study of copper leaching from chalcopyrite concentrate in alkaline glycine solution // *Hydrometallurgy*. – 2019. – № 183. – P. 71–78.
- [10] Olvera O. G., Valenzuela P., Dixon D. G., Asselin E. Effect of cysteine on the electrochemical dissolution of chalcopyrite // *Hydrometallurgy*. – 2017. – № 169. – P. 552-563.
- [11] Hao W., Feng Y., Huang W., Haoran L., Liao Sh. The role of glycine in the ammonium thiocyanate leaching of gold // *Hydrometallurgy*. – 2019. – № 185. – P. 111-116.
- [12] Kadyrova R.G., Kabirov G.F., Mullakhmetov R.R. Sintez i svoistva kompleksnykh solei biogennykh kislot makro- i mikroelementov. Monografiya. – Kazan': Kazan. gos. energ. un-t, 2016. – 115 s.
- [13] O'Connor G. M., Lepkova K., Eksteen J. J., Oraby E. A. Electrochemical behaviour of copper in alkaline glycine solutions // *Hydrometallurgy*. – 2018. doi:10.1016/j.hydromet.2018.10.001
- [14] Kharitonov Yu.Ya. Analiticheskaya khimiya (analitika). V 2 kn. Kn. 1. Obshchie teoreticheskie osnovy. Kachestvennyi analiz. Ucheb. dlya vuzov. – 2-e izd., ispr. – M.: Vyssh. shk., 2003. – 615 s.
- [15] Kadyrova R.G., Kabirov G.F., Mullakhmetov R.R. Sintez mednykh i tsinkovykh solei metionina i glitsina // *Uchenye zapiski Kazanskoi gosudarstvennoi akademii veterinarnoi meditsiny im. N.E. Bauman*. – 2013. – T. 213. – № 1. – S. 109-115.
- [16] Groisman A. Sh., Khomutov N. E. Rastvorimost' kisloroda v rastvorakh elektrolitov // *Uspekhi khimii*. – 1990. – T. 59. – № 8. – S. 1217-1250.
- [17] Dolivo-Dobrovol'skii V.V. Nekotorye zakonomernosti protsessov rastvoreniya dispersnogo tverdogo veshchestva // *Zapiski Leningradskogo gornogo instituta*. – Khimiya, metallurgiya, obogashchenie. – 1963. – T. 42. – Vyp. 3. – S. 12-28.

Н.Д. Нуртазина*, Л.И. Сыздыкова

әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан

*e-mail: nurtazina.nn@gmail.com

ГЛИЦИН ҚАТЫСУЫМЕН БОРНИТТІ ШАЙМАЛАУ КИНЕТИКАСЫ

Андатпа. Құрамында мыс бар сульфидті табиғи материалдарды өңдеудің гидрометаллургиялық әдістерін жетілдіру экологиялық проблемалардың күрделенуіне, өңделетін шикізат құрамының сарқылуына және күрделенуіне байланысты өзекті міндет болып табылады. Жұмыста глицин мен сутегі асқын тотығының сілтілі ерітінділерімен борниттің қатты фазасынан мысты ерітіндіге алу процесінің кинетикалық заңдылықтары зерттелген. Кинетика бөлме температурасында және сутегі асқын тотығының 0.1 М концентрациясында зерттелді. Глицин концентрациясы 0.1-ден 1.0 М-ге дейін өзгерді. Зерттелген ортаның рН интервалында (8÷11) глицин Cu^{2+} иондарымен тұрақты мыс (II) глицинатын қалыптастыру үшін күрделі түзілу реакциясына енетін глицинат аниондары түрінде болады, бұл минералдан ерітіндіге мысты тиімді алуға ықпал етеді. Тотықтырғыш – сутегі асқын тотығының жүйеге енгізілуі Cu^{2+} иондарының ерітіндіге түсуін едәуір арттырды. Борниттен мысты алу дәрежесі алғашқы 10 минут ішінде 29-дан 37 % - ға дейін өзгерді. Жүргізілген зерттеулердің нәтижелері глицин мен сутегі асқын тотығының сілтілі ерітінділерін сульфидті минералды шикізаттан мысты шаймалау үшін перспективті еріткіш реагент ретінде қарастыруға мүмкіндік береді.

Негізгі сөздер: мыс, сульфидті минерал, борнит, глицин, глициннің сілтілі ерітіндісі, натрий гидроксиді, сутегі асқын тотығы, бөліп алу, тотығу, кинетика.

N.D. Nurtazina*, L.I. Syzdykova

al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

*e-mail: nurtazina.nn@gmail.com

KINETICS OF BORNITE LEACHING IN THE PRESENCE OF GLYCINE

Abstract. Improving hydrometallurgical methods for processing copper-containing sulfide natural materials is an urgent task due to the increasing environmental problems, depletion and complexity of the composition of processed raw materials. The kinetic regularities of the process of extracting copper into solution from the solid phase of bornite by alkaline solutions of glycine and hydrogen peroxide are investigated. The kinetics was studied at room temperature and a concentration of 0.1 M hydrogen peroxide. The glycine concentration varied from 0.1 to 1.0 M. In the studied pH range of the medium (8÷11), glycine exists in the form of glycinate anions that react with Cu^{2+} ions to form a stable copper (II) glycinate, which contributes to the effective extraction of copper from the mineral into the solution. The introduction of an oxidizer – hydrogen peroxide into the system significantly increased the extraction of Cu^{2+} ions into the solution. The degree of extraction of copper from bornite in the first 10 minutes varied in the range from 29 to 37 %. The results of the conducted studies allow us to consider alkaline solutions of glycine and hydrogen peroxide as a promising solvent reagent for leaching copper from sulfide mineral raw materials.

Keywords: copper, sulfide mineral, bornite, glycine, alkaline glycine solution, sodium hydroxide, hydrogen peroxide, extraction, oxidation, kinetics.

^{1,2}А.Б. Турганбай, ^{1,2}М. Нажипкызы*, ¹А.А. Жапарова, ^{1,2}Ш. Султахан

¹Институт проблем горения, Алматы, Казахстан

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

*e-mail: meruert82@mail.ru

ПОЛУЧЕНИЕ ЛИГНИНОВЫХ ВОЛОКОН ИЗ ОПИЛОК МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОСПИННИНГА

Аннотация. В последние годы многие исследователи получили возможность переопределить использование самого основного и богатого возобновляемого ресурса - биомассы, особенно лигноцеллюлозы. В данной статье представлены результаты по получению лигнина из отходов древесных опилок, а также получение лигниновых волокон методом электроспиннинга. Разработана методика извлечения лигнина и получения из лигнина недорогих электроформованных волокон, обладающих высокими эксплуатационными характеристиками для хранения энергии. Полученные образцы (лигнин и лигниновые волокна) исследовали физико-химическими методами, такими как: ИК-спектроскопия, Рамановская спектроскопия, Оптическая микроскопия, Электронно-микроскопические исследования (СЭМ), Элементный анализ.

Ключевые слова: синтез, электроспиннинг, лигнин, опилка, волокна.

Введение. В работе [1] показан метод синтеза лигнина, недостатки данного способа: длительность синтеза; требуется дополнительно делигнифицировать, обрабатывая смесью раствора пероксиформовой кислотой и пероксиуксусной кислотой; делигнифицированные волокна подвергали обесцвечиванию; кроме того, существует проблема отбора осадка нанополнителя. Эта проблема решается в следующей работе [2], где лигнин синтезируют из пшеничной соломы, экстрагированного в кислых условиях с помощью метода органосольв. Отличием от данной работы лигнин синтезировали от соломы пшеницы с помощью процесса CIMV, лигнин из соломы пшеницы экстрагировали в пилотном масштабе на пилотной установке CIMV (Romacle 51110, Франция). Экстрагированный лигнин таким путем наблюдался как низкомолекулярный полимер с низким индексом полидисперсности.

На сегодняшний день является актуальной получение углеродных волокон методом электроспиннинга, которые обладают многими важными свойствами, такими как очень высокая удельная прочность, хорошая электропроводность, хорошая теплопроводность, низкий коэффициент теплового расширения, малый вес и улучшенное электромагнитное экранирование [3]. Таким образом, они были использованы во многих высокопроизводительных приложениях, такие как, полимерные композиты (аэрокосмическая, морская, медицинская, гражданская инженерия), технологии альтернативной энергии (литий-ионные аккумуляторы, суперконденсаторы, топливные элементы), катализ, фильтрация (разделение жидкостей, газов, смеси) и хранение (газообразный водород и природный газ) [4, 5]. Как правило, углеродные волокна получают с использованием различных предшественников, таких как полиакрилонитрил (ПАН), вискоза, нефтяной пек и гетероциклические / негетероциклические полимеры [6]. На свойства углеродных волокон сильно влияют физико-химические свойства материалов-предшественников. Например, углеродные волокна на основе полиакрилонитрила обычно имеют более высокие значения прочности на сжатие и растяжение по сравнению с углеродными волокнами на основе пека из-за более высокой структурной ориентации. Углеродные волокна на основе пека имеют более высокую теплопроводность, чем углеродные волокна на основе вискозы [6]. Однако с учетом текущих опасений по поводу истощения нефтяных ресурсов и их негативного воздействия на окружающую среду, существует необходимость в альтернативных ресурсах, которые могли бы заменить или дополнить существующие нефтепродукты [5].

Для производства углеродных волокон лигнин является подходящим предшественником, поскольку стабилизацию необработанных лигниновых волокон можно проводить с использованием более низких температур и более коротких периодов времени. Это может быть достигнуто за счет присутствия кислородсодержащих радикалов в лигнине, которые облегчают реакции сшивания [7].

Углеродные волокна, полученные из лигнина, были впервые получены Nippon Kayaku Co. сухим прядением водного раствора лигнина в алкане [8].

Работа авторов [9] представляет собой быстрый и универсальный метод приготовления углеродных волокон из лигнина. Он включает производство фосфор-функционализированных лигниновых волокон субмикронного размера всего за один этап методом электроспиннинга растворов лигнина/ H_3PO_4 . Функциональные возможности фосфора позволяют сократить традиционный процесс стабилизации с более чем 90 ч до всего 2 ч, таким образом, избегая слияния волокон или даже стабилизации лигниновых волокон в инертной атмосфере. Включение H_3PO_4 в исходном растворе лигнина образует больше окисленных пряденых волокон лигнина, благодаря реакции фосфорной кислоты с растворенным лигнином, с образованием фосфатных (и / или полифосфатных) сложных эфиров по всей структуре волокон лигнина.

Новый наплавленный углеродистый волокнистый мат из легированной азотом биомассы был изготовлен из смеси лигнин-полиэтиленоксид (ПЭО) (90:10) путем электроформования с последующей карбонизацией и термическим отжигом в присутствии мочевины [10]. Также известно исследование морфологии нановолокон полученные из смеси лигнина и ПЭО [4]. В данной работе лигнин был приобретен у Northway Lignin Chemical, также диаметр полученных волокон составлял 150 нм. В отличие от данной работы, углеродные волокна на основе ПАН обычно имеют более высокие значения прочности на сжатие и растяжение. При этом механические и другие функциональные свойства углеродных волокон увеличиваются с уменьшением диаметра волокна.

В настоящее время в институте проблем горения в лаборатории синтеза углеродных материалов в пламени ведутся работы по получению углеродных волокон из лигнина дешевым путем. Новизной данной работы является получение лигниновых волокон из опилок неклассифицированных древесины методом электроспиннинга. Для получения углеродных волокон из лигнина использовались отходы древесины (опилки).

Экспериментальная часть. Для синтеза лигнина было приготовлено смесь муравьиной и уксусной кислоты. В данную смесь добавляют около 10 грамм смешанных древесных опилок, нагревают до температуры 110 °С. В ходе процесса наблюдается изменение цвета раствора от светло-коричневого до темно-красного и древесные скопления. Затем смесь охлаждали и отфильтровали. Во время фильтрации также можно наблюдать изменение цвета делигнифицированных волокон на темно-красный.

К раствору добавляют дистиллированную воду и нагревают смесь до 115°С и выдерживают в течение 30 мин. После добавления дистиллированной воды в раствор, можно заметить, что цвет быстро меняется на светло-оранжевый и наглядно можно увидеть образование более крупных агломератов лигнина. После смесь разделяют с помощью центрифуги в течение 5 минут на скорости 5000 об/мин. Далее полученный осадок (лигнин) высушивают в течение 12 часов при комнатной температуре и затем в течение 1 часа при 60°С. Таким образом, полученный смесь использовался для получения лигниновых волокон методом электроспиннинга, установка которой изображена на рисунке 1.

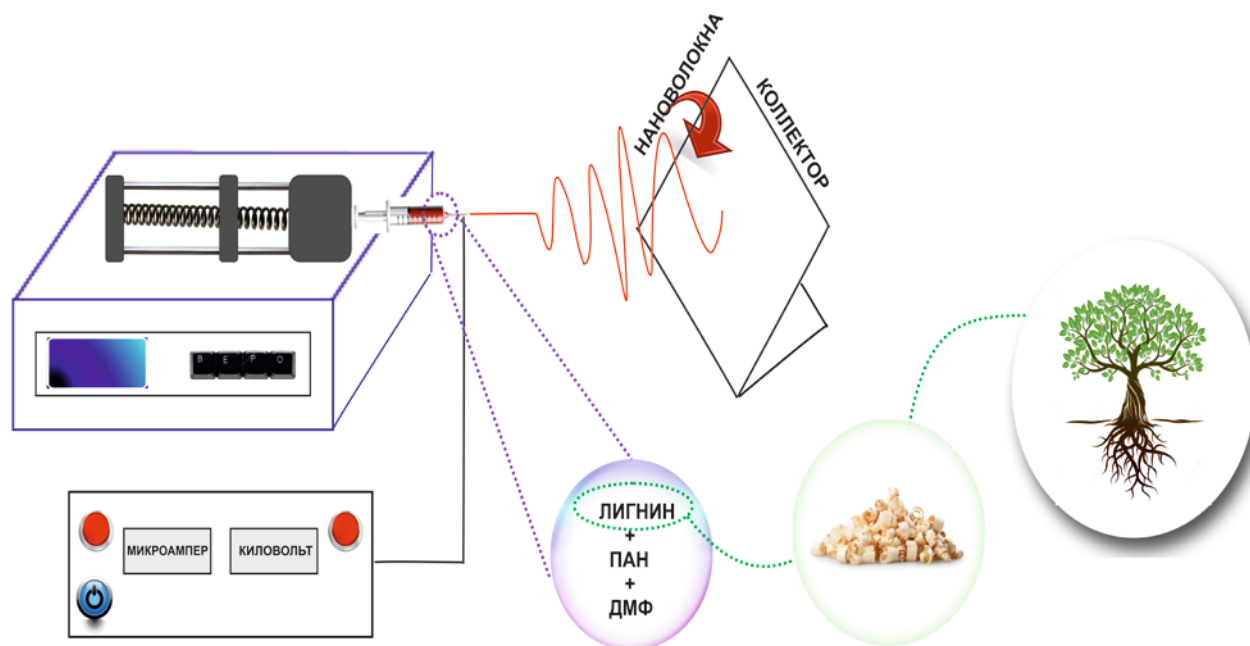


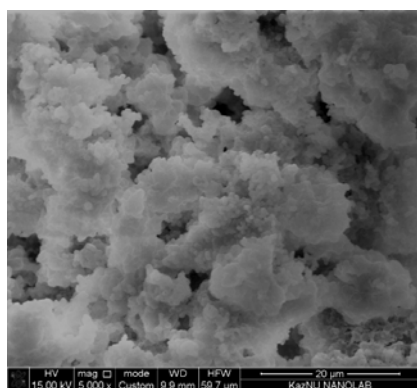
Рисунок 1. Схема экспериментальной установки электроспиннинга

В качестве растворителя использовался ДМФ, лигнин и ПАН (в соотношении 70:30) взвешивали и добавляли достаточное количество растворителя. Затем смесь нагревали до 40°C и с помощью магнитной мешалки перемешивали при 200 об/мин в течение 30 минут. Полученные волокна методом электроспиннинга стабилизировали и проводили карбонизацию при температуре 800 °C.

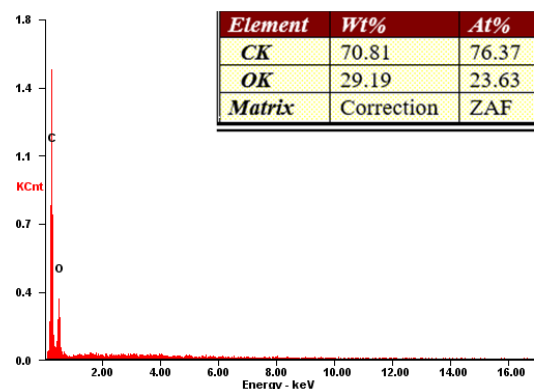
Аппарат состоит из шагового двигателя который обеспечивает постоянный поток раствора и двух электродов - один представляет собой наконечник шприца с раствором, а второй - коллектор из алюминиевой фольги, на котором был собран конечный продукт. Параметры процесса варировались, при этом использовалось напряжение 13 кВ и расстояние между коллектором и шприцом варировалась от 10 до 18 см. Скорость потока менялась в зависимости от вязкости используемой жидкости и менялось от 0,4 мл / час до 0,8 мл / час.

Результаты и обсуждения. Полученный лигнин из смешанных древесных опилок были исследованы различными физико-химическими методами анализа, такими как, ИК-спектроскопия, Рамановская спектроскопия, оптическая микроскопия, сканирующая электронная-микроскопия (СЭМ), элементный анализ.

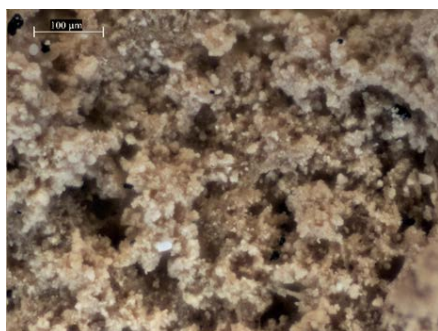
EDAX анализ образца показывает, что полученный из смешанных древесных опилок лигнин состоит из 70,81% атомов углерода и всего 29,19% атомов кислорода. Был проведен ИК сканирование (модель Spectrum 65, спектры регистрировали с разрешением 4 см⁻¹) отобранного образца путем сравнения экспериментальных спектров со спектром полученных в работах [11-13] характерные пики для лигнина видны в нашем образце (рисунок 2, г наиболее важный широкий пик в ~ 3427 и характерный пик в 2930 см⁻¹). ИК спектры показывают чистоту синтезированного лигнина. Полоса 1723 см⁻¹ относятся к карбонилу / карбоксиле C = O; 1601, 1512, 1464 см⁻¹ относятся к ароматическим соединениям C = C. Характерна для всех типов лигнина сигнал 1375 см⁻¹ происходящая из фенольного ОН и алифатического C – Н в метильных группах. Полоса поглощения при 1269 см⁻¹ соответствует гваяцильному звену.



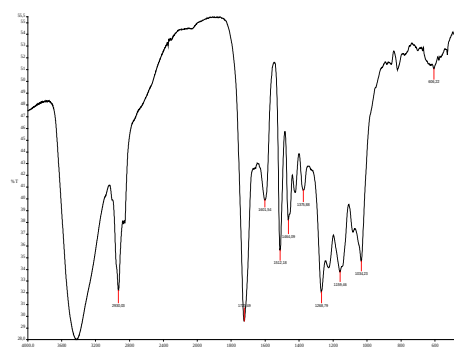
а – СЭМ снимок



б – элементный анализ



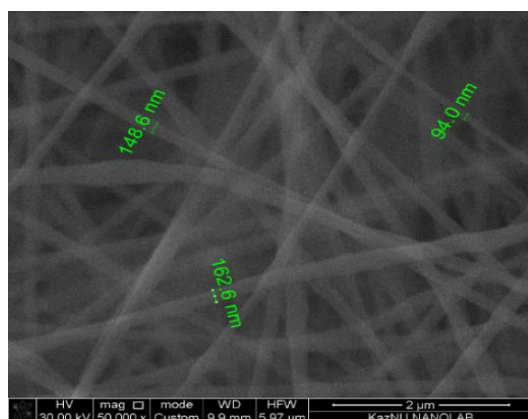
в – оптический снимок



г – ИК-спектр

Рисунок 2. Анализы лигнина различными физико-химическими методами

На рисунке 3 представлены микроскопические снимки лигниновых волокон.



а – СЭМ снимок лигниновых волокон



б – оптический снимок лигниновых волокон

Рисунок 3. Анализ лигниновых волокон различными физико-химическими

СЭМ анализ полученных волокон (при соотношении лигнин:ПАН/70:30) показывает, что наноразмерные волокна формируются в диапазоне от 94 до 162 нм.

В настоящее время проводятся исследования по зауглероживанию полученных лигниновых волокон с целью применения их в дальнейшем в качестве анодного материала в области хранения энергии.

Заклучение. В работе для синтеза лигнина использовались бытовые древесные отходы. Полученный лигнин применялась для синтеза лигниновых волокон методом электроспиннинга. В отличие от известных способов экстракции лигнина и способов получения недорогих электроформованных волокон, с помощью данного способа можно получать непрерывные волокна с наноразмерным диаметром (от 94 до 162 нм). Таким образом, установлено, что данный метод является экономически выгодным, простым и не требует временных затрат.

Благодарность. Данное исследование было поддержано Министерством образования и науки Республики Казахстан в рамках научно-технической программы АР 08856321 Республики Казахстан

REFERENCES

- [1] Dereca Watkins, Md. Nuruddin, Mahesh Hosur and etc. (2015) Journal of Materials and Technology 4:26-32. <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2014.10.009>
- [2] Guo-Hua Delmas, Bouchra Benjelloun-Mlayah, Yves Le Bigot and etc. (2011) Journal of Applied Polymer Science 121:491-501. <https://doi.org/10.1002/app.33592>
- [3] Das N.C., Khastgir D., Chaki T.K., Chakraborty A. (2000) Composites part A 31:1069-1081. [https://doi.org/10.1016/S1359-835X\(00\)00064-6](https://doi.org/10.1016/S1359-835X(00)00064-6)
- [4] Makoto Schreiber, Singaravelu Vivekanandhan, Amar Kumar Mohanty, Manjusri Misra (2012) Advanced Materials Letters 3:476-480. <https://doi.org/10.5185/amlett.2012.icnano.336>
- [5] Meier A.R., Metzger J.O., Schubert U.S. (2007) Chemical Society Reviews 36:1788-1802. <https://doi.org/10.1039/b703294c>
- [6] Davé V., Prasad A., Marand H., Glasser W. (1993) Polymer 34:3144-3154. [https://doi.org/10.1016/0032-3861\(93\)90382-K](https://doi.org/10.1016/0032-3861(93)90382-K)
- [7] Compere A.L., Griffith W.L., Leitten C.F., Shaffer J.T. (2001) Oak Ridge National Laboratory.
- [8] Garcia-Mateos F.J., Berenguer R., Valero-Romero M.J., Rodríguez-Mirasol J., Cordero T. (2018) Journal of Materials Chemistry A. 6:1219-1233. <https://doi.org/10.1039/C7TA08788H>
- [9] Jose Francisco Vivo-Vilches, Alain Celzard, Vanessa Fierro, Isabelle Devin-Ziegler, Nicolas Brosse, Anthony Dufour, Mathieu Etienne (2019) Nanomaterials 9:106-118. <https://doi.org/10.3390/nano9010106>
- [10] Su-Xi Wang, Liping Yang, Ludger Paul Stubbs, Xu Lia, Chaobin He. (2013) ACS Applied Materials Interfaces 5:12275-12282. <https://doi.org/10.1021/am4043867>
- [11] C.G. Boeriu et al. (2004) Industrial Crops and Products 20:205-218. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2004.04.022>
- [12] U.P. Agarwal, R.H. Atalla. Lignin and Lignans: Advances in Chemistry. – 2010. P. 103-136. ISBN 9781574444865
- [13] U.P. Agarwal, R.S. Reiner (2009) Raman Spectroscopy 40:1527-1534. <https://doi.org/10.1002/jrs.2294>

^{1,2}А.Б. Тұрғанбай, ^{1,2}М. Нажипқызы*, ¹А.А. Жапарова, ^{1,2}Ш. Сұлтанхан

¹Жану проблемалары институты, Алматы, Қазақстан

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

*e-mail: meruert82@mail.ru

ЭЛЕКТРОСПИННИНГ ӘДІСІ АРҚЫЛЫ ҮГІНДІЛЕРДЕН ЛИГНИНДІ ТАЛШЫҚТАР ӨНДІРУ

Андатпа. Соңғы жылдары көптеген зерттеушілерге ең негізгі және ең бай жаңартылатын ресурстарды – биомассаны, әсіресе лигноцеллюлозаны қайта анықтау мүмкіндігіне жол ашылды. Бұл мақалада ағаш үгінді қалдықтарынан лигнин, сонымен қатар электроспиннинг әдісі арқылы лигнинді талшықтар алу нәтижелері келтірілген. Лигнинді алу және энергия сақтау үшін жоғары эксплуатациялық сипаттамаларға ие электроформаланған талшықтарды алу әдісі жасалды. Алынған үлгілер (лигнин және лигнинді талшықтар) физико-химиялық әдістермен зерттелінді, атап айтсақ:

ИҚ-спектроскопия, Раман спектроскопиясы, Оптикалық микроскопия, Электронды-микроскопиялық зерттеулер (СЭМ), Элементтік талдау.

Негізгі сөздер: синтез, электроспиннинг, лигнин, үгінді, талшық.

^{1,2}A.B. Turganbay, ^{1,2}M. Nazhipkyzy*, ¹A.A. Zhaparova, ^{1,2}Sh.Sultakhan

¹Institute of Combustion Problems, Almaty, Kazakhstan

²Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

*e-mail: meruert82@mail.ru

PRODUCTION OF LIGNIN FIBERS FROM SAWDUST BY ELECTROSPINNING

Abstract. In recent years, many researches have been able to redefine the use of the most basic and richest renewable resource – biomass, especially lignocellulose. This article presents the results on the production of lignin from sawdust waste, as well as the production of lignin fibers by electrospinning. A technique has been developed for the extraction of lignin and the production of inexpensive electroformed fibers from lignin with high performance characteristics for energy storage. The obtained samples (lignin and lignin fibers) were examined by physicochemical methods, such as: IR spectroscopy, Raman spectroscopy, Optical microscopy, Electron microscopy (SEM), Elemental analysis.

Keywords: synthesis, electrospinning, lignin, sawdust, fiber.

¹M. Malgazhdarova*, ²A. Berkinbayeva

¹International University of Information Technology, Almaty, Kazakhstan

²Almaty technological university, Almaty, Kazakhstan

*e-mail: makpal_super@mail.ru

PRODUCTION OF DISSIPATIVE ALLOYS WITH MINIMUM ALLOY

Abstract. The paper provides a literature review on the mechanisms of damping in alloys. The goal of the authors was to obtain the maximum damping with the minimum alloying. Samples of alloys in cast, annealed and quenched form were investigated. According to the research findings, the characteristics of the damping properties of the alloys are provided and the possible reasons for the high values of the damping parameters are explained. An analysis of the nature of non-metallic inclusions shows that very small non-metallic inclusions do not result in high damping. A very high content of medium-sized non-metallic inclusions leads to low sound emission. High alloying with elements such as Mn, Ni, Nb, Al, one percent each, 1.5% Cr, 1.5% V, 0.5% Mo, 0.5% Ti, 0.5% Cu, does not always provide increased damping properties.

Keywords: alloying, damping properties, microstructure of the alloy, sound emission, non-metallic inclusion.

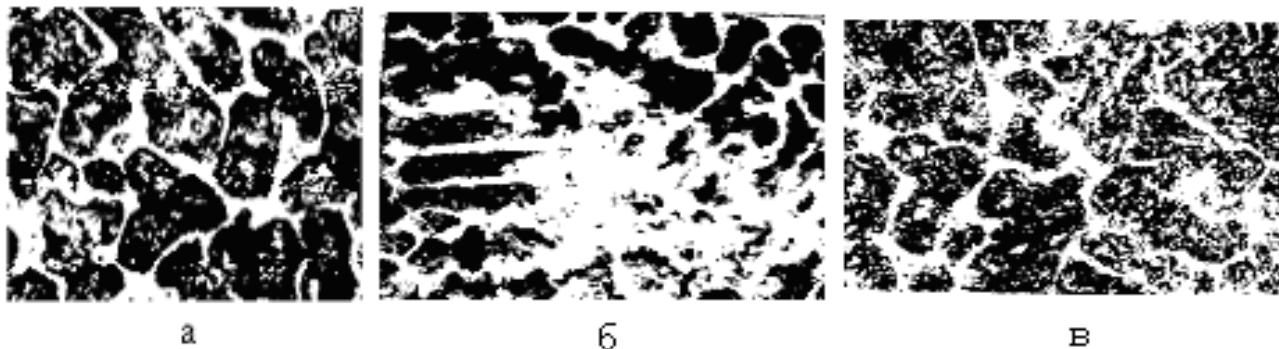
Introduction. The authors set the goal of obtaining maximum damping with minimum alloying [1]. The authors investigated alloys 133, 134, 172, 174, 132, 137, 126, 135 in cast, annealed and quenched forms. Figure 10 shows the microstructure of alloy 133. Damping properties of alloy 133 $L_A = 83,6$ дБА, $V_{c33} = 700$ дБА/С, $\delta = 3 \cdot 10^2$. The alloy is complex alloyed (1,5% Mn; 1,0% Ni; 1,5% Cr; 1,5% V; 0,5% Nb; 0,5% Mo; 0,5% Ti; 1,0% Al; 0,5% B; 0,5% Cu).

Methods. Samples for the study of damping properties were cut from forged strips. The surface finish after machining corresponded to class 5. Forged samples were milled, planed, cut, and polished. The deviations of the specified dimensions (50x50x5 mm) did not exceed 0.2 mm. The acoustic (sound level, sound pressure levels) and vibration properties (the level of vibration acceleration and the level of vibration velocity) were determined after forging, then the same samples were subjected to annealing, normalization, quenching, and low tempering. Annealing mode – heating up to $Asz + 50^\circ C$, holding for 0.5 hours, furnace cooling. Normalization was carried out according to the following regime: heating to $Asz + 50^\circ C$, holding for 0.5 hours, air cooling. Quenching was carried out according to the following regime: heating to $Asz + 50^\circ C$, holding for 0.5 hours, water cooling. At low heating tempering, the hardened steel was up to 200-250°C and cooled in water. Heating and holding during quenching, normalization and annealing were carried out in quartz ampoules in vacuum with a discharge of 10^{-3} atm.

Results. Figure 1 shows that in the as-cast condition, the structure is ferrite with pearlite. Complete annealing of the cast sample leads to grain refinement, Figure 10 (b), since recrystallization has occurred. A new grain has formed. Due to the refinement of the pearlite-ferrite grain, the damping properties decreased. After quenching (heating up to $Asz + 50^\circ C$, cooling in oil) the structure of the alloy is trostomartensite.

Building of this alloy with manganese (1.5%), nickel (1.0%), chromium (1.5%) provided high values of the decay rate and logarithmic decrement. But the sound emission (L_A) of this alloy is very high – 83.6 дБА, which suggests that alloying with manganese, nickel, chromium, vanadium in the selected proportions does not guarantee a low-noise alloy.

Alloy 134 contains a small amount of alloying elements (Si, Ni, V, Nb, Ti, B), with 2.04% Mn; 1.92% Cr; 1.07% Mo; -1.0% Al; 1.5% Ca; 1.5% La. This structure provided the lowest L_A value (72.1 дБА) and the average V_{sz} and δ values. The low value of sound emission is caused by the presence of large non-metallic inclusions [1].



Microstructure of alloy 133 in cast (a), annealed (b) and quenched (c) conditions. x250 [1]

Alloy 172 contains 1.10% Si; 1.33% Mn; 0.75% Ni; 1.11% Cr; 0.92% V; 0.34% Mo; 0.93% Ti; 1.5% Al; 1.0% La. The alloy is characterized by very high damping properties (sound decay rate, logarithmic decrement), but the sound emission is 82.8 dBA, which does not classify this alloy as low-noise.

The reason for the high damping properties of the alloy is the high content of non-metallic inclusions 9.796×10^{-2} .

Alloy 174 (0.10% C; 1.05% Si; 1.0% Nb; 1.5% Al; 0.7% La) is characterized by the following damping properties: $L_A = 84.3$ dBA; $V_{szz} = 140$ dBA/s, $\delta = 0.0116$. The content of nonmetallic inclusions in the alloy is very high (7.593×10^{-2}), but analysis of the nature of these inclusions shows that these are mainly very small nonmetallic inclusions that do not provide high damping [1].

Alloy 132 (2.26% Mn; 1.78% Mo; 1.0% Al) is characterized by the following properties: $L_A = 74.3$ dBA; $V_{szz} = 628$ dBA/s, $\delta = 0.0228$. The content of non-metallic inclusions is very high (7.273×10^{-2}), which guarantees low sound emission (non-metallic inclusions of medium size).

Alloy 137 (one percent Mn, Ni, Nb, Al, 1.5% Cr, 1.5% V, 0.5% Mo, 0.5% Ti, 0.5% Cu) is complex alloyed, but damping properties it is not high ($L_A = 83.7$ dBA, $\delta = 0.013$, $V_{sz} = 261$ dBA/s). The findings of the study of this alloy show that high alloying with the indicated scarce elements does not always provide an increase in damping properties [1].

Alloy 126 (1.0% Nb; 0.72% Mo; 0.73% Ti; 1.5% Al; 1.0% Ca; 0.5% La; 0.76% Cr; 0.58% Ni ; 0.73% V) is characterized by the following damping properties: $L_A = 80.7$ dBA, $\delta = 0.026$, $V_{cz} = 533.3$ dBA/s. The content of non-metallic inclusions is average ($4.526 \cdot 10^{-2}$). The structure of the alloy consists of a mixture of ferrite and pearlite with some content of non-metallic inclusions.

Discussion. Scientists and specialists have already proven that varying the chemical composition can significantly affect the vibro-acoustic properties of metallic materials [2-17].

The composition and structure of metallic ferromagnetic materials play a decisive role in the magneto-mechanical damping of MMD mechanical vibrations [18]. Methods of metallographic analysis, powder figures, a torsion pendulum, X-ray diffraction analysis were used to study the effect of crystal and magnetic structures on the magneto-mechanical damping (MMD) of Fe alloys of various compositions. The effect on the MMD of the grain size, the clarity of the powder figures on the sample surface (the energy density of the domain boundaries), and the degree of crystalline anisotropy was demonstrated. The features of the crystal and magnetic structures for Fe alloys with a high MMD are reviewed. The assumption about the connection of the maximum of the MMD on its dependence on the amplitude of deformation with the transformation of the magnetic structure of the A B type [19].

The features of the formation of a high-damping state of α -solid solutions of the Fe-16Cr type have been investigated by the methods of thermal neutron refraction, magnetometry, X-ray diffraction, electron microscopy, amplitude-dependent internal friction and small-angle neutron scattering. It was demonstrated that the high-damping condition of the investigated materials is characterized by both an optimal combination of internal stress levels, reversal magnetization losses, coercive force, and the formation of a

specific fine domain structure, characterized by an increased fraction of 900 magnetic domains neighborhoods. The dependence of the damping capacity on the average size of the domain h_d is described by a smooth curve with a maximum in the region of h_d 7-9 μm [20].

Mn-Cu binary alloys quenched from the high-temperature γ -region with a content $C_{\text{Mn}}^{\text{сп}} \geq 80\%$ have a complex of unique physical and mechanical properties: high damping [21]. This is a consequence of the occurrence in them of a low-temperature fcc-fct transition of the martensitic type, which is closely correlated with the antiferromagnetic ordering of the atomic magnetic moments of manganese. Aging at $300^\circ < T < 500^\circ$, due to the presence of a metastable region of separation into two isomorphous γ -solid solutions of different concentrations, has a significant effect on the course of this process in Mn-Cu alloys.

In [22], the structure and damping properties of Mn-Cu alloys with 50-85% Mn in the state quenched from the homogeneity region of the γ -phase and annealed to metastable equilibrium at 400 and 4500 C. Features of the fine structure of the martensite of these alloys, caused by the spinodal character of the decomposition. A structural mechanism of the formation of a high-damping state in Mn-Cu alloys is proposed.

The propagation of acoustic waves in polycrystals is accompanied by the effects of amplitude-dependent internal friction (ADIF). This phenomenon leads to a dependence of the attenuation and propagation velocity of an acoustic wave on its amplitude and in many cases is due to the motion of dislocations. The author in [23] presents the results of experimental and theoretical studies of nonlinear acoustic effects of internal friction in rods made of technical lead: amplitude-dependent losses and resonance frequency shift, nonlinear sound decay on sound and nonlinear limitation of the wave amplitude. The discovered effects are described within the framework of phenomenological equations of state containing elastic and dissipative nonlinearities.

Conclusion. Among the investigated alloys 133, 134, 172, 174, 132, 137, 126, 135 with the best damping indices, there was alloy 132 (2.26% Mn; 1.78% Mo; 1.0% Al), which is characterized by the following properties: $L_A = 74.3$ dBA; $V_{\text{szz}} = 628$ dBA/s, $\delta = 0.0228$. Here, the content of non-metallic inclusions of medium size is very high (7.273×10^{-2}), which guarantees a low sound emission.

It was also revealed that according to the results of the study of alloy 137 (one percent of Mn, Ni, Nb, Al, 1.5% Cr, 1.5% V, 0.5% Mo, 0.5% Ti, 0.5% Cu), which is complexly alloyed, its damping properties are low ($L_A = 83.7$ dBA, $\delta = 0.013$, $V_{\text{cz}} = 261$ dBA/s). This shows that high alloying with the indicated deficient elements does not always provide an increase in damping properties.

REFERENCES

- [1] Utepov E.B., Suleev D.K., Bizhanov N.K. i dr. Nauchnye osnovy sozdaniya «tihih» splavov (problemy akusticheskoy ekologii) - Almaty: TOO «Print», 2000. – 332 s.
- [2] Moskaleva L.N., Pracyuk V.A. Issledovanie akusticheskikh svoystv stalej, legirovannykh titanom. - V sb.: Problemy inzhenernoj ohrany truda. Na-uch. tr. Mosk. in-ta stali i splavov, № 127. -M.: Metallurgiya, 1981, C. 69-75.
- [3] Utepov E.B., Aktaev B.G., Hohlov P.P., Utepov B.B. Razrabotka maloshum-nyh splavov 2-e izd. - Almaty, TOO «Print», 2000 g. – 114 s.
- [4] Drejman N.I., Zlobinskij B.M. Zvukoizlucheniya dvoynyh splavov zheleza s hromom, nikel'm i margancem. - V sb. tez. dokl. VI Vsesoyuznoj Akusti-cheskoj konferencii - M., 1966, S. 112 -114.
- [5] Utepov E.B., Suleev D.K., Bizhanov N.K. i dr. Akusticheskaya ekologiya: dempfiruyushchie materialy i konstrukcii. - Almaty: TOO «Print», 2000.-332 s.
- [6] Nagatani F. Metallicheskie i zvukoizolyacionnye materialy. Nihon kikaj gakkajsi. 1977, t.80, g.708, S. 1178-1181.
- [7] Vermont J. Moving dislocation in shock front. - Proceeding ofjntem. Konfer-ence on Metallurgy Effect of High - Strain - Rate, Deformation and Fabrication, 1980. - p. 469-486.

- [8] The attenuation of shock waves in nickel /chen -jin hsu, kou chang HSU, Law-reuce E. Murr, Mark A. Megerc - Stain-Rate Phenomena in Metals, 1981, ch. 27, p.433-452.
- [9] Brinza V.N., Moskaleva L.N., Pracyuk V.A. Issledovanie vliyaniya karbi-doobrazuyushchih elementov v nizkolegированной stali na ee akusticheskie svoystva: - v sb.: Problemy inzhenernoj ohrany truda nauch. tr. Moskva instituta stali i splavov, №105. - M.: Metallurgiya, 1977, S. 53-58.
- [10] Zlobinskij B.M., Drejman N.I., Klimov YU.A., Pimenov E.S. Bor'ba s shumom v chernoj metallurgii - Kiev: Tekhnika, 1973. - 200 s.
- [11] Hohlov P.P., Uteпов E.B., Aktaev B.T. i dr. Vliyanie termicheskoy obrabotki na dissipativnye svoystva legirovannyh splavov // Materialy tret'ej Mezhdunarodnoj nauchno-tekhnicheskoy konferencii «Novoe v ohrane truda i okruzhayushchej sredy» - Almaty, 1998. - C. 129
- [12] Uteпов E.B., Lidtkе V.U., Myakotin V.N., Uteпов T.E. Reduction of noise in directing pipes of turning automatohs - Almaty: "Print", 2000. - p.76
- [13] Uteпов E.B., Aktaev B.G., Aktaeva D.U., Khohlov P.P. Application of "Silent" alloys in engineering of struggle with noise. - Almaty: Shevehenko Small En-terprise, 1999. - p. 79
- [14] Drejman N.I. A.C. № 272632 (SSSR) «Byulleten' izobretenij», 1970, № 19
- [15] Parfenov A.A. K metodike opredeleniya akusticheskikh harakteristik metallicheskih materialov. - V sb.: Problemy inzhenernoj ohrany truda. Nauch. tr. Mosk. ins-ta stali i splavov, №127. - M.: Metallurgiya, 1981, C. 75-79
- [16] Issledovanie akusticheskikh svoystv listovoj stali. /Brinza V.N., Moska-leva L.N., Parfenov A.A., Prilepskaya I.V.- Izv. Vuzov. CHernaya metallur-giya, 1980, №5, C. 94-98.
- [17] Krishtal M.A., Golovin S.A. Vnutrenne trenie i struktura metallov -M.: Metallurgiya, 1976. - s. 376.
- [18] I.V. Kekalo Magnitoupругie yavleniya. Metallovedenie i termicheskaya obrabotka, 1973, 7, s. 5-88.
- [19] Skvorcov A.I. Rol' kristallicheskoj i magnitnoj struktur v formirovanii vysokogo magnitomekhanicheskogo zatuhaniya v splavah zheleza. //RZH. Fizika metallov i metallovedenie. T. 75, 1993. -№6, s. 118-123.
- [20] Udavenko V.A., CHudakov I.B., Polyakova N.A. Tonkaya kristallicheskaya i magnitnaya struktura vysokodempfiruyushchih splavov na osnove sistemy Fe-Cr. //RZH. Fizika metallov i metallovedenie. T. 75, 1993. -№3, s. 49-55.
- [21] V.V. Matveev, G.YA. YAroslavskij i dr. Splavy vysokogo dempfirovaniya na mednoj osnove. Kiev, Naukova dumka, 1986, s. 207.
- [22] Udovento V.A., Polyakova N.A., Turmambekov A.T. Struktura i dempfiruyushchie svoystva GCK splavov marganec – med'. // RZH. Fizika metallov i metallovedenie. T. , 1991. -№11, s. 143-149.
- [23] Nazarov V.E. Amplitudno-zavisimoe vnutrennee trenie svinca. //RZH. Fizika metallov i metallovedenie. T. 88, 1999. -№4, s. 82-90.

¹М. Малгаждарова*, ²А.Беркінбаева

¹Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті, Алматы, Қазақстан

²Алматы технологиялық университеті, Алматы, Қазақстан

*e-mail: makpal_super@mail.ru

КІШГІРІМ ЛЕГІРЛЕУ КЕЗІНДЕ ДИССИПАТИВТІ ҚОРЫТПАЛАРДЫ АЛУ

Аңдатпа. Мақалада қорытпалардағы демпферлеу механизмдері бойынша әдеби шолу өткізілді. Мақала авторларының мақсаты қорытпаны аз ғана легірлеу арқылы максималды демпферлеу әсерін алу болып табылады. Құйылған, жасытылған және шындалған қорытпалардың үлгілері зерттелді. Зерттеу нәтижелері бойынша қорытпалардың демпферлеуші қасиеттеріне сипатталар берілді және жоғары демпферлеу параметрлерінің мүмкін пайда болу себептері түсіндірілді. Бейметалл қосылыстардың сипатын талдау өте ұсақ бейметалл қосылыстар жоғары демпферлеуді қамтамасыз етпейтінін көрсетті. Орта өлшемді бейметалл қосылыстардың жоғары құрамы төмен дыбыс шығаруға алып келеді. Бір пайыз көлемінде Mn, Ni, Nb, Al элементтерімен, 1,5% Cr, 1,5% V, 0,5% Mo, 0,5% Ti, 0,5% Cu элементтермен жоғары легірлеу жоғары демпферлеуші қасиеттерді әрдайым қамтамасыз ете алмайды.

Негізгі сөздер: легірлеу, демпферлеуші қасиеттер, қорытпаның микроқұрылымы, дыбыс шығару, бейметалл қосылыс.

¹М. Малгаждарова*, ²А.Беркинбаева

¹Международный университет информационных технологий, Алматы, Казахстан

²Алматинский технологический университет, Алматы, Казахстан

*e-mail: makpal_super@mail.ru

ПОЛУЧЕНИЕ ДИССИПАТИВНЫХ СПЛАВОВ ПРИ МИНИМАЛЬНОМ ЛЕГИРОВАНИИ

Аннотация. В статье проведен литературный обзор по механизмам демпфирования в сплавах. Целью авторов являлось получение максимального демпфирования при минимальном легировании сплавов. Исследовались образцы сплавов в литом, отожженном и закаленном виде. По результатам исследования предоставлены характеристики демпфирующих свойств сплавов и объяснены возможные причины высоких значений параметров демпфирования. Анализ характера неметаллических включений показывает, что очень мелкие неметаллические включения не обеспечивают высокое демпфирование. Очень высокое содержание неметаллических включений среднего размера ведет к низкому звукоизлучению. Высокое легирование такими элементами как Mn, Ni, Nb, Al, по одному проценту, 1,5% Cr, 1,5% V, 0,5% Mo, 0,5% Ti, 0,5% Cu, не всегда обеспечивает повышение демпфирующих свойств.

Ключевые слова: легирование, демпфирующие свойства, микроструктура сплава, звукоизлучение, неметаллическое включение.

¹Ш.Ж. Сагимбаева*, ¹К.Ш. Шункеев, ²В.В. Тарковский, ²А.Е. Герман

³Д.М. Сергеев, ¹Л.К. Тастанова, ¹Ж. К. Убаев

¹Актюбинский региональный университет имени К. Жубанова, Актобе, Казахстан

²Гродненский университет имени Янка Купала, Гродно, Беларусь

³Военный институт Сил воздушной обороны имени дважды Героя Советского Союза

Т.Я. Бегельдинова, Актобе, Казахстан

*e-mail: shynar_06@mail.ru

ЭЛЕКТРОГИДРАВЛИЧЕСКИЙ МЕТОД ОБОГАЩЕНИЯ ПРИРОДНОГО ДИАТОМИТА КАЗАХСТАНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Аннотация. Впервые применен электрогидравлический метод обогащения природного диатомита, основанного на разделении глинистого составляющего под воздействием энергии плазмы, возникающей при коротком электрическом разряде.

Впервые разработана специальная компьютерная технология с использованием портативного навигатора Montana серии 600 компании Garmin, программ Google Earth и Garmin Base Camp для составления контура и площади диатомовых пород по территории «Жалпак».

Проведены комплексные исследования обогащенного диатомита с применением спектрального, микроскопического, рентгенодифрактометрического, силикатного-(химического), элементного и термических методов анализа.

Независимые методы анализа показывают практически одинаковые результаты по степени обогащения диатомита оксидами кремния (SiO_2), находящиеся в пределах $78 \div 81,8\%$. На основании результатов спектрального анализа можно заключить, что электрогидравлический метод очень эффективно очищает диатомит от оксидов кальция (CaO) и серы (SO_3) до уровня $0,21\%$ и $0,18\%$ соответственно.

Ключевые слова: диатомит, электрогидравлический метод, оксид кремния, обогащение, методы анализа.

Введение. В современных условиях многофункциональными перспективными материалами выступают модифицированные диатомиты с заданными свойствами в качестве наполнителей для изготовления тепло- и гидроизоляционных материалов, пластмасс и красок [1-3], минеральных удобрений [4], фильтров и сорбентов [5-9], биологических препаратов и т.д.

Основной состав диатомита состоит из трех оксидных компонентов SiO_2 , Al_2O_3 и Fe_2O_3 . Диатомит имеет пористую структуру и содержит до $70 \div 85\%$ пустот [1] как аналог активированного угля.

Существуют множества методов обогащения и модификаций природного диатомита в зависимости от направления применения [1,6-9]. Отметим, что львиная доля метода синтеза диатомита относится к химическим способам. Имеются всего лишь несколько работ [10, 11], относящихся к разделению глинистого составляющего от минеральных фаз горных пород электрогидравлическим методом, разработанным Юткиным [12,13].

В данной работе нами впервые применяется электрогидравлический метод для обогащения природного диатомита, суть которого заключается в разделении глинистого составляющего с использованием энергии плазмы, возникающей при коротком электрическом разряде. Электрогидравлическая встряска смеси диатомита и глины приведет к их разделению. Вследствие того, что плотность диатомита лежит в пределах $380-1000 \text{ кг/м}^3$, а глины $1400-1700 \text{ кг/м}^3$, то глина, как более тяжелый материал, осядет в нижнем слое, а диатомит сконцентрируется сверху.

Техника эксперимента. В зависимости от физико-химического свойства материалов режим работы электрогидравлического устройства регулируется для хрупких, твердых и пластичных веществ [12]. Нами разработан режим работы электрогидравлического устройства для разделения минеральных веществ, примером которого является природный диатомит.

Блок-схема экспериментальной установки представлена на рисунке 1.

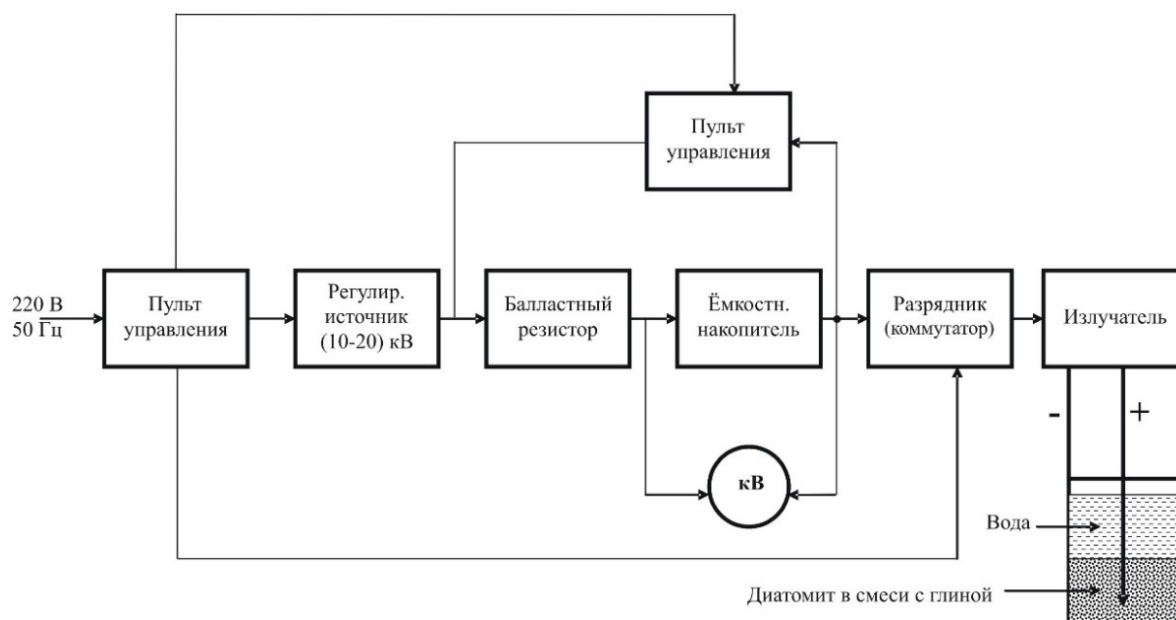


Рисунок 1. Блок-схема экспериментальной установки электрогидравлического метода обогащения диатомита.

Регулируемый источник (10-20 кВ) вырабатывает постоянное напряжение, необходимое для питания накопителя. Балластный резистор обеспечивает заданное значение тока заряда конденсаторной батареи ёмкостного накопителя. Ёмкостный накопитель – батарея из двух конденсаторов К75-48 (0,22 мкФ, 25 кВ), соединенных параллельно, обеспечивает при напряжении 10-20 кВ запасаемую энергию от 22 до 88 Дж.

Коммутатор предназначен для импульсного разряда ёмкостного накопителя на излучатель и представляет собой блок из двух высоковольтных управляемых керамических разрядников ТГ-127 и РУ-62, соединенных последовательно для исключения самопрооба при напряжении больше 15 кВ. Коммутатор работает в режиме одиночных импульсов.

Высоковольтный импульс, сформированный коммутатором, по высоковольтному коаксиальному кабелю транспортируется на излучатель, который может быть тонкой медной (алюминиевой) проволочкой, графитовым стержнем либо чистой водой, через которую осуществляется разряд. Схема защиты предназначена для снятия остаточного заряда на ёмкостном накопителе и представляет собой вакуумный выключатель ВВ-20, обмотка которого после выключения питания замыкает батарею накопителя на балластный резистор, снимая с него остаточный заряд.

Объект исследования. Базовым материалом исследования является природный диатомит с местности «Жалпак» Актюбинской области (Примугалжарье).

Для проведения расчетных работ по определению площади диатомовых пород по территории «Жалпак» была впервые разработана специальная компьютерная технология с использованием возможностей навигатора Garmin, программ Google Earth и Garmin Base Camp, алгоритм последовательных действий которых представлен на рисунке 2.



Рисунок 2. Технология проведения расчетных работ по определению ресурсов диатомитовых пород по площади «Жалпак» на основании навигационных исследований

Портативный навигатор Montana серии 600 компании Garmin получает информацию со спутника в режиме нон-стоп, что позволяет GPS приемнику (навигатору) всегда получать достоверные данные и использовать навигацию в полном объеме. Устройства GPS обеспечивают информацию о широте, долготе и высоте треков. С помощью этого устройства возможно осуществлять регистрацию треков и рассчитывать значения площади, высоты, координат месторождений диатомитов по площади «Жалпак». Зарегистрированные треки сохраняются в файлах с расширением grx в навигаторе и компьютере. Для обработки данных в формате grx требуются специальные программы, такие как Google Earth и Garmin Base Camp. Зарегистрированные на навигаторе треки экспортируются в программу Garmin Base Camp.

Программа Garmin Base Camp предназначена для работы с картами, треками, маршрутами, путевыми точками. Расчет площади, описываемой треком в программе Base Camp Garmin осуществляется следующим образом: задается команда «Измерение», затем курсором измерителя по профили трека обводится измеряемая площадь, по окончании обвода контура автоматически выводится значение площади.

В правой части на рисунке 2 показан контур диатомитов по площади «Жалпак», полученный с помощью навигатора компании Garmin.

Таким образом, с помощью разработанной технологии проведения расчетных работ по площади «Жалпак», основанной на специальных возможностях навигатора компании Garmin и программы Garmin Basecamp, рассчитана общая площадь диатомитов, составляющая 85 кв. км., в том числе площадь останцев диатомитов – 3,5 кв.км.

Экспериментальные результаты. Технология обогащения диатомита мокрым способом на основе электрогидравлического метода заключается в следующем. Природный диатомит погружается в металлическую ванну с водой и магнитной мешалкой перемешивается в течение 10-15 минут с целью получения гомогенного водного раствора. Стенки ванны являются отрицательным электродом, а положительный электрод погружается в водный раствор (рисунок 1). Производятся электрические разряды в водном растворе. Экспериментальным путем устанавливается оптимальный режим воздействия электрических разрядов на диатомитовый водный раствор. Электрогидравлическая встряска смеси приводит

к разделению на два компонента, содержащих чистый диатомит и глину, входящие в состав природного диатомита. Вследствие того, что плотность диатомита лежит в пределах 380-1000 кг/м³, а глины 1400-1700 кг/м³, то глина, как более тяжелый материал, осядет в нижнем слое водного раствора, а диатомит выплывет на поверхность смеси, как показан на рисунке 3.

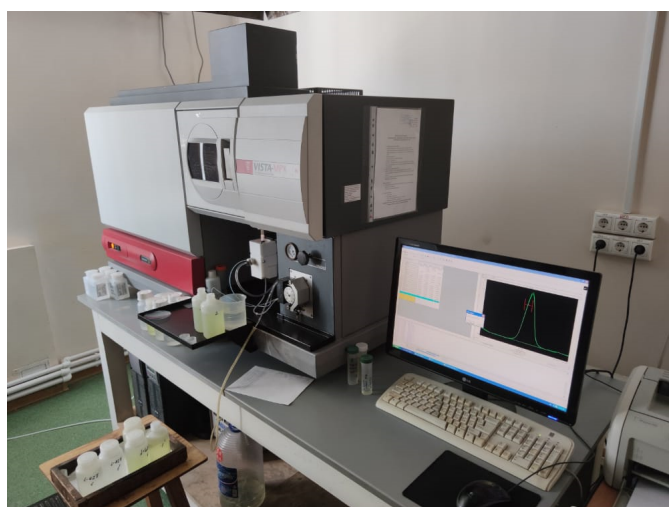


Рисунок 3. Суспензия после электрогидравлического воздействия:
1-вода 2- диатомит 3- глина

Проведены сравнительные анализы природного и обогащенного диатомита электрогидравлическим способом методами спектрального, микроскопического, рентгенодифрактометрического, силикатного(химического), элементного и термических анализов.

Спектральный анализ проведен на атомно-эмиссионном спектрометре Vista MRX Simultaneous ICP-OES Series\$ (Рисунок 4) в соответствии с МВИ № 01-ИЛ-2016 «Методика выполнения измерений массовой доли оксидов алюминия, железа общего, кальция, магния, натрия, калия, двуокиси кремния, пятиокиси фосфора, трехокиси серы, двуокиси марганца, двуокиси титана в глинах, песках, известняках, доломитах, цементном сырье методом спектрометрии с индуктивно связанной плазмой» (Зарегистрировано в реестре ГСИ РК № KZ.07.00/03408-2016).

Таблица 1



%	Длина волны излучения (нм)	Обогащенный диатомит	Природный диатомит
Al ₂ O ₃	308,215	13,49	16,63
Fe ₂ O ₃	238,204	2,9	3,17
CaO	318,127	0,21	7,38
MgO	285,213	1,12	1,37
Na ₂ O	588,995	0,37	0,26
K ₂ O	766,491	1,21	1,32
SiO ₂	251,611	79,95	59,41
P ₂ O ₅	213,618	0,071	0,153
SO ₃	181,972	0,18	9,87
MnO	257,610	0,018	0,013
TiO ₂	334,941	0,38	0,43

Рисунок 4. Спектральный анализ проведен на атомно-эмиссионном спектрометре Vista MRX Simultaneous ICP-OES Series\$.

Методика спектрального анализа на основе плазменного определения оксидов алюминия, железа, кальция, магния, натрия, калия, двуокиси кремния, пятиокиси фосфора, трехокиси серы, двуокиси марганца, двуокиси титана в диатомитах заключается в разложении анализируемого материала, переведении его в раствор, введении полученного раствора в виде аэрозоля в индуктивно связанную плазму и измерении интенсивности спектральной линии определяемых элементов на атомно-эмиссионном спектрометре Vista MRX Simultaneous ICP-OES Series\$, представленный на рисунке 4.

Важной положительной особенностью индуктивно связанной плазмы является низкий уровень фонового излучения и его флуктуаций, которые в сочетании с практическим отсутствием самопоглощения излучаемых спектральных линий и малым межэлементным влиянием позволяют достигать весьма низких пределов обнаружения большого числа элементов.

Достижимые пределы обнаружения элементов, концентрационный диапазон и воспроизводимость результатов определений зависят от характеристик применяемых установок (горелки, ВЧ-генератора, устройства ввода пробы, спектральной и регистрирующей аппаратуры и др.) и способа наблюдения излучения.

На интенсивность анализируемого спектра и фона плазмы оказывают влияние состав газа-носителя и анализируемого аэрозоля, плазмообразующего и охлаждающего газа, скорость потока газа, мощность ВЧ-генератора, местоположение аналитической зоны.

В данной методике для возбуждения индуктивно связанной плазмы используется ВЧ-генератор мощностью 2кВт на частоте 27,12 МГц, работающий на трехвитковом индукторе с плазменной горелкой 18 мм. Плазмообразующим, охлаждающим и распыляющим раствор газом является аргон, общий расход которого составляет около 13 л/мин.

Наибольшее и менее контролируемое влияние на результат анализа оказывает эффект матрицы. Для учета нестабильных условий анализа используется внутренний стандарт, который прибавляют в каждую пробу перед введением её в плазму, а также сильно разбавленные растворы. Элементом сравнения является литий, имеющий спектральную линию при 670,783 нм (Таблица 1). Спектрофотометрические анализы различных проб по характерным спектральным линиям оксидов, указанные в таблице 1, определены их концентрации для природного и обогащенного диатомита электрогидравлическим методом.

После обогащения диатомита электрогидравлическим методом [12], как показывают результаты спектрального анализа из таблицы 1, что в составе диатомита, заметно увеличились концентрации SiO_2 до 79,95%, а концентрации Al_2O_3 и Fe_2O_3 уменьшились до 13,49% и 2,9% соответственно. Тем не менее, концентрации Al_2O_3 и Fe_2O_3 остаются достаточно заметными, по-видимому, требуются дополнительные меры по регулировке режимов работы электрогидравлического устройства в зависимости от физико-химических свойств диатомита. Из таблицы 1 следует, что электрогидравлический метод очень эффективно очищает диатомит от CaO (7,38% $\rightarrow$ 0,21%) и SO_3 (9,87% $\rightarrow$ 0,18%), т.е. их концентрации доведены практически на нет.

Микроскопический анализ диатомитов был изучен методом сканирующей электронной микроскопии с использованием электронно-зондового микроанализатора Superprobe JCSA-733 в режиме вторичных электронов [14].

На электронно-микроскопических снимках в режиме вторичных электронов наблюдается рыхлая структура, состоящая из построений реликтов палеофауны и палеофлоры.

Электронно-микроскопический анализ показывает, что обогащение диатомита приводит к отчетливым проявлениям панцирей из-за уменьшения белых пятен, свойственно к глинам и увеличению количества чистых нано- и микроразмерных сеток, имеющих размеры 270÷450 нм [14].

В целом, по результатам электронно-микроскопического исследования приходим к мнению о том, что электрогидравлический метод воздействия является эффективным

способом обогащения диатомита, что подтверждается результатами других независимых методов анализа.

Рентгенодифрактометрический анализ проведен на автоматизированном дифрактометре ДРОН-3, настроенный на характеристические излучения линии меди - ($CuK\alpha$). Режим работы рентгеновской установки при съемке дифрактограмм соответствовал по напряжению 35 кВ и току 20 мА. При этом шкала была рассчитана на 2000 импульсов. Гониометрические параметры съемки - θ - 2θ путем детектирования 2 град/мин. Рентгенофазовый анализ на полуколичественной основе выполнен по дифрактограммам порошковых проб с применением метода равных навесок. Определялись количественные соотношения кристаллических фаз.

Дифрактограмма обогащенного диатомита (рисунок 5) и табличные данные для природного, илистого и обогащенного диатомита приведены в таблице 2.

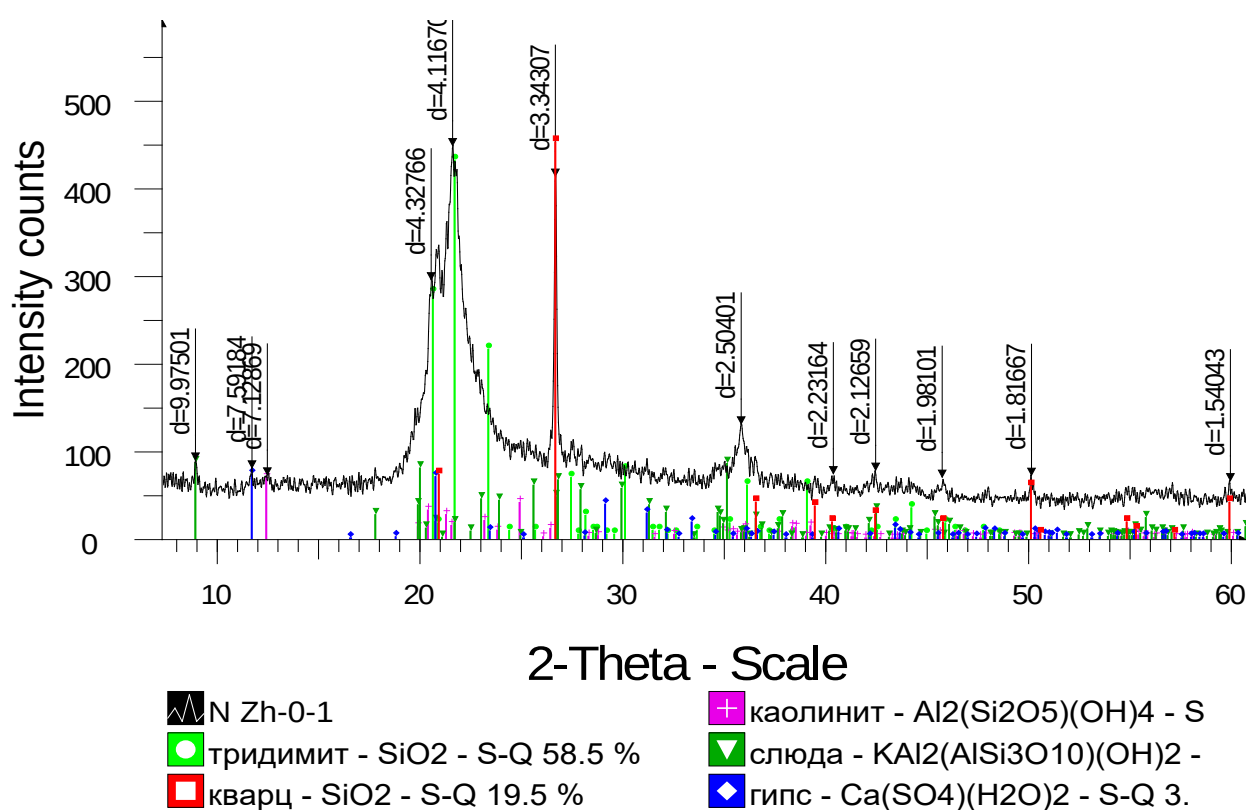


Рисунок 5. Дифрактограмма обогащенного диатомита

Из таблицы следует, что результаты полуколичественного рентгенодифракционного анализа позволяют установить наличие следующих основных кристаллических фаз в составе диатомита в зависимости от чистоты: тридимит, кварц, каолинит, слюда, галит, гипс, смектит, ССМ и т.д.

Из таблицы также наблюдается основная тенденция по концентрации оксидов в диатомитах в зависимости от электрогидравлического воздействия. В обогащенном диатомите концентрация SiO_2 достигает 78%. При этом от каолинита очищается почти в 3 раза по сравнению с природным фрагментом, где концентрация каолинита составляет 40,2 %. Концентрация слюды уменьшается в 2 раза.

Таблица 2. Результаты полуколичественного рентгенофазового анализа кристаллических фаз природного, илистого компонента и обогащенного диатомита

Минерал	Формула	Природный диатомит, концентрация (%)	Илистая фракция, концентрация (%)	Обогащенный диатомит, концентрация (%)
Тридимит	SiO ₂	-	-	58,5
Кварц	SiO ₂	22,9	7,8	19,5
Каолинит	Al ₂ (Si ₂ O ₅)(OH) ₄	40,2	51,3	14,3
Слюда	KAl ₂ (AlSi ₃ O ₁₀)(OH) ₂	9,8	6,7	4,6
Галит	NaCl	4,4	3,0	-
Гипс	Ca(SO ₄ (H ₂ O) ₂	-	-	3,1
Смектит	(Na, Ca) 0,3(Al,Mg) ₂ Si ₂ O ₁₀ (OH) ₂ nH ₂ O	22,7	-	-
ССМ	K-Na-Al-Si-O-(OH)	-	31,2	-
ИТОГО		100%	100%	100%

Таким образом, на основании экспериментальных результатов рентгенофазового анализа видна эффективность электрогидравлического метода обогащения диатомита.

Силикатный (химический) анализ пробы природного и обогащенного диатомита осуществлен методом сплавления, в качестве смеси для сплавления использовали натрий углекислый, натрий тетраборнокислый и калий углекислый смешивают в соотношении 1:1:1. Сплавление пробы проводилось в муфельной печи при температуре 1000⁰ С.

Полученный сплав выщелачивали в смеси раствора соляной кислоты (1:3) и 40 мл раствора трилона Б (0,05 моль/л). Дальнейшее определение массовой доли каждого из определяемых элементов проводилось из раствора, отобранного из исходного раствора.

При определении массовой доли оксида алюминия, оксида железа (III), оксида кремния был использован спектрофотометрический метод. Протоколы анализа приведены в таблице 3.

Таблица 3. Результаты силикатного (химического) анализа

Пробы	Содержание элементов (вес.%)											
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	SO ₃	Вл.	ППП	Σ	d уд.в.
Природный диатомит	53,9	7,29	4,22	4,93	4,63	2,54	0,94	2,53	7,0	11,47	99,45	2,57
Обогащенный диатомит	81,8	4,55	2,5	2,42	2,73	0,44	0,62	1,61	2,2	0,77	99,64	2,40

Из таблицы следует, что в обогащенном диатомите SiO₂ составляет 81,8 %. При этом уменьшились концентрации Al₂O₃ до 4,55 % и Fe₂O₃ до 2,5 %. В отличие от спектрального анализа (Таблица 1), который показывает полную очистку обогащенного диатомита от CaO (7,38% → 0,21%) и SO₃ (9,87% → 0,18%), химический анализ (Таблица 3) дает несущественную разницу в пользу очистки диатомита. По-видимому, эти различия из-за менее чувствительности спектрофотометрического анализа, основанного для регистрации спектров поглощения веществ по сравнению с результатами спектрального анализа, полученные по характерным спектральным линиям излучения оксидов.

Термический анализ выполнялся на дериватографе Q-1000/D системы F.Paulik, J.Paulik и L.Erdey фирмы «МОН», (Будапешт).

Метод термического анализа основан на регистрации изменений термохимических и физических параметров вещества при нагревании. Термохимическое состояние пробы описывается кривыми: Т (температурной), ДТА (дифференциальной термоаналитической), TG (термогравиметрической) и DTG (дифференциальной термогравиметрической). DTG является производной от TG-функции.

Регистрация необходимых параметров осуществлялась в температурном интервале 20-1000°C при нагревании образцов с постоянной скоростью нагрева ($dT/dt = 10 \frac{\text{град}}{\text{мин}}$).

Идентифицирование минерального состава порошковых проб проводилось по морфологиям термических кривых и численных значений интенсивностей эндо – и экзотермических эффектов с использованием сопряженных с ними термогравиметрических показаний TG – линий образцов трех компонентов: природный, илистый и обогащенный.

В природном диатомите на основании данных дифференциальных кривых и термогравиметрических показаний TG-измерений установлен следующий минеральный состав (в %), указанный на рисунке 6 и в таблице 4: Кварц – 25; Каолинит – 18,4; Гидрослюда – 13,1; Сметтит – 23,1; Термически инертные минералы (Галит, Слюда и др.) – 20.

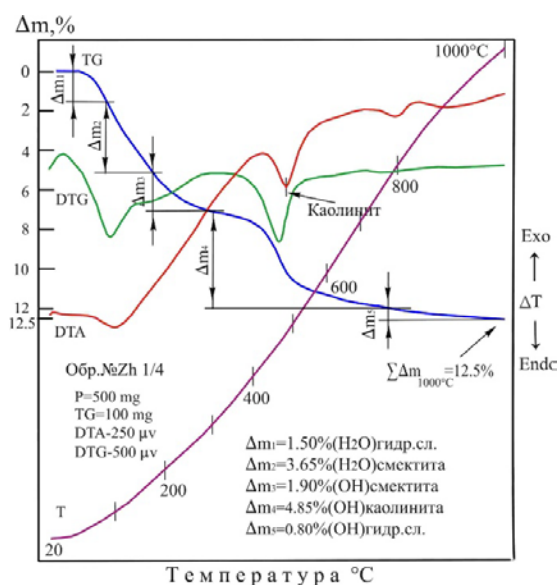


Рисунок 6. Дериватограмма природного диатомита

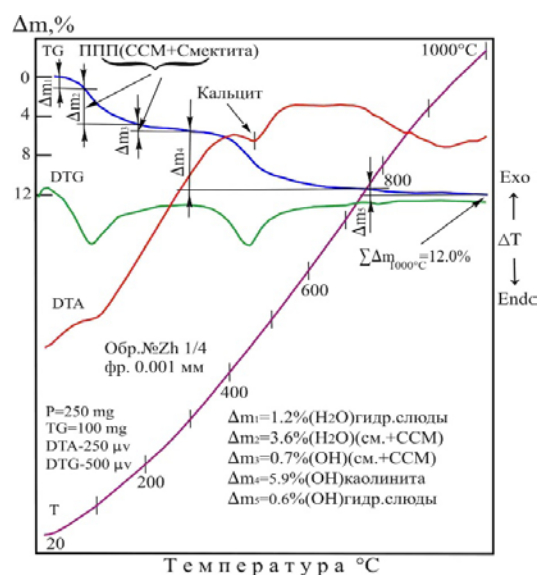


Рисунок 7. Дериватограмма илистого компонента

Термические кривые **илистой фракции** представлены на рисунке 7. Количественное содержание в пробе гидрослюда и тонкодисперсного образования Сметтит полностью соответствует содержанию таковых во фракции 0.005 мм, хотя кинетика термической деструкции этих минералов в испытываемых навесках несколько отличаются между собой. В анализируемой пробе выявлено следующие минералы (в %): Кварц – 20, Каолинит – 22,4; Гидрослюда – 11,3; Сметтит – 21,2; Термически инертные минералы (Слюда и др.) – 25.

Таблица 4. Результаты термического анализа природного, илистого компонента и обогащенного диатомита

Минерал	Формула	Природный диатомит, концентрация (%)	Илистая фракция, концентрация (%)	Обогащенный диатомит, концентрация (%)
Тридимит	SiO_2	-	-	60
Кварц	SiO_2	25	20	20
Каолинит	$\text{Al}_2(\text{Si}_2\text{O}_5)(\text{OH})_4$	18,4	22,4	5,3
Гидрослюда	$\text{KAl}_2(\text{AlSi}_3\text{O}_{10})(\text{OH})_2$	13,5	11,3	11,3
Гипс	$\text{Ca}(\text{SO}_4(\text{H}_2\text{O})_2)$	-	-	3,4
Смектит	$(\text{Na}, \text{Ca})_{0,3}(\text{Al}, \text{Mg})_2\text{Si}_2\text{O}_{10}(\text{OH})_{2+n}\text{H}_2\text{O}$	23,1	21,2	-
Термически инертные минералы (Галит, Слюда, Альбит и др.)	K-Na-Al-Si-O-(OH)	20	25	-
ИТОГО		100%	100%	100%

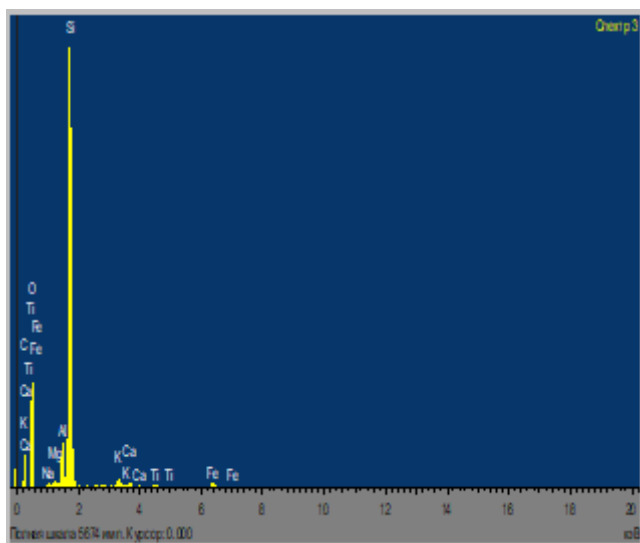
Обогащенный диатомит представлен преимущественно (~80%) минералами диоксида кремния – тридимитом и кварцем, как указано в таблице 4. Кварц диагностировался по эндотермическому пику при 500°C, который связан полиморфным переходом его из состояния α в β -модификацию. В указанной области температур данный термический эффект перекрыт эндотермическим проявлением, вызванным дегидроксилизацией каолинита. Существование такого превращения кварца можно проследить после деструкции этого глинистого включения, т.е. при охлаждении системы или при повторном обжиге пробы. Выявленный в пробе тридимит также оставляет на кривой весьма слабое проявление, обусловленное переходом его (в области 870°C) в α -кварц. После вычета из состава образца диагностированных термически активных компонентов, на долю диоксидов кремния остается около 80% массы образца. Из них, при качественном сравнении интенсивностей пиков предполагаемых минералов, кварцу следует отвести <20%, а тридимиту <60% массы исследуемой системы. Общий состав изученной пробы (в %) соответствует следующим данным: Тридимит – 60; Кварц – 20; Каолинит – 5,3; Гидрослюда – 11,3 и Гипс – 3,4.

Следует отметить, что в силу малости содержания гипса в пробе, кривые DTA и DTG явно не проявили этапы его обезвоживания. Количество данного сульфата кальция была подсчитана по общему сбросу веса, осуществленная в интервале 140-180°C.

Также необходимо показать, что содержание каолинита во всех представленных образцах, выявленного по результатам обезвоживания его структуры, несколько ниже (5,3%, таблица 4), чем это отмечено в результатах рентгенофазового анализа (14,3%, таблица 2). По-видимому, этот эффект обусловлен дефицитом гидроксидов в кремнекислородном каркасе указанной системы, а также вызвано наличием дефектов в кристаллическом строении данного глинистого минерала.

Элементный анализ. Согласно результатам рентгеноспектрального (элементного) анализа, представленном в таблице 5, можно выделить основные закономерности влияния электрогидравлического воздействия на состав диатомита. При анализе главным ориентиром является содержание кремния (Si), который составил 30,94% в природном диатомите, а после обогащения увеличился до уровня 40,61%. В перерасчете на оксид кремния (SiO_2) в первом приближении получим 81,22%, что согласуется с данными спектрального анализа (79,95%, таблица 1), рентгенофазового анализа (78%, таблица 2), химического анализа (81,8%, таблица 3) и термического анализа (80%, таблица 4).

Таблица 5



Элементы	Природный диатомит (в вес. %).	Обогащенный диатомит. (в вес. %).
O	56,2	52,49
Na	0,41	0,22
Mg	1,04	0,39
Al	7,55	3,45
Si	30,94	40,61
S	0,35	-
Cl	0,43	-
K	1,21	0,8
Ca	-	0,37
Ti	0,47	0,26
Fe	1,40	1,41
Итого	100%	100%

Рисунок 8. Обогащенный диатомит

В обогащенном диатомите в пределах чувствительности аппаратуры отсутствуют сера (S) и хлор (Cl), а также снижаются концентрации кислорода (O) до уровня 52,49%, натрия (Na) – 0,22%, магния (Mg) – 0,39%, алюминия (Al) – 3,45%, калия (K) – 0,8% и титана (Ti) – 0,26%. Уровень железа (Fe) остается без изменения – 4,41%.

В заключении отметим, что впервые электрогидравлический метод был применен для обогащения природного диатомита. Результаты спектрального, рентгендифрактометрического и силикатного (химического) анализов показывают, что в составе обогащенного диатомита электрогидравлическим методом заметно увеличились концентрации SiO_2 до 78-81,8%, а концентрации Al_2O_3 и Fe_2O_3 уменьшились до 3%. Электронно-микроскопический анализ показывает исчезновение белых пятен, относящихся к глинам и увеличение чистых наноразмерных сеток, имеющих размеры в пределах 272-420 нм.

Благодарность. Работа выполнена в рамках проекта грантового финансирования Комитета науки МОН РК (ИРН AP08955761).

Авторский коллектив благодарны коллегам Гданского университета (Польша), Гродненского университета (Беларусь), института геологии и испытательной лаборатории ТОО «Геоплазма» (Казахстан) за анализы проб природного и обогащенного диатомита.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Bakr H.E.G.M.M. Diatomite: Its Characterization, Modifications and Applications // Asian Journal of Materials Science. – 2010. – Vol. 2(3). – P. 121-136.
- [2] Cacciotti, M. Rinaldi, J. Fabbri, F. Nanni. Innovative polyetherimide and diatomite based composites: influence of the diatomite kind and treatment // J mater res technol. –2019. Vol.8. – No. 2. – P. 1737-1745.
- [3] Galán-Arboledas R.J., Cotes-Palomino M.T., Bueno S., Martínez-García C. Evaluation of spent diatomite incorporation in clay based materials for lightweight bricks processing // Construction and Building Materials. – 2017. – Vol. 144. – P. 327-337.
- [4] Оленин О.А., Зудилин С.Н. Разработка многокомпонентных органических удобрений на основе диатомита для органического земледелия // Органическое земледелие. Плодородие №1. – 2021. DOI: 10.25680/S19948603.2021.118.12
- [5] Bruyako M., Grigoreva L. Effective sorbents based on plasma-modified aluminosilicate minerals // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 365 (2018) 032027 doi:10.1088/1757-899X/365/3/032027

- [6] Nguyen Viet Cong, Korotkova P.S., Khanmamedova E.N., Grigoryeva L.S. Modified sorbents based on diatomites // *Vestnik MGSU, Proceedings of Moscow State University of Civil Engineering*. – 2019. Vol. 14. (7). DOI: 10.22227/1997-0935.2019.7.862-869.
- [7] Jiaqiang Li, Jing Xu, Ziqian Xie, Xin Gao, Jingyuan Zhou, Yan Xiong, Changguo Chen, Jin Zhang, Zhongfan Liu. Diatomite-Templated Synthesis of Freestanding 3D Graphdiyne for Energy Storage and Catalysis Application // *Advanced materials*. – 2018.-Vol 30 (20). – 1800548.
- [8] Datsko T. Ya., Zelentsov V. I., Dvornikova E. E. Physicochemical and Adsorption-Structural Properties of Diatomite Modified with Aluminum Compounds // *Surface Engineering and Applied Electrochemistry*. – 2011. – Vol. 47. – No. 6. – P. 530–539.
- [9] Смирнов П.В., Таранова Л.В. Применение материалов на основе диатомитов и опок в нефтегазовой промышленности // *Известия высших учебных заведений. Нефть и газ*. – 2017. Vol. 1. – P. 87-90. <https://doi.org/10.31660/0445-0108-2017-1-87-90>.
- [10] Martynov N., Dobromirov V., Avramov D., Miroshkin V. Electrohydraulic pretreatment method for the purpose of complex enrichment of fine clay ores of weathering crust // *Journal of Physics: Conference Series* 1614. – 2020. 012056. doi:10.1088/1742-6596/1614/1/012056.
- [11] Martynov N., Avramov D., Kozlov G., Pushkarev M. Pulsed electric discharge in an aqueous medium for processing raw amber // *Journal of Physics: Conference Series* 1614. – 2020. 012060. doi:10.1088/1742-6596/1614/1/012060.
- [12] Yutkin L.A. Electrohydraulic effect and its application in industry. // Leningrad: Mashinostroenie (in Russian). – 1986. 253.
- [13] Drozdov A.N., Narozhnyy I.M., Pak D.X., Ludupov V.B., Zemlianskii G.S. Electrohydraulic effect as an example of electrophysical technologies application in the oil industry // *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering* 675. – 2019. 012024, doi:10.1088/1757-899X/675/1/012024
- [14] Myasnikova L.N., Barmina A.A., Zhanturina N.N., Shunkeyev K.S. The study of characteristics of natural nanomaterial diatomite by electron microscope method // *Bulletin of the university of Karaganda-Physics*. – 2017. – Vol. 86(2). P. 15-20.

REFERENCES

- [1] Bakr H.E.G.M.M. Diatomite: Its Characterization, Modifications and Applications // *Asian Journal of Materials Science*. – 2010. – Vol. 2(3). – P. 121-136.
- [2] Cacciotti, M. Rinaldi, J. Fabbrizi, F. Nanni. Innovative polyetherimide and diatomite based composites: influence of the diatomite kind and treatment // *J mater res technol*. –2019. Vol.8. – No. 2. – P. 1737-1745.
- [3] Galán-Arboledas R.J., Cotes-Palomino M.T., Bueno S., Martínez-García C. Evaluation of spent diatomite incorporation in clay based materials for lightweight bricks processing // *Construction and Building Materials*. – 2017. – Vol. 144. – P. 327-337.
- [4] Olenin O.A., Zudilin S.N. Razrabotka-mnogokomponentnyh-organicheskikh-udobreniy-na-osnove-diatomita-dlya-organicheskogo-zemledeliya // *Organicheskoe zemledeliya. Plodorodie №1*. – 2021. DOI: 10.25680/S19948603.2021.118.12
- [5] Bruyako M., Grigoreva L. Effective sorbents based on plasma-modified aluminosilicate minerals // *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering* 365 (2018) 032027 doi:10.1088/1757-899X/365/3/032027
- [6] Nguyen Viet Cong, Korotkova P.S., Khanmamedova E.N., Grigoryeva L.S. Modified sorbents based on diatomites // *Vestnik MGSU, Proceedings of Moscow State University of Civil Engineering*. – 2019. Vol. 14. (7). DOI: 10.22227/1997-0935.2019.7.862-869.
- [7] Jiaqiang Li, Jing Xu, Ziqian Xie, Xin Gao, Jingyuan Zhou, Yan Xiong, Changguo Chen, Jin Zhang, Zhongfan Liu. Diatomite-Templated Synthesis of Freestanding 3D Graphdiyne for Energy Storage and Catalysis Application // *Advanced materials*. – 2018.-Vol 30 (20). – 1800548.
- [8] Datsko T. Ya., Zelentsov V. I., Dvornikova E. E. Physicochemical and Adsorption-Structural Properties of Diatomite Modified with Aluminum Compounds // *Surface Engineering and Applied Electrochemistry*. – 2011. – Vol. 47. – No. 6. – P. 530–539.

- [9] Smirnov P.V., Taranova L.V. *Primeneniye materialov na osnove diatomitov i opok v neftegazovoy promyshlennosti* // *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Neft' i gaz.* – 2017. Vol, 1. – P. 87-90. <https://doi.org/10.31660/0445-0108-2017-1-87-90>.
- [10] Martynov N., Dobromirov V., Avramov D., Miroshkin V. Electrohydraulic pretreatment method for the purpose of complex enrichment of fine clay ores of weathering crust // *Journal of Physics: Conference Series* 1614. – 2020. 012056. doi:10.1088/1742-6596/1614/1/012056.
- [11] Martynov N., Avramov D., Kozlov G., Pushkarev M. Pulsed electric discharge in an aqueous medium for processing raw amber // *Journal of Physics: Conference Series* 1614. – 2020. 012060. doi:10.1088/1742-6596/1614/1/012060.
- [12] Yutkin L.A. Electrohydraulic effect and its application in industry. // *Leningrad: Mashinostroenie* (in Russian). – 1986. 253.
- [13] Drozdov A.N., Narozhnyy I.M., Pak D.X., Ludupov V.B., Zemlianskii G.S. Electrohydraulic effect as an example of electrophysical technologies application in the oil industry // *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering* 675. – 2019. 012024, doi:10.1088/1757-899X/675/1/012024
- [14] Myasnikova L.N., Barmina A.A., Zhanturina N.N., Shunkeyev K.S. The study of characteristics of natural nanomaterial diatomite by electron microscope method // *Bulletin of the university of Karaganda-Physics.* – 2017. – Vol. 86(2). P. 15-20.

¹Ш.Ж. Сагимбаева*, ¹К.Ш. Шункеев, ²В.В. Тарковский, ²А.Е. Герман

³Д.М. Сергеев, ¹Л.К. Тастанова, ¹Ж. К. Убаев

¹Қ. Жұбанов атындағы Ақтөбе өңірлік университеті, Ақтөбе, Қазақстан

²Янка Купала атындағы Гродно университеті, Гродно, Беларусь

³Кеңес Одағының екі мәрте батыры Т.Я. Бегелдинов атындағы Әуе қорғанысы күштерінің Әскери институты, Ақтөбе, Қазақстан

*e-mail: shynar_06@mail.ru

ҚАЗАҚСТАН КЕН ОРНЫНЫҢ ТАБИҒИ ДИАТОМИТІН БАЙЫТУДЫҢ ЭЛЕКТРОГИДРАВЛИКАЛЫҚ ӘДІСІ

Андатпа. Табиғи диатомитті байытудың электрогидравликалық әдісі алғаш рет қолданылды, ол қысқа электрлік разряд кезінде пайда болатын плазма энергиясының әсерінен сазды компонентті бөлуге негізделген.

Garmin компаниясының 600 сериялы Montana портативтік навигаторын, "Жалпақ" аумағы бойынша диатомдық жыныстардың контуры мен алаңын жасау үшін Google Earth және Garmin Base Camp бағдарламаларын пайдалана отырып, алғаш рет арнайы компьютерлік технология әзірленді.

Байытылған диатомитке кешенді зерттеулер спектрлік, микроскопиялық, рентгенодифрактометриялық, силикаттық-(химиялық), элементтік және термикалық талдау әдістерін қолдану арқылы жүргізілді.

Тәуелсіз талдау әдістері 78÷81,8% шегінде орналасқан диатомитті кремний оксидтерімен (SiO₂) байыту дәрежесі бойынша іс жүзінде бірдей нәтижелерді көрсетеді. Спектрлік талдау нәтижелеріне сүйене отырып, электрогидравликалық әдіс диатомитті кальций оксидтерінен (CaO) және күкірттен (SO₃) сәйкесінше 0,21% және 0,18% деңгейіне дейін тиімді тазартады деп қорытынды жасауға болады.

Негізгі сөздер: диатомит, электрогидравликалық әдіс, кремний оксиді, байыту, талдау әдістері.

¹Sh.Zh. Sagimbayeva*, ¹K.Sh. Shunkeyev, ²V.V. Tarkovsky, ²A.E. Herman

³D.M. Sergeyev, ¹L.K. Tastanova, ¹J.K. Ubayev

¹K. Zhubanov Aktobe Regional University, Aktobe, Kazakhstan

²Yanka Kupala Grodno University, Grodno, Belarus

³T. Begeldinov Aktobe Aviation Institute, Aktobe, Kazakhstan

*e-mail: shynar_06@mail.ru

ELECTROHYDRAULIC METHOD OF KAZAKHSTAN NATURAL DIATOMITE ENRICHMENT

Abstract. The electrohydraulic method of natural diatomite enrichment based on separation of the clay component under the influence of plasma energy arising at a short electric discharge is applied for the first time.

Special computer technology is developed for the first time, using the portable navigator Montana series 600 by Garmin, Google Earth and Garmin Base Camp programs to make a contour and area of diatomaceous rocks on Zhalpak territory.

Comprehensive study of enriched diatomite using spectral, microscopic, X-ray diffractometric, silicate (chemical), elemental and thermal methods of analysis were carried out.

Independent methods of analysis show almost identical results for the degree of diatomite enrichment with silicon oxide (SiO₂), being in the range of 78÷81.8%. Based on the results of spectral analysis it can be concluded that the electrohydraulic method is very effective in cleaning diatomite from calcium (CaO) and sulfur (SO₃) oxides to the level of 0.21% and 0.18% respectively.

Keywords: diatomite, electrohydraulic method, silicon oxide, enrichment, analysis methods.

¹Н.З. Нурғали, ¹Б.С. Келаманов*, ²Е.Б. Тажиев, ³О.В. Заякин

¹Актюбинский региональный университет имени К. Жубанова, Актюбе, Казахстан

²Satbayev University, Алматы, Казахстан

³Институт металлургии Уральского отделения РАН, Екатеринбург, Россия

*e-mail: kelamanov-b@mail.ru

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИ-ДИАГРАММНЫЙ АНАЛИЗ ЧЕТЫРЕХКОМПОНЕНТНОЙ СИСТЕМЫ ФЕРРОСИЛИКОЦИРКОНИЯ (Fe-Zr-Al-Si) С УЧЕТОМ КОНГРУЭНТНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Аннотация. На основе справочных термодинамических данных построена четырехкомпонентная система Fe-Zr-Al-Si и создана ее математическая модель фазовой структуры. В результате выяснилось, что она состоит из 12 элементарных тетраэдров. Для каждого из тетраэдров определены аналитические уравнения, с помощью которых можно установить месторасположение в факторном пространстве общей системы составы различных металлических расплавов с вычислением их нормативных фазовых составов.

Разбивка общей системы осуществлена с учетом конгруэнтных соединений. Совокупность условных объемов элементарных тетраэдров одинакова единице (1,00000), который подтверждает неизменность проведенной тетраэдрации.

Установлены квазиобъемы в системе Fe-Zr-Al-Si, моделирующие составы образующихся металлических продуктов при выплавке различных ферросиликоциркониевых сплавов в процессе восстановления. В результате выяснилось, что сплав с содержанием 25% Zr моделируется тетраэдром Si-Fe₂Al₅-FeSi₂-Zr₆Si₅, а составы сплава с 35 и 50% Zr, распложены в тетраэдрах Si-Fe₂Al₅-FeSi₂-Zr₆Si₅ и Zr₅Si₃-Fe-Fe₂Al₅-FeSi, соответственно.

Ключевые слова: сплав, многокомпонентная система, термодинамический-диаграммный анализ, триангуляция, тетраэдрация, квазиобъем.

Введение. В теории и практике металлургии важное значение имеет изучения состояния материалов, вовлекаемых в металлургический передел, в зависимости от температуры и давления. Следует отметить, что общеизвестные термодинамические исследования процессов в многокомпонентных системах достаточно сложны и требует огромных трудовых, материальных и временных затрат, в плане определения математических расчетов, которые напрямую связаны с необходимостью определения термодинамических функций большого количества независимых реакций. Во многом некоторые данные о свойствах веществ необходимых для определения свободной энергии Гиббса реакций, ограничены или вообще отсутствует, что в подобных случаях исключает применимость термодинамического анализа для изучения многокомпонентных систем. Последний, к тому же, не учитывает особенности промежуточных стадий процесса, так как оперирует только с входными и выходными параметрами процесса [1-4].

Методы. Металлическая система Fe-Zr-Si-Al может являться представлена в образе тетраэдра, его поверхности представляют собой тройные системы Fe-Zr-Al, Fe-Si-Al, Fe-Zr-Si и Zr-Si-Al.

При исследовании изотермические сечение Fe-Zr-Si-Al методом термодинамически-диаграммного анализа необходимо исходить от троих соединений на элементарные тетраэдры. Ради этого нуждается в первую очередь описать металлические объединения разной сложности, соединяющих испытываемую систему.

Установленные местоположение сравнимых сочетаний концепции Fe-Al-Zr-Si, применяемые во последующем присутствии исследовании пустотелее их кристаллизации (в базе общественной части *1000), повергнуты во таблице 1. Во концепии возникают 13 простых соединений.

Таблица 1. Сравнимые объединения во концепции Fe-Zr-Si-Al также их местоположение в тетрадном концентрационном симплексе (тетраэдре)

№ п.п.	Соединения	Координаты на основе массового состава			
		Al	Fe	Zr	Si
1	Al	1000	0	0	0
2	Fe	0	1000	0	0
3	Si	0	0	1000	0
4	Zr	0	0	0	1000
5	Fe ₂ Al ₅	453	547	0	0
6	ZrAl ₂	372	628	0	0
7	ZrAl ₃	471	529	0	0
8	Zr ₃ Al ₂	165	0	835	0
9	ZrFe ₂	0	552	448	0
10	Zr ₅ Si ₃	0	0	844	156
11	Zr ₆ Si ₅	0	0	795	205
12	FeSi ₂	0	500	0	500
13	FeSi	0	666	0	334

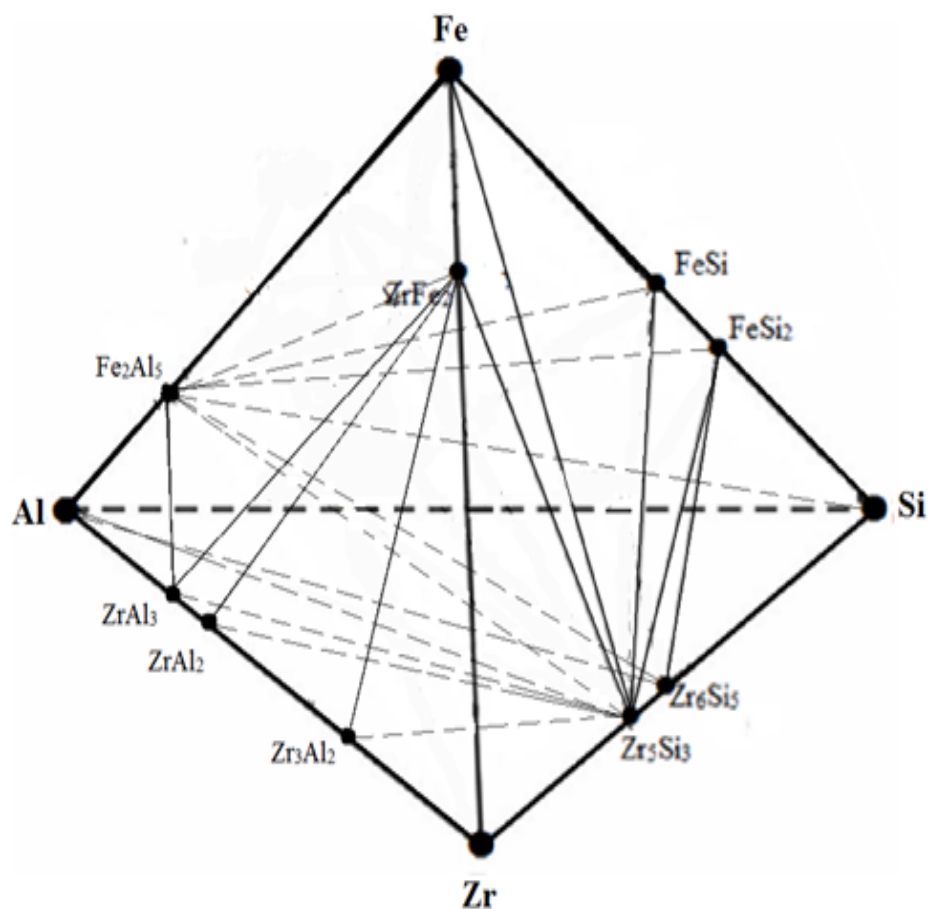


Рисунок 1. Тетраэдрация металлической системы Fe-Zr-Si-Al

Квазисистемы общей системы Fe-Zr-Si-Al и их математические модели. Для построения диаграмм состав-свойства, в таблице 5 приведены вычисленные в реальных пропорциях по теории p -мерного пространства квадрат расстояния квазибинарных линий сосуществующих вершин с косоугольными координатами $A_1(x_1; y_1; z_1; u_1 \dots)$, $A_2(x_2; y_2; z_2; u_2 \dots)$, по нижеуказанной формуле [1]:

$$L^2 = (x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2 + (z_2 - z_1)^2 + (u_2 - u_1)^2 + \dots + (x_2 - x_1) \cdot (y_2 - y_1) + (x_2 - x_1) \cdot (z_2 - z_1) + (x_2 - x_1) \cdot (u_2 - u_1) + \dots + (y_2 - y_1) \cdot (z_2 - z_1) + (y_2 - y_1) \cdot (u_2 - u_1) + \dots + (z_2 - z_1) \cdot (u_2 - u_1) \quad (1)$$

Основываясь с целью итоги тетраэдрации, показанных значительнее 4 тройных систем, элементарные тетраэдры исходной системы Fe-Al-Zr-Si вывели путем выписывания аналогичных (имеющие отличия отдельным компонентом с 3-х) с общей сферы треугольников, объединяющих подсистемы. После путем суммирования данных треугольников вводится результирующий пирамида, исследуемой тетрадной системы.

Таблица 2. Перечень тетраэдров системы Fe-Al -Zr-Si

№ п/п	Тетраэдры	Элементарные объемы
1	ZrAl ₂ -ZrAl ₃ -Fe ₂ Al ₅ -Zr ₅ Si ₃	0.008902
2	Zr ₃ Al ₂ -ZrAl ₂ -Fe ₂ Al ₅ -Zr ₅ Si ₃	0.028636
3	FeSi- FeSi ₂ - Fe ₂ Al ₅ - Zr ₅ Si ₃	0.074524
4	Al- Fe ₂ Al ₅ -ZrAl ₃ -Zr ₅ Si ₃	0.026813
5	Si-FeSi ₂ -Fe ₂ Al ₅ - Zr ₆ Si ₅	0.129580
6	Al- Si-Zr ₆ Si ₅ -Fe ₂ Al ₅	0.155870
7	Fe-FeSi-Fe ₂ Al ₅ -Zr ₅ Si ₃	0.223125
8	ZrFe ₂ -Zr ₃ Al ₂ -Zr-Zr ₅ Si ₃	0.100050
9	Fe-ZrFe ₂ -Fe ₂ Al ₅ -Zr ₅ Si ₃	0.089161
10	ZrFe ₂ -Zr ₃ Al ₂ -Fe ₂ Al ₅ -Zr ₅ Si ₃	0.121439
11	Zr ₅ Si ₃ -Zr ₆ Si ₅ -FeSi ₂ -Fe ₂ Al ₅	0.019021
12	Al-Zr ₅ Si ₃ -Zr ₆ Si ₅ -Fe ₂ Al ₅	0.057120
	Сумма	1,000000

Разбивка общей системы осуществлена с учетом конгруэнтных соединений. Совокупность сравнительных объемов элементарных тетраэдров равна единице (1,000000), то что доказывает верность выполненной тетраэдрации.

С приведенных абстрактных сведений необходимо доказательство этого прецедента, то что ТДА, присутствие коем пренебрегается непростой общематематический устройство, дает возможность со поддержкой диаграмм фазисного структуры многокомпонентных концепций определить подходящие сфере составов сплавов. Затем, со учетом сведений об жару плавления вторичных частей элементарного объема возможно устанавливать сравнительные температуры плавления сплавов.

Критерием месторасположения данного состава расплавов во одну с квазисистем, представляется утвердительные величины n -го доли вторичных компонентов, определенного политопа, рассчитанных в области уравнению Хиза. Со учетом вышеуказанного, во таблицу 3 переведены коэффициенты, вычисленные нами с целью каждого вторичного элемента с 12 квазисистем базисного тетраэдра [5-8].

Таблица 3. Перечень элементарных тетраэдров, их размеры также коэффициенты уравнений с целью расклады равновесных пропорций вторичных компонентов системы Fe-Al -Zr-Si

Исходные компоненты	Коэффициенты	Пентагоны, их объемы и коэффициенты трансформации											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Объемы		ZrAl ₃ -	ZrAl ₃ -	Zr ₃ Si ₃ -	Al-	Si-	Si -	Zr ₃ Si ₃ -	Zr ₃ Si ₃ -	ZrFe ₂ -	ZrFe ₂ -	Zr ₃ Si ₃ -	Zr ₃ Si ₃ -
		Fe ₂ Al ₃ -	Fe ₂ Al ₃ -	Fe ₂ Al ₃ -	Fe ₂ Al ₃ -	Fe ₂ Al ₃ -	Fe ₂ Al ₃ -	Fe-	ZrFe ₂ -	Fe ₂ Al ₃ -	Fe ₂ Al ₃ -	Fe ₂ Al ₃ -	Fe ₂ Al ₃ -
		ZrAl ₃ -	Zr ₃ Al ₃ -	FeSi ₂ -	ZrAl ₃ -	FeSi ₂ -	Al-	Fe ₂ Al ₃ -	Zr ₃ Al ₃ -	Fe-	Zr ₃ Al ₃ -	FeSi ₂ -	Al-
		Zr ₃ Si ₃ -	Zr ₃ Si ₃ -	FeSi ₂ -	Zr ₃ Si ₃ -	Zr ₃ Si ₃ -	Zr ₃ Si ₃ -	FeSi ₂ -	Zr ₃ Si ₃ -	Zr ₃ Si ₃ -	Zr ₃ Si ₃ -	Zr ₃ Si ₃ -	Zr ₃ Si ₃ -
Fe	a ₁	0,008902	0,028636	0,074524	0,026813	0,129580	0,38913		0,223125	0,100050	0,089161	0,121439	0,019021
	a ₂	7,51959	-5,61012	0	-2,4965	2,003	0	0	-0,49925	0	1,32288	13,64546	0
	a ₃	3,4965	3,4965	0	3,4965	0	0	1	1,49925	0	0,41132	0	0
	a ₄	-10,01609	3,11362	-2,99401	0	3,003	1	0	0	1	0,7342	3,003	1
Zr	b ₁	0	0	3,99401	0	0	0	0	0	0	0	15,64846	0
	b ₂	9,03614	-1,49813	1,6	-3	-0,83486	-0,83486	1,6	1	3,003	0,35326	5,6875	5,6875
	b ₃	0	0	0	0	0	0	0,6	0	0	-0,82387	0	0
	b ₄	-8,03614	2,49813	-1,79641	4	0	0	0	0	-2,003	1,47061	0	0
Si	c ₁	0	0	1,19641	0	1,83486	1,83486	-1,2	0	0	0	-4,6875	-4,6875
	c ₂	-15,06024	2,49688	0	5	1	1	0	-1,66667	-5,005	-0,58877	-6,8125	-6,8125
	c ₃	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	1,37311	0	0
	c ₄	13,39357	-4,16355	2,99401	-6,66667	0	0	0	0	3,33834	-2,45101	0	0
Al	d ₁	2,66667	2,66667	-1,99401	2,66667	0	0	2	2,66667	2,66667	2,66667	7,8125	7,8125
	d ₂	-3,01205	2,24719	0	1	0,80232	0	0	-1,5	0	-0,52989	-5,46583	0
	d ₃	0	0	1,40056	0	1,40056	1,40056	-0,40056	0	1,40056	1,2358	1,40056	1,40056
	d ₄	4,01205	-1,24719	1,19928	0	-1,20288	-1,40056	1,40056	2,5	-0,40056	0,29409	-1,20288	-0,40056
		0	0	-1,59984	0	0	0	0	0	0	0	6,26815	0

Результаты и обсуждение. Установление тетраэдров, определяющих составы различных марок сплавов.

Таблица 4. Средневзвешенный химический состав различных ферросиликоциркониевых сплавов, %

Сплав	Zr	Al	Si	Fe
с 50% Zr	47	9	26	18
с 35% Zr	36	6	48	9
с 25% Zr	21	5	36	38

При обработке составов различных ферросиликоциркониевых сплавов по средствам термодинамически-диаграммного анализа установлено [9,10]:

1. Состав сплава с 50% Zr моделируется тетраэдром Zr_5Si_3 -Fe- Fe_2Al_5 -FeSi ($V=0,223125$). Уравнения трансформации для расчета равновесных соотношений вторичных компонентов через первичный компонент ниже, где Si, Fe, Zr, Al - содержание первичных металлов в сплаве.

Относительный объем тетраэдра $V=0,223125$.

$$Zr_5Si_3 = 1.60000 * Zr$$

$$Fe = 1.00000 * Fe + 0.60000 * Zr - 1.00000 * Si - 0.40056 * Al$$

$$Fe_2Al_5 = 1.40056 * Al$$

$$FeSi = -1.20000 * Zr + 2.00000 * Si$$

Из этого следует, что сплав с 50% Zr в области температур ликвидуса включает в себя фазы, в %: (Zr_5Si_3)=75.20%; (Fe)=16.59%; (Fe_2Al_5)=12,61% и (FeSi)= - 4.40%.

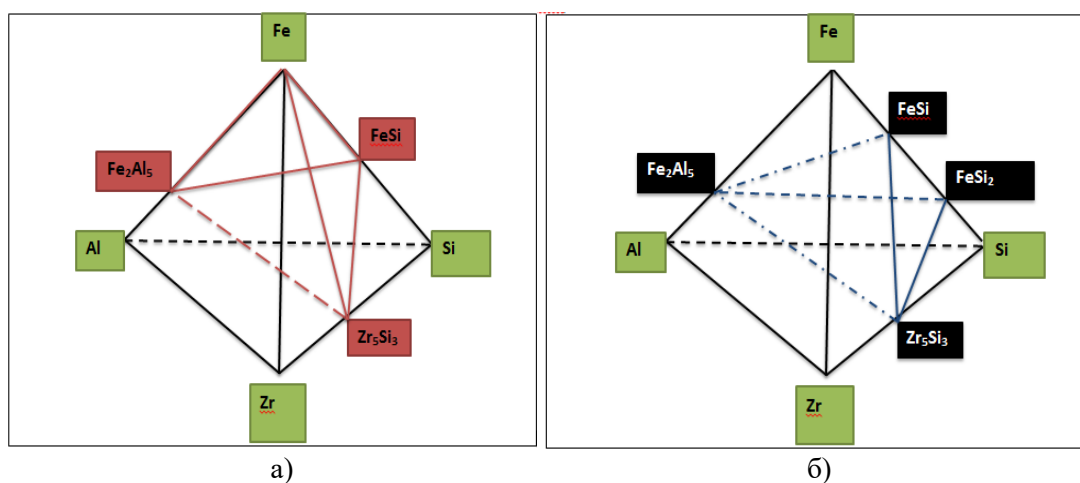


Рисунок 2. Область тетраэдра, характеризующий сплав

а) с 50 % циркония

б) с 35 % циркония

2. Состав сплава с 35% Zr моделируется тетраэдром Zr_5Si_3 - Fe_2Al_5 - $FeSi_2$ -FeSi ($V=0,074524$). Для расчета равновесных соотношений вторичных компонентов этой системы выведены уравнения модификации.

Относительный объем тетраэдра $V=0,074524$

$$Zr_5Si_3 = 1.6000 * Zr$$

$$Fe_2Al_5 = 1.40056 * Al$$

$$FeSi_2 = -2.99401 * Fe - 1.79641 * Zr + 2.99401 * Si + 1.19928 * Al$$

$$FeSi = 3.99401 * Fe + 1.19641 * Zr - 1.99401 * Si - 1.59984 * Al$$

Из этого следует, что сплав с 35% Zr в области температур ликвидуса включает в себя

фазы, в %: $(Zr_5Si_3) = 59.20\%$; $(Fe_2Al_5) = 8.40\%$; $(FeSi_2) = 57.49\%$ и $(FeSi) = -25.09\%$.

3. Состав сплава с 25% Zr расположен в тетраэдре $Si-Fe_2Al_5-FeSi_2-Zr_6Si_5$ ($V=0.129580$). Уравнения, рассчитывающие фазовый состав, образующегося сплава через первичный компонент приведены ниже:

$$Si = -2.00300 \cdot Fe - 0.83486 \cdot Zr + 1.00000 \cdot Si + 0.80232 \cdot Al - 53.63446$$

$$Fe_2Al_5 = 1.40056 \cdot Al - 7.0028$$

$$FeSi_2 = 3.00300 \cdot Fe - 1.20288 \cdot Al - 108.0996$$

$$Zr_6Si_5 = 1.83486 \cdot Zr$$

Из этого следует, что сплав с 25 Zr в области температур ликвидуса включает в себя фазы, в %: $(Si) = -53.63\%$ $(Fe_2Al_5) = 7.00\%$; $(FeSi_2) = 108.10\%$; $(Zr_6Si_5) = 38.53\%$.

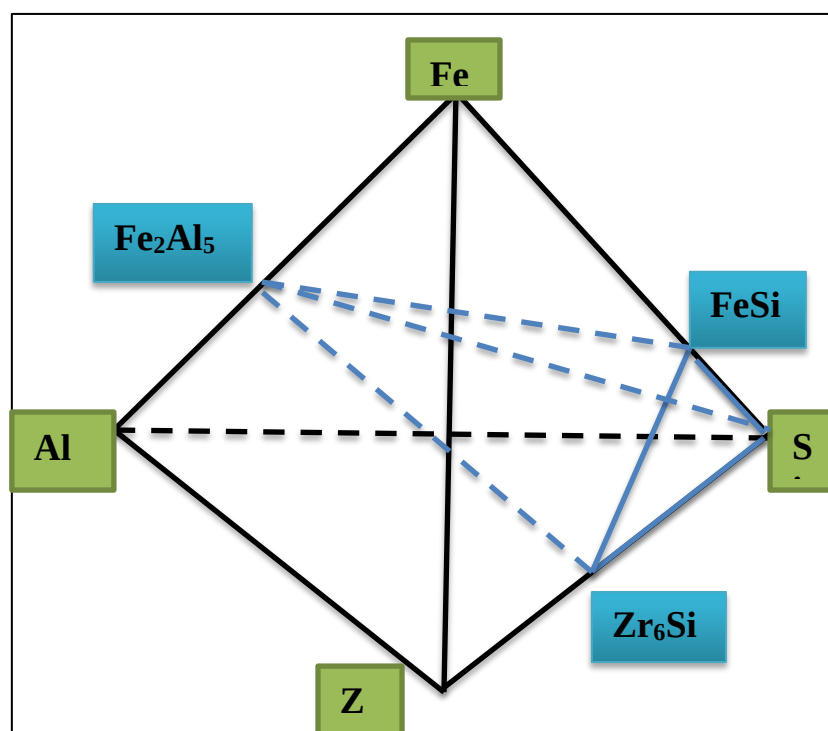


Рисунок 3. Область тетраэдра, характеризующий сплав с 25 % циркония

Выводы. Установлены квазиобъемы в системе Fe-Zr-Al-Si, моделирующие составы образующихся металлических продуктов при выплавке различных ферросиликоциркониевых сплавов в процессе восстановления. В результате выяснилось, что сплав с содержанием 25% Zr моделируется тетраэдром $Si-Fe_2Al_5-FeSi_2-Zr_6Si_5$, а составы сплава с 35 и 50% Zr, расположены в тетраэдрах $Si-Fe_2Al_5-FeSi_2-Zr_6Si_5$ и $Zr_5Si_3-Fe-Fe_2Al_5-FeSi$, соответственно.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Акбердин А.А. Балансовый метод расчета равновесного фазового состава многокомпонентных систем // КИМС. - 1995. - №3. - С. 92-93
- [2] 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.
- [3] Нурумгалиев А.Х. Моделирование и анализ в системе Al-O-C // Республ. науч. журнал «Технология производства металлов и вторичных материалов». - Темиртау: КарМетИ. - 2007. - №2 (12). - С. 67-72.
- [4] Makhambetov Y.N., Timirbayeva N.R., Baisanov S.O., Baisanov A.S. Research of physical and chemical characteristics of the new complex calcium-containing ferroalloy // CIS Iron and Steel Review, 2020. - №19, pp. 18-22

- [5] Baisanov A., Kopabaev A., Baisanov S., Tolymbekov M., Dzhundibaev M. Theoretical and practical aspects of smelting new complex alloy - Alumosilicomanganese with calcium // Proceedings of INFACON XIII - 13th International Ferroalloys Congress: Efficient Technologies in Ferroalloy Industry, 2020, pp. 775-780
- [6] Akberdin, A.A., Kim, A.S., Sultangaziev, R.B. Experiment Planning in the Simulation of Industrial Processes Steel in Translation, 2018, 48(9), pp. 573-577
- [7] Akberdin A., Kim A., Sultangaziyev R., Karbayev M. Thermodynamic modeling of the borbarium ferroalloy smelting technological process // Metalurgija, 2020, 59(3), pp. 333-336
- [8] Baisanov S. Phase equilibrium thermodynamics in binary systems // Proceedings of INFACON XIII - 13th International Ferroalloys Congress: Efficient Technologies in Ferroalloy Industry, 2020, pp. 605-620
- [9] Б.С. Келаманов, Е.У. Жумағалиев, А.М. Ақуов, Е.К. Самуратов, Е.А. Дөңесов. Термодинамически-диаграммный анализ системы Fe-Mo-Si-Al // Вестник КазНУ, 2020. - №2, С. 207-212.
- [10] Kelamanov B., Samuratov Y., Zhumagaliyev Y., Akuov A., Sariev O. Titanium and chrome oxides system thermodynamic diagram analysis // Metalurgija, 2020, 59 (1), pp. 101-104.

REFERENCES

- [1] Akberdin A.A. Balansovyy metod rascheta ravnovesnogo fazovogo sostava mnogokomponentnykh sistem // KIMS. - 1995. - №3. - S. 92-93
- [2] B.K. Kasenov, M.K. Aldabergenov, A.S. Pashinkin, Sh.B. Kasanova, G.T. Balakeeva, S.M. Adekenov. Methods of applied thermodynamics in chemistry and metallurgy // Karaganda: "Glasir", 2008. - 332 p.
- [3] Nurumgaliev A.Kh. Modelirovanie i analiz v sisteme Al-O-C [Modeling and analysis in the Al-O-C system].- Temirtau: KarMetI.- 2007. - №2 (12). - Pp. 67-72.
- [4] Makhambetov Y.N., Timirbayeva N.R., Baisanov S.O., Baisanov A.S. Research of physical and chemical characteristics of the new complex calcium-containing ferroalloy // CIS Iron and Steel Review, 2020. - №19, pp. 18-22
- [5] Baisanov A., Kopabaev A., Baisanov S., Tolymbekov M., Dzhundibaev M. Theoretical and practical aspects of smelting new complex alloy - Alumosilicomanganese with calcium // Proceedings of INFACON XIII - 13th International Ferroalloys Congress: Efficient Technologies in Ferroalloy Industry, 2020, pp. 775-780
- [6] Akberdin, A.A., Kim, A.S., Sultangaziev, R.B. Experiment Planning in the Simulation of Industrial Processes Steel in Translation, 2018, 48(9), pp. 573-577
- [7] Akberdin A., Kim A., Sultangaziyev R., Karbayev M. Thermodynamic modeling of the borbarium ferroalloy smelting technological process // Metalurgija, 2020, 59(3), pp. 333-336
- [8] Baisanov S. Phase equilibrium thermodynamics in binary systems // Proceedings of INFACON XIII - 13th International Ferroalloys Congress: Efficient Technologies in Ferroalloy Industry, 2020, pp. 605-620
- [9] B.S. Kelamanov, Ye.U. Zhumagaliyev, A.M. Akuov, Ye.K. Samuratov, Ye.A. Dөңесов. Termodinamicheski-diagrammnyy analiz sistemy Fe-Mo-Si-Al // Vestnik KazNITU, 2020.- №2, S. 207-212.
- [10] Kelamanov B., Samuratov Y., Zhumagaliyev Y., Akuov A., Sariev O. Titanium and chrome oxides system thermodynamic diagram analysis // Metalurgija, 2020, 59 (1), pp. 101-104

¹Н.З. Нурғали, ¹Б.С. Келаманов*, ²Е.Б. Тажиев, ³О.В. Заякин

¹Қ. Жұбанов атындағы Ақтөбе өңірлік университеті, Ақтөбе, Қазақстан

² Satbayev University, Алматы, Қазақстан

³Металлургия институты, Ресей ғылым академиясының Орал филиалы, Екатеринбург, Ресей

*e-mail: kelamanov-b@mail.ru

ТӨРТ КОМПОНЕНТТІ ФЕРРОСИЛИКОКРКОНИЙДІҢ (Fe-Zr-Al-Si) ТЕРМОДИНАМИКАЛЫҚ-ДИАГРАММАЛЫҚ ТАЛДАУ

Андатпа. Анықтамалық термодинамикалық мәліметтер негізінде Fe-Zr-Al-Si төрт компонентті жүйесі құрылды және оның фазалық құрылымының математикалық моделі жасалды. Нәтижесінде ол 12 қарапайым тетраэдрден тұратыны белгілі болды. Тетраэдрлердің әрқайсысы үшін аналитикалық теңдеулер анықталған, олардың көмегімен Жалпы жүйенің факторлық кеңістігінде олардың нормативтік фазалық құрамын есептей отырып, әртүрлі металл балқымаларының құрамын анықтауға болады.

Жалпы жүйені бөлу сәйкес қосылыстарды ескере отырып жүзеге асырылады. Қарапайым тетраэдрлердің салыстырмалы көлемдерінің қосындысы бір бірлікке тең (1,00000), бұл жүргізілген тетраэдрацияның дұрыстығын растайды.

Fe-Zr-Al-Si жүйесінде қалпына келтіру процесінде әртүрлі ферросиликоцирконий қорытпаларын балқыту кезінде түзілетін металл өнімдерінің құрамын модельдейтін квази-көтергіштер орнатылған. Нәтижесінде 25% Zr құрамы бар қорытпаны $\text{Si-Fe}_2\text{Al}_5\text{-FeSi}_2$ - Zr_6Si_5 тетраэдрі модельдейді, ал 35 және 50% Zr қорытпалары сәйкесінше $\text{Si-Fe}_2\text{Al}_5\text{-FeSi}_2$ - Zr_6Si_5 және $\text{Zr}_5\text{Si}_3\text{-Fe - Fe}_2\text{Al}_5\text{-FeSi}$ тетраэдрлерінде орналасады.

Негізгі сөздер: қорытпа, көп компонентті жүйе, термодинамикалық-диаграммалық талдау, триангуляция, тетраэдрация, квазикөлем.

¹N.Z. Nurgali, ¹B.S. Kelamanov*, ²Ye.B. Tazhiyev, ³O.V. Zayakin

¹Aktobe regional university named after K. Zhubanov, Aktobe, Kazakhstan

²Satbayev University, Almaty, Kazakhstan

³Institute of Metallurgy, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences,
Yekaterinburg, Russia

*e-mail: kelamanov-b@mail.ru

THERMODYNAMIC-DIAGRAM ANALYSIS OF A FOUR-COMPONENT FERROSILICOCYRCONIUM (Fe-Zr-Al-Si) SYSTEM) CONSIDERING CONGRUENT CONNECTIONS

Abstract. Based on the reference thermodynamic data, a four-component Fe-Zr-Al-Si system is constructed and its mathematical model of the phase structure is created. As a result, it turned out that it consists of 12 elementary tetrahedra. For each of the tetrahedra, analytical equations are defined, with the help of which it is possible to determine the location in the factor space of the general system of compositions of various metal melts with the calculation of their standard phase compositions.

The breakdown of the overall system is carried out taking into account congruent connections. The sum of the relative volumes of elementary tetrahedra is equal to one (1.00000), which confirms the correctness of the tetrahedron.

Quasi-volumes in the Fe-Zr-Al-Si system are established, which simulate the compositions of the metal products formed during the smelting of various ferrosilicocyrconium alloys during the reduction process. As a result, it was found that the alloy with a 25% Zr content is modeled by the $\text{Si-Fe}_2\text{Al}_5\text{-FeSi}_2$ - Zr_6Si_5 tetrahedron, and the alloy compositions with 35 and 50% Zr are decomposed in the $\text{Si-Fe}_2\text{Al}_5\text{-FeSi}_2$ - Zr_6Si_5 and $\text{Zr}_5\text{Si}_3\text{-Fe-Fe}_2\text{Al}_5\text{-FeSi}$ tetrahedra, respectively.

Keywords: alloy, multicomponent system, thermodynamic-diagram analysis, triangulation, tetrahedration, quasi-volume.

С.М. Манат*, В.В. Югай

Карагандинский технический университет, Караганда, Казахстан

*e-mail: manatsymbat20@gmail.com

АНАЛИЗ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ОДНОФАЗНЫХ ИНВЕРТОРОВ

Аннотация. В связи с увеличением интеграции солнечной энергетической системы в соединенные линии, солнечные энергетические системы имеют большое влияние на вопросы качества электроэнергии. Для повышения качества электроэнергии используются преобразователи. В этом исследовании описывается проектирование однофазных инверторов, которые используются для использования солнечной энергетической системы и анализа их характеристик. Эта статья посвящена моделированию однофазного инвертора. Инвертор – устройство для преобразования постоянного тока в переменный с изменением величины напряжения. Модель реализована с помощью программного обеспечения MATLAB Simulink с набором блоков SimPower System Block Set на основе компьютерного моделирования. Чтобы найти коэффициент гармоник с помощью программного обеспечения MATLAB Simulink используется анализ быстрого преобразования Фурье.

Ключевые слова: инвертор, качество электроэнергии, коэффициент гармоник, быстрое преобразование Фурье, MATLAB Simulink.

Введение. В современном мире спрос на энергию растет, и по мере того, как традиционные источники энергии, получаемые из нефти, с каждым днем сокращаются, интерес к использованию возобновляемых источников энергии постепенно возрастает [1]. Солнечная энергия считается важной среди альтернативных или возобновляемых источников энергии, и она имеет широкую область применения, включая сельские районы. Солнечные панели, используемые для преобразования света и тепловой энергии, получаемой из солнечной энергии, в электричество, развиваются каждый день с помощью новых появляющихся технологий и становятся более эффективными [2]. Качество электроэнергии является основной проблемой, которая возникает между линиями электропередачи от сети до конечного пользователя [3]. В связи с увеличением интеграции солнечной энергетической системы в соединенные линии, солнечные энергетические системы имеют большое влияние на вопросы качества электроэнергии. Инвертор является одним из основных компонентов, влияющих на качество электроэнергии непосредственно в солнечной энергетической системе и за счет преобразования постоянного тока в переменный [4].

Солнечная энергия становится важной с ежедневной интеграцией новых систем солнечной энергии для систем передачи и распределения [5]. Солнечные энергетические системы состоят из 4 основных частей, как показано на рисунке 1. Фотоэлектрическая батарея, зарядное устройство/МРРТ, аккумулятор (при желании) и инвертор. Инвертор – один из важнейших компонентов солнечной энергетической системы, напрямую влияющий на качество энергии.

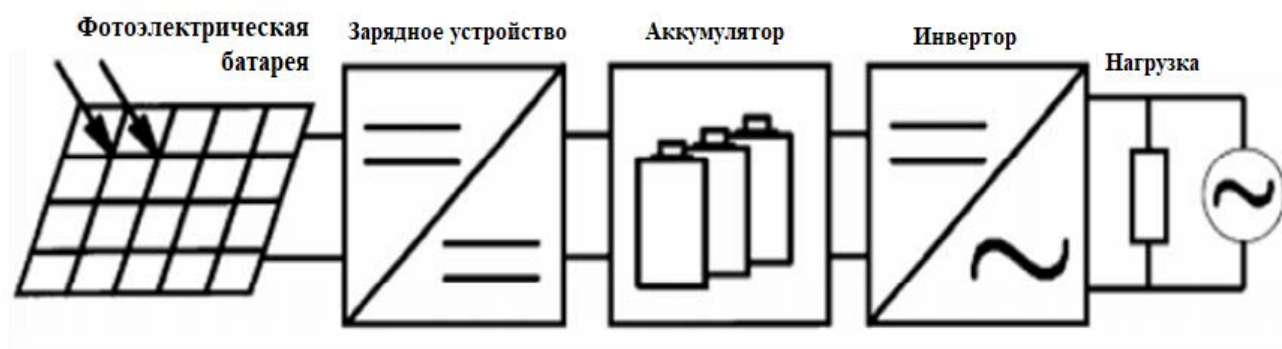


Рисунок 1. Блок-схема фотоэлектрической системы

Качество электроэнергии усложняется из-за увеличения интеграции нелинейной нагрузки и различных возобновляемых ресурсов [6]. Существуют различные параметры качества электроэнергии, такие как общее гармоническое искажение (THD), смещение постоянного тока, мерцание и т. д. В этой статье общее гармоническое искажение исследовалось с помощью быстрого преобразования Фурье (БПФ) [7].

Быстрое преобразование Фурье (БПФ) в основном преобразует сигнал из временной области в частотную [8].

Вычисление THD является важным явлением, поскольку инвертор является крупнейшим источником гармоник, полезно определить его степень, поскольку это фактор, используемый для доступа к качеству мощности на выходе инвертора. THD получается из соотношения:

$$THD = \frac{\sqrt{\sum_{n=1}^{\infty} V_n^2}}{V_0}$$

В приведенном выше уравнении V_0 - основная составляющая, V_n - амплитуда нечетной гармоники n -го порядка.

Методы. В этой работе программа моделирования MATLAB используется для анализа влияния гармоник на однофазный инвертор [9]. В этом разделе рассматриваются результаты моделирования схемы со схемой фильтрации гармоник и без нее. На практике предпочтительна чистая синусоида на выходе инвертора, но получить чистую синусоиду сложно. Чтобы получить чистую синусоиду, на выходе инвертора создается схема фильтра. С помощью фильтра можно удалить гармоники на выходе инвертора. В схеме моделирования используется фильтр нижних частот [10].

На рисунке 2 показан вид проекта инвертора без фильтра. Этот выход инвертора будет иметь гармоники из-за магнитных устройств, используемых в конструкции. Но для уменьшения этих гармоник можно использовать фильтр, как показано на рисунке 3. Фильтр – это просто комбинация последовательно соединенных катушек индуктивности и конденсатора. Фильтр нижних частот имеет то преимущество, что пропускает сигналы с низкой частотой, но не может легко пропускать высокочастотную составляющую сигнала, потому что полное сопротивление катушки индуктивности увеличивается при высокой частоте.

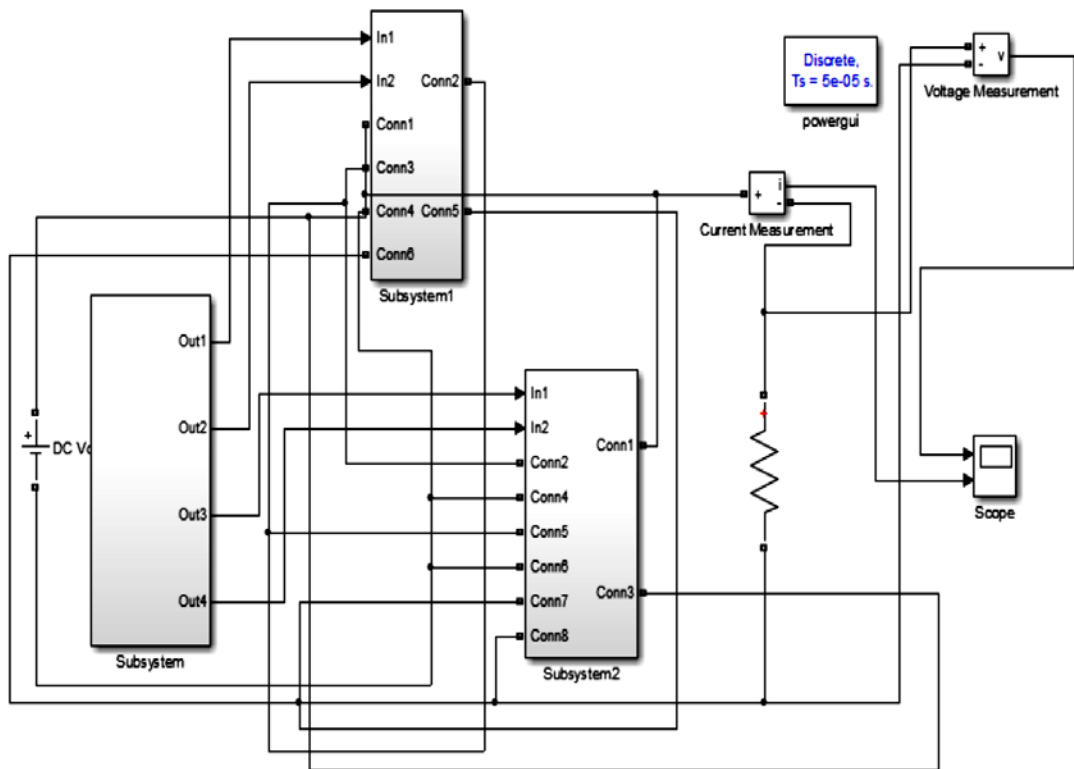


Рисунок 2. Инвертор без фильтра

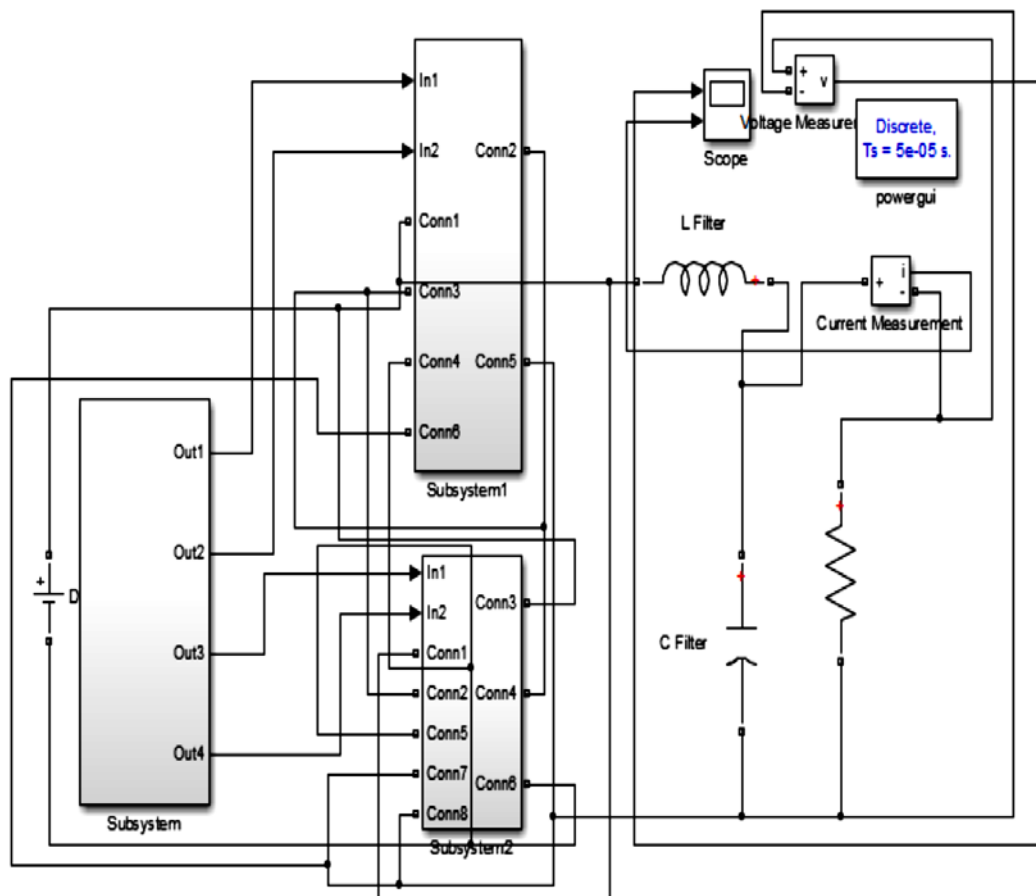


Рисунок 3. Инвертор с фильтром

Результат. Результаты моделирования представлены на рисунках 4, 5, 6 и 7.

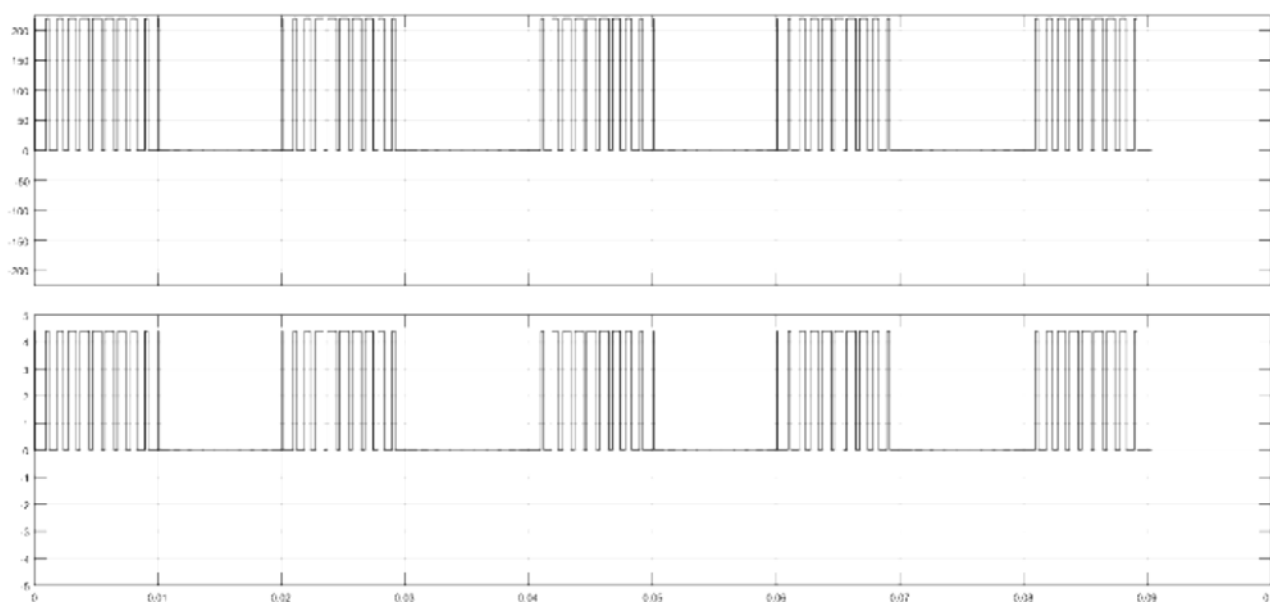


Рисунок 4. Форма выходного напряжения и тока с гармониками

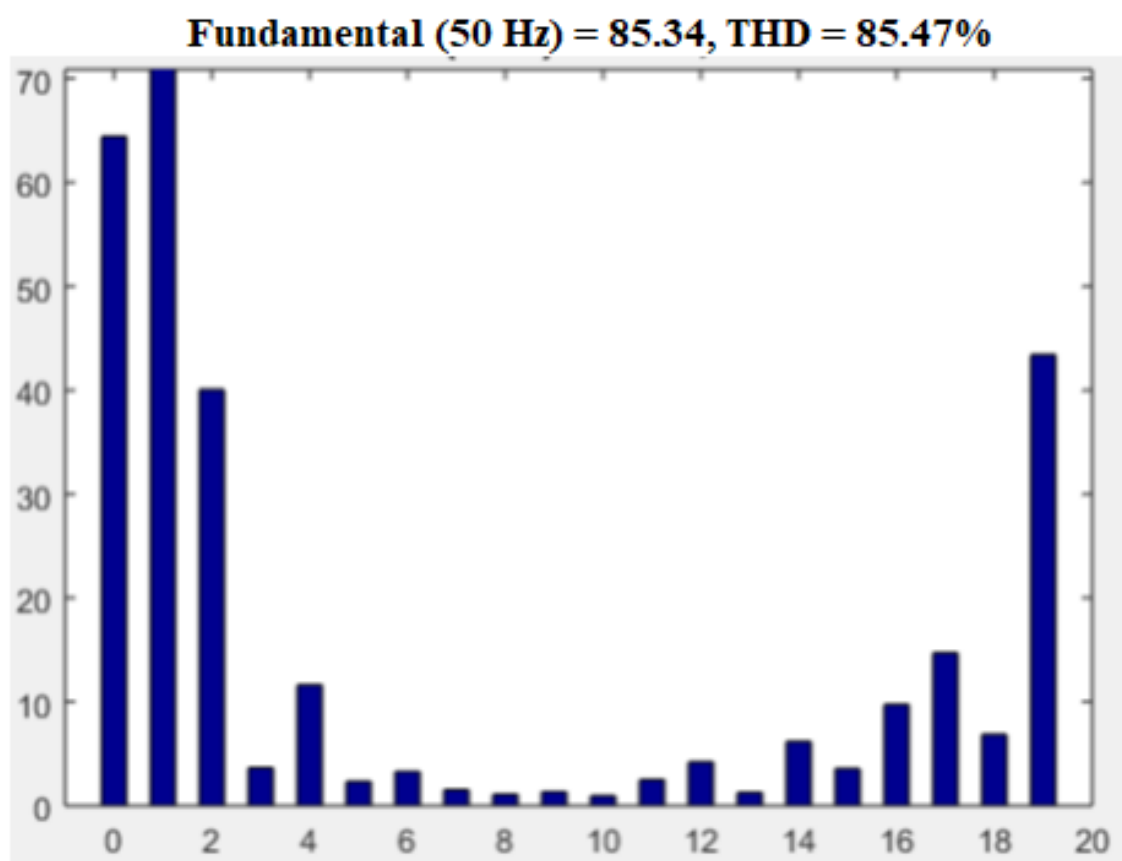


Рисунок 5. БПФ анализ инвертора с гармониками

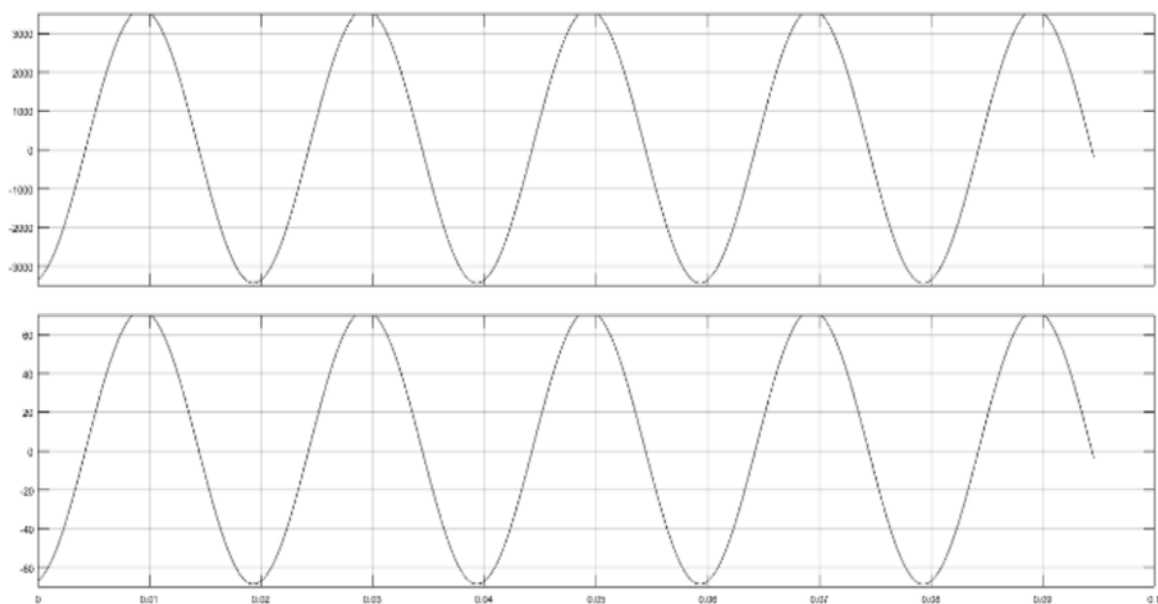


Рисунок 6. Выходное напряжение и ток инвертора без гармоник

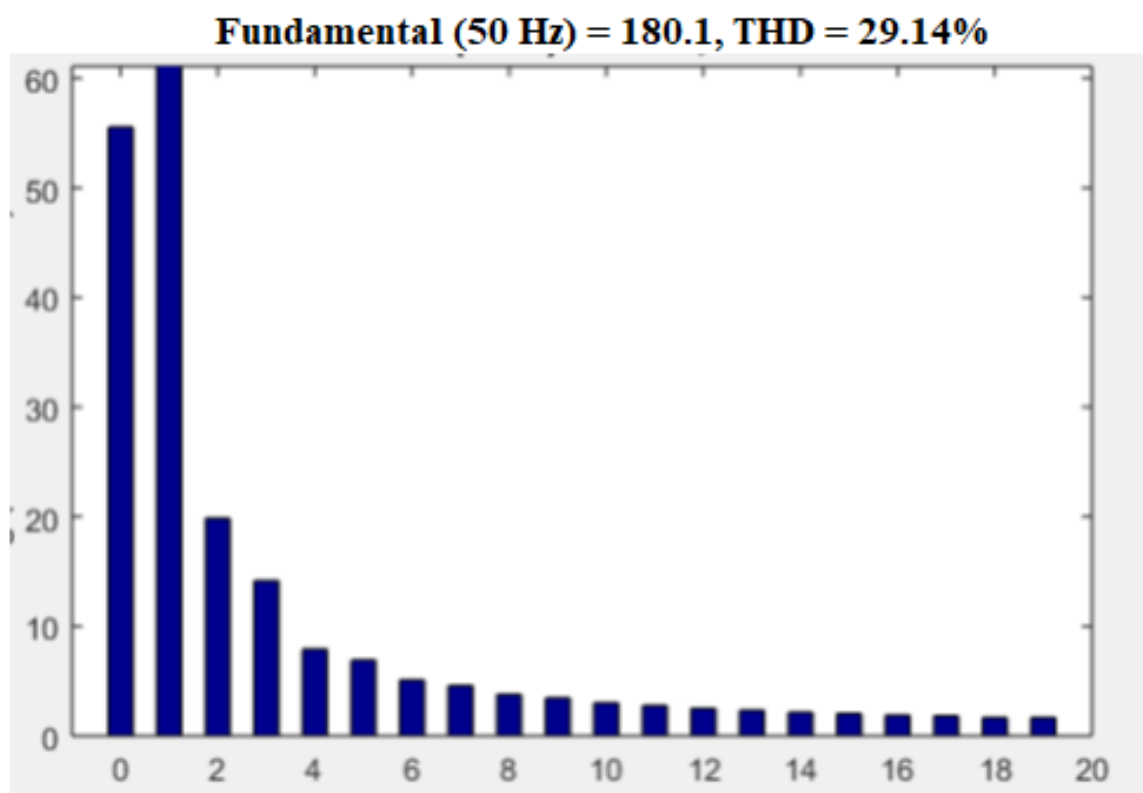


Рисунок 7. БПФ анализ инвертора без гармоник

Вывод. Это исследование посвящено анализу гармоник однофазного инвертора. Он включает в себя простой и практичный инвертор. Модель как для простого, так и для практичного инвертора смоделирована в MATLAB. Чтобы найти коэффициент гармоник и THD, используется анализ быстрого преобразования Фурье с использованием программного обеспечения MATLAB Simulink. Показано, что характеристики схемы инвертора со схемой фильтрации гармоник, имеющей значение THD 29,14%, лучше, чем характеристики схемы инвертора без схемы фильтрации гармоник, имеющей значение THD 85,47%.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] <https://www.ebrd.com/cs/Satellite?c=Content&cid=1395283825799&pagename=EBRD%2FContent%2FDownloadDocument> [Elektronnyi resurs].
- [2] <https://spaq.kz/rus/2018-12-26-10-08-37/stati/28-kazakhstan-razvivaet-vozobnovlyaemye-istochniki-energii> [Elektronnyi resurs].
- [3] <https://core.ac.uk/download/pdf/25976968.pdf> [Elektronnyi resurs].
- [4] <https://www.electrical4u.com/power-inverter/> [Elektronnyi resurs].
- [5] <https://solartechnologies.com/solar-energy-uses-in-your-daily-life/> [Elektronnyi resurs].
- [6] <https://www.mdpi.com/1996-1073/11/6/1491/pdf> [Elektronnyi resurs].
- [7] <https://www.mdpi.com/1996-1073/13/21/5792/pdf> [Elektronnyi resurs].
- [8] https://en.wikipedia.org/wiki/Fast_Fourier_transform [Elektronnyi resurs].
- [9] http://window.edu.ru/catalog/pdf2txt/886/44886/21664?p_page=2 [Elektronnyi resurs].
- [10] https://www.electronics-tutorials.ws/filter/filter_2.html [Elektronnyi resurs].

S.M. Manat*, V. V. Yugay

Karaganda Technical University, Karaganda, Kazakhstan

*e-mail: manatsymbat20@gmail.com

POWER QUALITY ANALYSIS STUDY OF SINGLE PHASE INVERTER

Abstract. With the increasing integration of the solar energy system into interconnected lines, solar energy systems have a great impact on power quality issues. This study describes the design of single phase inverters that are used to utilize a solar power system and analyze their performance. This article focuses on modeling a single phase inverter. An inverter is a circuit that converts DC power supplies to AC power supplies. The model is implemented using the MATLAB Simulink software with the SimPower System Block Set based on computer simulation. FFT analysis is used to find harmonic distortion using MATLAB Simulink software.

Keywords: inverter, power quality, total harmonic distortion, FFT, MATLAB Simulink.

С.М. Манат*, В.В. Югай

Қарағанды техникалық университеті, Қарағанды, Қазақстан

*e-mail: manatsymbat20@gmail.com

БІРФАЗАЛЫ ИНВЕРТОРЛАРДЫҢ ЭЛЕКТР ЭНЕРГИЯСЫНЫҢ САПАСЫН ТАЛДАУ

Андатпа. Күн энергиясы жүйесінің желілерге қатысты кіріктірілуі артуы салдарынан қазіргі таңда күн энергиясы жүйелері электр энергиясының сапасына айтарлықтай әсер етеді. Бұл зерттеуде күн энергиясы жүйесін пайдалану және олардың сипаттамаларын талдау үшін қолданылатын бір фазалы инвертордың құрастырылуы сипатталады. Мақала бір фазалы инвертор моделін жасауға арналған. Инвертор – бұл тұрақты ток көзінің энергиясын айнымалы токқа түрлендіретін құрылғы болып табылады. Модель компьютерлік модельдеуге негізделген SimPower System Block Set блоктар жиынтығымен MATLAB Simulink бағдаламалық жасақтамасының көмегімен жүзеге асырылды. Коэффициентті табу үшін MATLAB Simulink бағдарламалық жасақтамасындағы Фурье түрлендіруінің талдауы қолданылды.

Негізгі сөздер: инвертор, электр энергиясының сапасы, коэффициент, Фурье түрлендіруі, MATLAB Simulink.

¹Н.С. Камзанов*, ¹Р.А. Козбагаров, ²К.А. Жусупов, ²Д.О.Есіркеп, ²Е.Б. Калиев

¹Satbayev University, Алматы, Қазақстан

²М.Тынышбаев атындағы Қазақ көлік және коммуникациялар академиясы,
Алматы, Қазақстан

*e-mail: n.kamzanov@mail.ru

ҚОЛДАНЫСТАҒЫ ҰСАҚТАУ ПРОЦЕСІН АВТОМАТТЫ БАСҚАРУ ЖҮЙЕЛЕРІН ТАЛДАУ

Андатпа. Жұмыста ұсақтау процесін автоматтандырылған басқару жүйелерінің технологиялық жабдықтарына шолу жасалады. АҰСП технологиялық схемасын таңдау өңделетін шикізаттың түріне, оның физикалық сипаттамаларына, дайын өнімнің сапасы мен мақсатына қойылатын талаптарға, текше тәрізді дәннің қажетті қатынасына, жоспарланған қуатқа байланысты екендігі анықталды. Сонымен қоса ұсақтау процесін автоматты түрде реттеу міндеті түпкілікті өнімнің белгілі бір мөлшерін сақтауға және ұсақтағыштарды оңтайлы жүктеу арқылы ұнтақтау қондырғыларына жеткізілетін энергияны максималды пайдалануға, сондай-ақ ұнтақтағыштарды оңтайлы жүктеу арқылы агрегаттарға жеткізілетін энергияны максималды пайдалануға және ұнтақтағыштарды оңтайлы жүктеу арқылы ұнтақтау қондырғыларына берілетін энергияны максималды пайдалануға, сондай-ақ ұсақтағыш камераны ең көп жүктеу кезінде түпкілікті өнімді алудың ең жоғары мүмкін болатын өнімділігіне негізделгені анықталды.

Негізгі сөздер: ұнтақтағыш, сұрыптау, елек, автоматтандырылған жүйе, қоректендіргіш, ұсақтау камерасы.

Құрылыс бұйымдары мен конструкцияларына арналған тас материалдарының қазіргі заманғы ұсақтау-сұрыптау өндірісі технологиялық операциялардың үлкен жиынтығы бар күрделі кешен болып табылады. Технологиялық операцияларға бастапқы материалды жеткізу, оны тазалау және алдын ала сұрыптау, ұсақтау кезеңдері бойынша талап етілетін тауар фракцияларын сұрыптай отырып, бірнеше сатыға ұсақтау, соңғы тұтынушыға қоймалау және тасымалдау жатады. Ұсақтау және сұрыптаудың технологиялық процестері құрылыс материалдарын алу технологиясындағы ең жауапты процестерге жатады, бірақ тиімділігі жеткіліксіз [1–4].

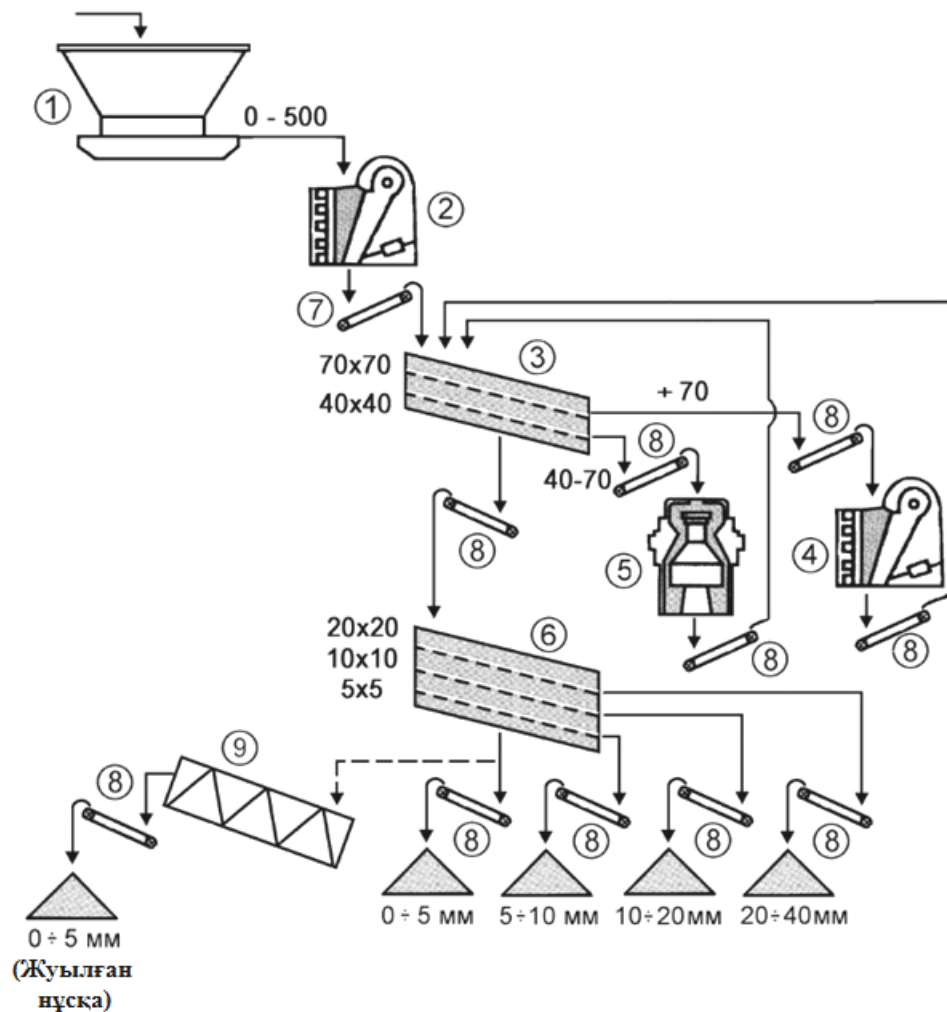
Тас материалдарын ұсақтау және сұрыптаудың технологиялық процестерінің тиімділігін арттыру үшін күрделі көп деңгейлі жүйе болып табылатын автоматтандырылған ұсақтау - сұрыптау өндірісін (АҰСП) құрудың жаңа әдістері мен ғылыми жорықтарын әзірлеу талап етіледі.

Өндірісті басқарудың және технологиялық процестерді басқарудың заманауи автоматтандырылған жүйелеріне тармақталған өзара байланыс арқылы белгілі бір мақсатқа жету үшін біріктірілген гетерогенді элементтер кіреді. Осындай автоматтандырылған жүйелердегі ақпаратты өңдеу процесі, мақсатқа жету үшін технологиялық процесті басқарудың ұтымды командаларын әзірлеу, барлық элементтер мен жүйенің жұмыс істеуінің оңтайлы режимін таңдау дамыған математикалық және бағдарламалық жасақтамасы бар заманауи компьютерлердің көмегімен жүзеге асырылады.

Осы уақытқа дейін міндеттерді шешудің қолданыстағы тәсілдері жобалау кезеңінде ұсақтау - сұрыптау өндірісін басқарудың технологиялық процестерін автоматтандыру және олардың жұмыс істеу кезеңіндегі параметрлердің өзгеруіне қоршаған орта әсеріне бейімделуі жүйелі болса да, автоматтандырудың қолданбалы деңгейін үнемі жетілдіріп отыруды қажет етеді.өз кезегінде осы саладағы қолданбалы мәселелерді шешудің жаңа ғылыми тәсілдерін, модельдері мен әдістерін әзірлеуді және жетілдіруді талап етеді. Бұл жағдайлар ұсақтау - сұрыптау өндірісін басқарудың технологиялық процестерін автоматтандырудың ғылыми және практикалық міндеттерін кешенді шешуге бағытталған осы жұмыс тақырыбының өзектілігін анықтайды [5–7].

Кешеннің технологиялық жабдықтарының жиынтығы қарапайым нұсқада, мысалы, бункер-жинақтағыштан, экраннан, ұсақтағыш қондырғыдан және бірнеше таспалы конвейерлерден тұратын тармақталған ағынды-көлік жүйесі болып табылады, ал күрделі нұсқада біртұтас технологиялық процеске байланған және автоматты режимде жұмыс істейтін бірнеше ондаған жабдық бар.

АҰСП технологиялық схемасын таңдау өңделетін шикізаттың түріне, оның физикалық сипаттамаларына, дайын өнімнің сапасы мен мақсатына қойылатын талаптарға байланысты болады. Сонымен қатар, ұсақтау-сұрыптау зауытының технологиялық схемасы текше тәрізді астықтың қажетті қатынасына, жоспарланған қуатқа, сондай-ақ ADSP иесінің оның жұмыс органдарының жұмысын қалпына келтіру шығындарының белгілі бір бөлігін алуға дайын болуына байланысты.



- 1-қоректендіргіш діріл; 2 - ұсақтағышпен ірі ұсақтау агрегаты; 3 - сұрыптайтын агрегат;
4 - 2 ұсақтағышпен орташа ұсақтау агрегаты; 5 - ұсатқышы бар ұсақ ұсақтау агрегаты;
6 - сұрыптау қондырғысы; 7, 8 - конвейерлер

1-сурет. Қиыршық тас алуға арналған АҰСП типтік схемасы

ADSP типтік технологиялық схемасы (1 сурет), әдетте, мыналарды қарастырады:

- бастапқы өнімді тиеу торабы (бункер немесе оның ернеуінде діріл орнатылған дірілді қорытпа);
- ірі фракцияны сұрыптаумен (әдетте +60 мм) алдын ала сұрыптау торабы және оны таспалы конвейермен жеке конусқа немесе қайта ұсақтауға тиеу;
- бастапқы және ұсақ ұсақтаудың бірнешетүйіндері;

- аралық өнімді сұрыптаудың бірнеше түйіндері, қайта ұсақтау үшін торланған фракцияны қайтару және одан әрі өңдеу үшін тор аралық өнімді беру;
- торап астындағы өнімді бірнеше фракцияға себу арқылы соңғы сұрыптау торабы;
- сұрыптау және ұсақтау түйіндері арасында аралық өнімді тасымалдауға арналған белдік конвейер жүйесі;
- дайын өнімді қоймаға тасымалдауға және тиеуге арналған таспалы конвейерлер жүйесі;
- әр түрлі бөліктерге фракциялар бере отырып және тұтынушыға тией отырып, дайын өнім қоймасы

Электрмен жабдықтау және автоматика жүйесі өндірісті қайта құру немесе жаңғырту мүмкіндігін қамтамасыз ететін модульдік принцип бойынша құрылған.

Қашықтан және жергілікті жұмыс режимдері жөндеу және жөндеу болып табылады. Процессордағы технологиялық процесті визуализациялау әртүрлі тәсілдермен қамтамасыз етіледі – мнемосхемалы технологиялық процесі бар басқару тақтасын, диспетчердің автоматтандырылған жұмыс орны (жұмыс станциясы) құрамындағы оператордың немесе компьютердің сенсорлық тақтасын орнату.

Материалдың мөлшерін тұтынумен анықталатын мәнге дейін азайту ұсақтау процесінің негізгі талабы болып табылады. Ұсақтауға түсетін материалдар, әдетте, физика - механикалық қасиеттерінде және ең алдымен бөлшек құрамының ауытқуларында ерекшеленеді. Ұсақтау процесін автоматты түрде реттеу міндеті ұсақтау өнімінің берілген мөлшерін ұстап тұруға және ұсақтағыш агрегаттарға берілетін энергияны оңтайлы тиеу есебінен барынша пайдалануға, сондай-ақ түпкілікті өнімнің барынша мүмкін болатын өнімділігін алуға және ұсатқыштарды оп-тималды тиеу есебінен ұсатқыш агрегаттарға берілетін энергияны барынша пайдалануға, сондай-ақ ұсатқыштарды ұсақтау камерасын неғұрлым көп жүктеу кезінде түпкілікті өнімнің барынша мүмкін болатын өнімділігін алуға негізделеді [8 –12]. Қазіргі уақытта ұнтақтағыштарда 3100 x 3300 мм дейінгі кіріс тесіктері бар.мұндай үлкен бөліктер қарсылық моментінің шыңдарын тудырады, нәтижесінде қозғалтқыштың шекті моментіне әкеледі. Әрі қарай шамадан тыс жүктеме үгіткіштің жұмысын тоқтатуы мүмкін. Сонымен қатар, ұсақтағышты қолмен босату керек, бұл бүкіл дрель-сұрыптау өндірісінің ұзақ уақытқа созылуына әкеледі.

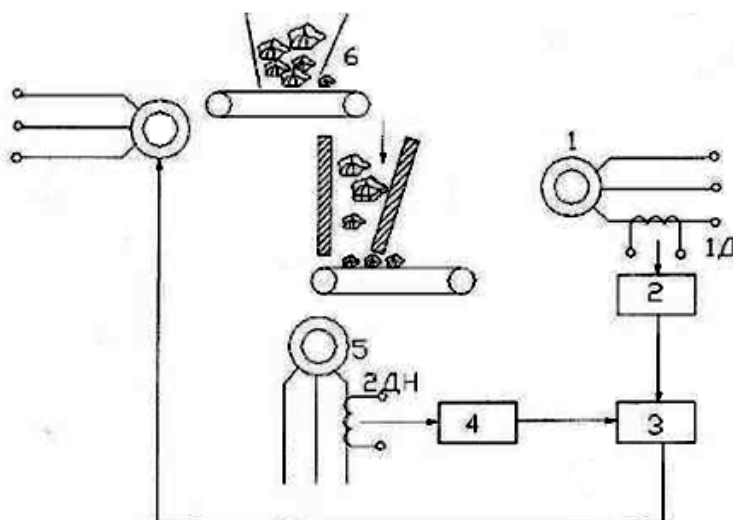
Деңгей өлшегіші бар схема ұсақтау камерасын толтырудың жоғарғы деңгейін басқарудың және қолдаудың ең қарапайым схемасы болып табылады. Деңгей өлшегіш ұсақтағыштың бекітілген бүйір қабырғасына ұсақтау камерасының биіктігінің шамамен 2/3 тең биіктікте орнатылады. Ұсатқышты толтыру деңгейі тұрақты режимде фидер мен ұсатқыштың өнімділігі тең болған кезде аздап өзгереді. Қоректендіргіш тоқтатылады немесе ұнтақтағыштың өнімділігі төмендеген жағдайда берудің төмендетілген жылдамдығына ауыстырылады. Деңгей өлшегіш ретінде гамма радиоактивті реле, электрондық деңгей сигнализаторы және т. б. пайдаланылуы мүмкін. Мұндай автоматты реттеу жүйесі «қоректендіргіш-ұсақтағыш» түйінінің апатсыз жұмыс істеуін қамтамасыз етеді, қоректендіргіш пен ұсатқыштың өндіріштігі сәйкес келмеген кезде, сондай-ақ ұсатқыш камерасына материалдың немесе металл заттардың габаритті емес бөліктері түскен кезде ұсату камерасының толып кетуін сенімді болдырмайды және бақылайды.

Сондай-ақ, ұсақтағыштың қозғалтқышының тогы немесе ұсатқыш қозғалтқышының қуаты бойынша ұсатқыштың жұмысын реттеу жүйелері бар. Бірақ ұсақтағышты жүктеуді реттеу схемалары жүктеме деңгейі бойынша ток немесе энергия шығынын реттеу схемаларына қарағанда қолайлы. Жүктеу деңгейі бойынша ұсатқыштың жүктелуін реттеу схемалары ұсақтағыштың нақты жүктелуін дәл анықтауға және бастапқы қоректендіргіштің өзгертін сапасында оны максималды мәнде ұстауға мүмкіндік береді.

Ұсатқыштың өнімділігін бірнеше параметрлер бойынша реттейтін біріктірілген схемалар ең перспективалы болып табылады.

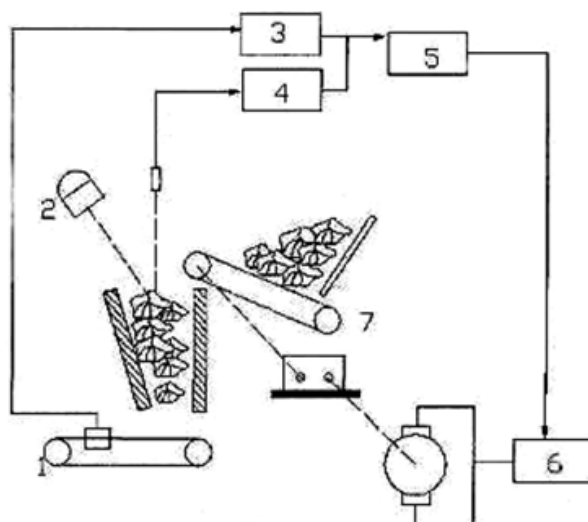
Реттеудің дәлдігін арттыру үшін өнімділіктің ағымдағы мәнін түзететін жүйе жасалды (2 сурет) шығару конвейерінің жетек қозғалтқышы тұтынатын қуат бойынша жанама түрде өлшенеді.

Ұсатқыштың берілген өнімділігін сақтауға $1d_n$ және $2d_n$ сенсорларын орнату арқылы қол жеткізіледі. Егер жетек қозғалтқыштарының жүктемесі 5 және 1 разрядты конвейер мен ұсатқыштан аз болса, онда 2 және 4 датчиктерінің шығыс релелерін пайдаланып, 3 электронды блок арқылы 6 пластиналық қоректендіргішті қосу пәрмені беріледі. Ұсақтау кезінде қозғалтқыштардың кем дегенде біріндегі жүктеме сенсорлар орнатылған мәннен асып кетсе, бергіш өшеді.



2-сурет. Өнімділіктің ағымдағы мәні бойынша түзету жүйесі

3 суреттегі ұсатқышты автоматты жүктеуді реттеу жүйесінде, реттелетін параметрлер – өнімділік және деңгей-1 салмақтағы электротензометриялық конвейерлермен және 2 фотоэлектрлік деңгей өлшегішпен бақыланады.



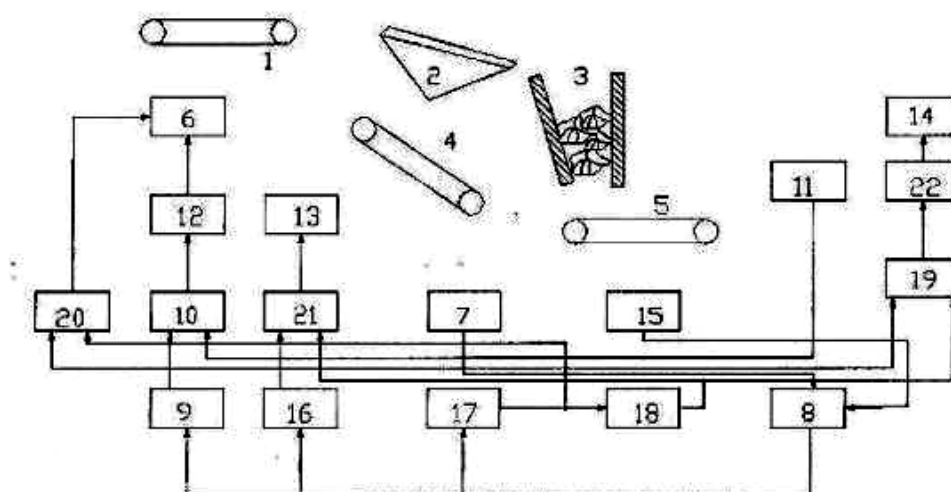
3-сурет. Ұсатқышты автоматты түрде жүктеу жүйесі

3 және 4 деңгейлік және өнімділік реттегіштері екі басқару тізбегіне қосылады, 5 аралық блок арқылы бір фазалы магниттік күшейткіштердің магниттелу тогына әсеретеді. Күшейткіштердің кернеуі түзетіліп, ұсатқыштың жетекші электр қозғалтқышының орамасына беріледі. Егер автоматты режимде реттелетін мәндер олар үшін белгіленген шекті мәндерден асып кетсе, сигнал 5-блокқа түседі, ал атқарушы органның функциясын орындайтын фидер

сигнал жойылғанға дейін оның өнімділігін төмендетеді. Егер деңгей төменгі белгіленген мәннен (ұсақтау камерасының биіктігінен 0,6) аспаса, деңгей реттегіші өшіріледі. Бұл жағдайда реттеу өнімділік бойынша жүзеге асырылады. Дроссельді жоғарғы рұқсат етілген мәнге (ұсақтау камерасының биіктігінің 0,9) дейін толтырған кезде реттегіш қоректендіргішті тоқтатады. Толтыру деңгейін шекті мәннен төмен түсірген кезде реттеу тек өнімділік датчигінің сигналы бойынша жүргізіледі. Жүйенің табиғи кемшілігі-релені реттеу жүйесінде қолдану. Бұл жиі ауысуларға және нәтижесінде іске қосу құрылғысының, редуктордың және пластинаның қоректендіргішінің тез тозуына әкеледі. Бірақ бұл жүйені жабдықты тиісті түрде ауыстыру арқылы желілік басқару жүйесіне айналдыруға болады. Релелік әрекет жетегін индукциялық муфтасы бар пластиналық қоректендіргіштің жетегіне ауыстыруға болады; тұрақты ток қозғалтқышы бар жетек, басқарылатын магниттік күшейткіштен қоректендіргішнемесе кремний түзеткіші бар жетек. Осылайша, дәйекті түзету мен ұнтақтау және сұрыптау өндірісінің өнімділігін реттеу жүйесі алынады.

4 суретте көрсетілген ұсақтағыштың жүктелуін реттеу жүйесі конустық ұсақтағыштарды басқаруға қатысты және реттеудің дәлдігін арттыруға мүмкіндік береді.

Жүйе 1 бергішті, 2 экранды, 3 ұсақтағышты, 4 субгенеральды конвейерді, 5 ұсақталған өнімді конвейерді, 6 бергішті, 7 өнімді экран датчигі, 8 ара қатынасын анықтау блогын, 9 ара қатынасын салыстыру блогын, 10 реттеуішті, 11 руда деңгейінің сенсорын, 12 реттегішті, 13 және 14 экрандар мен ұсақтағыштарды, 15 датчикті қамтиды. 20-22.



4-сурет. Ұнтақтағышты жүктеу діріл реттеу жүйесі

Ұсақтағышпен, қоректендіргішпен, конвейерлермен және найзағай өнімдерімен ұсақтағыштың тиелуін реттеу жүйесі арақатынасты анықтау блогын; арақатынасты салыстыру блогын; ұсақтағыштың кен деңгейінің датчигін; електің өндірістік датчигін; қоректендіргіштің, електің және ұсақтағыштың реттегіші мен электржетектерін қамтиды, бұл ретте електің өнімділік датчигі корреляцияны анықтау блогының бірінші кірістеріне қосылған. Коэффициенттерді салыстыру блогы арқылы шығыс детектордың бірінші кірісіне қосылады, оның кірісі ұсақтағыштың кен деңгейінің сенсорына қосылады. Реттегіш арқылы сигналдың шығыс сигналы қоректендіргіштің электр жетегіне түседі. Мұның ерекшелігі-реттеудің дәлдігін арттыру үшін ол үш қосқышпен, екі шекті элементтермен, екі кідіріс блогымен және ұсақтағыштың жұмыс сенсорымен жабдықталған. Ұсақтағыштың өнімділік сенсоры шығыс шекті элементтердің кірістеріне қосылған қатынасты анықтау блогының екінші кірісіне қосылған. Бірінші шекті элементтің шығысы бірінші және екінші коммутаторлардың бірінші кірістеріне және екінші кідіріс блогына, екіншісі бірінші коммутатордың екінші кірісіне және бірінші кідіріс блогының кірісіне қосылған. Кідірістің бірінші блогынан сигнал екінші

коммутатордың кірісіне және екінші кідіріс блогына түседі. Ұсатқыш жетегі екінші кідіріс блогымен үшінші қосқыш арқылы қосылады. Бірінші коммутатордың шығысы фидер жетегіне, ал екінші коммутатордың шығысы жетекке қосылады.

Соңғы екі жүйенің кемшіліктерін атап өткен жөн. Қуат бергіште ұсынылған жүйе салмақ сенсорын пайдаланады, бұл жүйенің сенімділігін төмендетеді. Реттеу жүйесін құру принципінде дәйекті түзетуді қолдануды осы жүйелердің кемшіліктеріне де жатқызуға болады.

Ұсақтау процесін автоматты түрде реттеу міндеті түпкілікті өнімнің берілген мөлшерін сақтау және фракцияларды оңтайлы жүктеу арқылы ұнтақтау қондырғыларына жеткізілетін энергияны барынша пайдалану, сондай-ақ ұсақтағыш агрегаттарға берілетін энергияны ұсақтағыштарды оңтайлы жүктеу арқылы максималды пайдалану, сондай-ақ ұнтақтау қондырғыларына берілетін энергияны максималды пайдалану болып табылады. Ұсақтағыштарды ұсақтау камерасының көп жүктеу кезінде түпкілікті өнімді алу мүмкіндігі біріледі.

ӘДЕБИЕТТЕР

- [1] Абдулханова М.Ю., Колбасин А.М., Марсов В.И. Механическое оборудование предприятий стройиндустрии: учебное пособие. – М.: МАДИ, 2014. – 120с.
- [2] Вайсберг Л.А. Проектирование и расчет вибрационных грохотов. – М.: Недра, 1986. 145 с.
- [3] Варфоломеев В.П., Хитрецова М.В. Тенденции применения современного дробильно-сортировочного оборудования // Строительные и дорожные машины. – 2008. – № 6. – С.25-31.
- [4] Груздев А.В., Осадчий А.М., Фури В.О. Стационарные и полустационарные дробильно-перегрузочные установки УРАЛМАШЗАВОДА // Горный журнал. – 2012. – № 11. – С.70-72.
- [5] Иванов В.В., Фауль А.А., Кузнецов А.Н. Обоснование выбора технологических схем добычи щебня открытым способом с использованием передвижных дробильно-сортировочных комплексов // Записки Горного института. 2012. Т. 195. С.98-102.
- [6] Козлов А. Как выбирать дробильно-сортировочное оборудование? // Автомобильные дороги. – 2008. – № 6. – С.128-129.
- [7] Линч А.Дж. Циклы дробления и измельчения. – М.: Недра, 1981.
- [8] Надиров А.Г. Оценка производительности автоматизированного дробильно-сортировочного производства // Сб. научных трудов. Автоматизированные системы автотранспортного и строительного комплексов. – М.: МАДИ. 2001. С. 37 –41.
- [9] Основы автоматизации машиностроительного производства: Учеб. для машиностроит. спец. вузов / Е.Р. Ковальчук, М.Г. Косов, В.Г. Митрофанов и др.; под ред Ю. М. Соломенцева. – 2-е изд., испр. – М.: Высш. шк., 1999. 312 с.
- [10] Серго Е.Е. Дробление, измельчение и грохочение полезных ископаемых. – М.: Недра, 1985. 286с.
- [11] Тихонов А.Ф., Соколов А.В. Принципы формирования статистической модели дробильно-сортировочной установки. Сборник науч. трудов МГСУ. – М.: МГСУ, 2000, 81с.
- [12] Li-hua Zhao, Ming Liu. Operation and Maintenance of Coal Conveying System Screening and Crushing Coal Machinery in Thermal Power Plant // International Asia Conference on Industrial Engineering and Management Innovation (IEMI2012) Proceedings. 2013, pp.731-740.

REFERENCES

- [1] Abdulkhanova M.Yu., Kolbasin A.M., Marsov V.I. Mekhanicheskoe oborudovanie predpriyatii stroiindustrii: uchebnoe posobie. – M.: MADI, 2014. – 120s.
- [2] Vaisberg L.A. Proektirovanie i raschet vibratsionnykh grokhotov. – M.: Nedra, 1986. 145 s.
- [3] Varfolomeev V.P., Khitretsova M.V. Tendentsii primeneniya sovremennogo drobil'no-sortirovochnogo oborudovaniya // Stroitel'nye i dorozhnye mashiny. – 2008. – № 6. – S.25-31.
- [4] Gruzdev A.V., Osadchii A.M., Furin V.O. Statsionarnye i polustatsionarnye drobil'no-peregruzochnyeustanovki URALMAShZAVODA // Gornyi zhurnal. – 2012. – № 11. – S.70-72.
- [5] Ivanov V.V., Faul' A.A., Kuznetsov A.N. Obosnovanie vybora tekhnologicheskikh skhem doby-chi shchebnya otkryтым способом s ispol'zovaniem peredvizhnykh drobil'no-sortirovochnykh kompleksov // Zapiski Gornogo instituta. 2012. T. 195. S.98-102.

- [6] Kozlov A. Kak vybirat' drobil'no-sortirovochnoe oborudovanie? // Avtomobil'nye dorogi. – 2008. – № 6. – S.128-129.
- [7] Linch A.Dzh. Tsikly drobleniya i izmel'cheniya. – M.: Nedra, 1981.
- [8] Nadirov A.G. Otsenka proizvoditel'nosti avtomatizirovannogo drobil'no-sortirovochnogo proizvodstva // Sb. nauchnykh trudov. Avtomatizirovannye sistemy avtotransportnogo i stroitel'nogo kompleksov. – M.: MADI. 2001. S. 37–41.
- [9] Osnovy avtomatizatsii mashinostroitel'nogo proizvodstva: Ucheb. dlya mashinostroit. spets. vuzov / E.R. Koval'chuk, M.G. Kosov, V.G. Mitrofanov i dr.; pod red Yu. M. Solomentseva. – 2-e izd., ispr. – M.: Vyssh. shk., 1999. 312 s.
- [10] Sergo E.E. Droblenie, izmel'chenie i grokhochenie poleznykh iskopaemykh. – M.: Nedra, 1985. 286s.
- [11] Tikhonov A.F., Sokolov A.B. Printsipy formirovaniya statisticheskoi modeli drobil'no-sortirovochnoi ustanovki. Sborniknauch. trudov MGSU. – M.: MGSU, 2000, 81s.
- [12] Li-hua Zhao, Ming Liu. Operation and Maintenance of Coal Conveying System Screening and Crushing Coal Machinery in Thermal Power Plant // International Asia Conference on Industrial Engineering and Management Innovation (IEMI2012) Proceedings. 2013, pp.731-740.

¹Н.С.Камзанов*, ¹Р.А. Козбагаров, ²К.А. Жусупов, ²Д.О.Есиркеп, ²Е.Б.Калиев

¹Satbayev University, Алматы, Казахстан

²Академия транспорта и коммуникаций им.М.Тынышпаева, Алматы, Казахстан

*e-mail: n.kamzanov@mail.ru

АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ ДРОБЛЕНИЯ

Аннотация. В работе выполнен обзор технологического оборудования систем автоматизированного управления процессом дробления. Установлено, что выбор технологической схемы АДСП зависит от вида перерабатываемого сырья, его физических характеристик, требований к качеству и назначению готовой продукции, от требуемого соотношения кубовидного зерна, планируемой мощности. А также установлено, что задача автоматического регулирования процесса дробления заключается в поддержании заданной крупности конечного продукта и в максимальном использовании подводимой к дробильным агрегатам энергии за счет оптимальной загрузки дробилок, а также получение наибольшей возможной производительности дробильных агрегатов и в максимальном использовании подводимой к дробильным агрегатам энергии за счет оптимальной загрузки дробилок, а также наибольшая возможная производительность получения конечного продукта при наибольшей загрузке камеры дробления дробилок.

Ключевые слова: дробилка, сортировка, грохот, автоматизированная система, питатель, камера дробления.

¹N.S.Kamzanov*, ¹R.A. Kozbagarov, ²K.A. Zhussupov, ²D.O. Esirkep, ²E.B.Kaliyev

¹Satbayev University, Almaty, Kazakhstan

²Tynyshpayev Academy of Transport and Communications, Almaty, Kazakhstan

*e-mail: n.kamzanov@mail.ru

ANALYSIS OF EXISTING AUTOMATIC CONTROL SYSTEMS FOR THE CRUSHING PROCESS

Abstract. The paper provides an overview of the technological equipment of automated control systems for the crushing process. It is established that the choice of the technological scheme of ADSP depends on the type of processed raw materials, its physical characteristics, requirements for the quality and purpose of the finished product, the required ratio of cuboid grain, the planned capacity. And also found that the task of automatic control of process of crushing is to maintain a given size of the final product and to maximize input to crushing units of energy by optimum loading of the crusher, as well as obtaining the highest possible performance crushing units and maximum utilization of the input to crushing units of energy by optimum loading of the crusher, and the highest possible performance in the final product at the maximum loading of the crushing chamber crushers.

Keywords: crusher, sorting, screening, automated system, feeder, crushing chamber.

А.Б. Бекбаев, В.П. Шерышев, Е.А. Сарсенбаев, Н.Т. Каликасов*

Satbayev University, Алматы, Казахстан

*e-mail: kalikassov@mail.ru

ИНТЕЛЛЕКТУАЛИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ИЗМЕРЕНИЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ТРУДНОДОСТУПНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ КОНТАКТНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Аннотация. Рассмотрены вопросы построения и приведен пример реализации функции преобразования интеллектуального датчика температуры контактной поверхности электрического контакта. Показана безальтернативность интеллектуализации процесса измерений температуры труднодоступных контактных поверхностей высоковольтных и силовых электрических контактных соединений.

Термин «интеллектуальные» по отношению к устройствам, которые за счет переработки в них полученной информации приобретают новые качества, часто употребляется *в узком смысле* при наличии следующих признаков: компенсация погрешности измерений, передача и обработка оцифрованного сигнала первичного преобразователя. В *широком смысле* «интеллектуальный» датчик, кроме отмеченного выше, обладает способностью адаптации к источнику сигнала и окружающей среде, - это электронное устройство, объединяющее чувствительные элементы, схемы преобразования сигналов и средства микропроцессорной техники (интеграция). Применение принципа интеллектуализации измерений упрощает повышение точности измерений переносом аппаратных решений на программы микроконтроллеров. При этом отклонения результатов устраняются введением в функцию преобразования поправочных коэффициентов. В настоящей статье рассмотрены вопросы построения и приведен пример реализации функции преобразования интеллектуального датчика температуры контактной поверхности электрического контакта.

Ключевые слова: токоведущая шина, контактная поверхность, температура, электрический контакт, интегральный датчик, интеллектуализация измерений.

Введение. В электроэнергетике электрические контакты (контактные поверхности) — это токоведущие элементы, соединяющие, например, прямоугольную шину одной части электроустановки с прямоугольной шиной другой части этой же установки.

Основным технологическим параметром, определение которого служит для предотвращения фатального сваривания контакт - деталей, является максимальная температура электрического контакта, достигаемая, прежде всего, на контактной поверхности. Поэтому в процессе эксплуатации требуется проведение непрерывного температурного контроля силовых электрических контактов в режиме динамического мониторинга [1].

С учётом высокого уровня современных технологий этот контроль должен быть интеллектуальным, т.е. основанным на применении интеллектуальных датчиков температуры.

Измерение температуры некоторых поверхностей электрических аппаратов часто оказывается недоступным. Это поверхности высоковольтных токоведущих шин и контактные поверхности силовых электрических контактов распределительных устройств - для контактных датчиков температуры и отсутствие прямой видимости для бесконтактных датчиков.

В этих случаях интеллектуальным датчикам, имеющим в своём составе микроконтроллеры с программами пересчёта температур доступных поверхностей в температуры недоступных для измерений токоведущих поверхностей, отсутствует приемлемая альтернатива.

При температурном контроле в режиме динамического мониторинга рассматривают нагрев токоведущих поверхностей под действием прямоугольных (точнее- почти прямоугольных (квазипрямоугольных) энергоэффективных импульсов тока), возникающих,

например, при включении мощных электродвигателей или электротехнологических установок. Именно режимы резких изменений нагрузки часто приводят к выходу из строя – фатальной сварке контакт- деталей.

В силу кратковременности (единицы секунд) и больших значений тока (свыше 1кА) правомерно рассмотрение адиабатического режима нагрева с разделением на экспоненциальную и линейную стадии нагрева [2].

Термин «интеллектуальные» по отношению к устройствам, которые за счет переработки в них самих полученной информации приобретают новые качества, часто употребляется в узком смысле.

Принято считать, что интеллектуальным датчикам свойственны следующие признаки: оценка достоверности данных, компенсация погрешности измерений, передача данных через цифровой интерфейс, осуществление обработки сигнала первичного измерителя - преобразователя.

Интеллект датчика реализуется программами микроконтроллеров, позволяющими, на основе анализа входной информации и условий его работы, принимать соответствующие решения и управлять целенаправленным изменением первичной информации.

Микропроцессоры подобных систем способны обрабатывать достаточно большие объемы информации с достаточно высокой скоростью. Благодаря им разрабатываются, в частности, интеллектуальные датчики температуры различных поверхностей электропроводных твердых тел, удобные в установке на объект и в настройке на конкретный режим работы.

Интегральные датчики и интеллектуализация измерений.

Алгоритм вычисления температуры труднодоступной поверхности. При измерении температуры поверхности, находящейся под электрическим напряжением, с помощью терморезистора требуется обеспечить его изоляцию. С целью электрической изоляции контактные сенсоры (терморезисторы) отделяются от токоведущей поверхности слоем диэлектрика, обладающим требуемой электрической прочностью [3].

Поскольку чувствительный элемент-терморезистор измеряет температуру малого объема изолирующего материала, в котором он размещён, и с которым он находится в состоянии термодинамического равновесия, расположенного на некотором удалении от измеряемой поверхности (т.е. свою собственную температуру), то измеренные показания датчика нельзя принимать за температуру поверхности шины.

В этом случае, на основании решения задачи теплопередачи через слой диэлектрика от тепловыделяющей поверхности токоведущей шины к тепловоспринимающей поверхности размещения терморезистора, требуется установить функциональную зависимость между температурой поверхности шины и измеренной терморезистором температурой [4].

Задача решается в следующей последовательности. Строится математическая модель процесса теплопередачи теплопроводностью через плоский слой диэлектрика. Осуществляется декомпозиция математической модели, результатом которой является обоснование применения линейного одномерного уравнения теплопроводности, допускающего получение аналитического решения поставленной задачи при заданных условиях однозначности - граничных и начальных условий. Строится функция преобразования интеллектуального датчика температуры поверхности токоведущей шины - формула пересчёта измеренной температуры в точке размещения терморезистора в температуру поверхности токоведущей шины, которая впоследствии программируется на микроконтроллере.

В случае использования двух датчиков – датчика температуры и датчика плотности теплового потока на поверхности шины алгоритм вычисления температуры контактной поверхности сводится к решению граничной обратной задачи теплопроводности (ОЗТ) [5]. В этом случае требуется значительно больший вычислительный ресурс интеллектуальной

системы, чем при использовании аналитических решений линейных одномерных прямых задач теплопроводности.

Температура контактной поверхности. Температуру контактной поверхности (ТКП) электрического контакта можно трактовать как температуру недоступной поверхности (ТНП), поскольку она действительно недоступна для прямых измерений. Её измерение в электротехнике является проблемой, эффективное решение которой, может быть достигнуто с помощью интеллектуализации измерительного процесса [6-9].

Это требует значительной теоретической проработки. Так, например, для контроля ТНП контактных элементов с использованием интеллектуальных датчиков (ИД) можно применить методы решения ОЗТ. Однако, для построения эффективных алгоритмов решения этих задач, требуется разработка специальных устойчивых методов, что, само по себе, является проблемой исследования [10].

Отметим, что в случае контроля ТНП значительного числа элементов электрооборудования (коммутационных аппаратов) рассматриваемый процесс нагрева допускает достаточную для практических целей оценку плотности теплового потока, проходящего через контролируемую поверхность.

В такой ситуации ТНП может быть определена путём решения прямой задачи теплопроводности, в которой в качестве одного из граничных условий задачи теплопроводности используется измеренная температура поверхности токоведущей шины, а в качестве второго граничного условия – рассчитанный тепловой поток, проходящий через контактную поверхность. Но даже в этой, достаточно простой, ситуации решения, представленные рядами [11], оказываются непригодными для реализации средствами современной микропроцессорной техники. Поэтому требуется проведение упрощений, декомпозиции моделей процесса нагрева и использование приближённых методов. Далее, для достижения более высокой точности измерений применяются ИД с модифицированными (оптимизированными) функциями преобразования.

Интегральные схемы. Современные средства микроэлектроники позволяют объединять в датчиках первичные измерители - преобразователи с усилителями, аналого-цифровыми преобразователями и микропроцессорами. Интеграция цифровых схем и микропроцессоров в одном устройстве позволяет производить последовательно усиление сигналов и коррекцию результатов измерений, а также часть обработки информации в самом датчике [12-14].

В рамках интеграции современных микропроцессорных систем решается также задача повышения точности и быстродействия аналого-цифровых преобразователей – одной из основополагающих компонент интеллектуальных датчиков [15].

Раньше характеристики аналого-цифрового преобразователя (АЦП) определялись только требованиями конкретной технологии, а сейчас они стали преимущественно задаваться в соответствии с рынком. В соответствии с этим проектируются современные АЦП.

Когда номенклатура интегральных преобразователей формы представления информации была незначительна, выбор конкретной большой интегральной схемы (БИС) определялся такими параметрами как *разрешение* и *пропускная способность*. Теперь же, за основу принимается удобство ее функционального применения. Выбор БИС, удовлетворяющей требованиям к точности и быстродействию АЦП, в настоящее время является решаемой задачей.

Интеллектуализация измерений. Интеллектуальный датчик представляет собой совокупность программных и аппаратных средств отображения свойств объекта в виде определённой структуры данных - результатов обработки выходного сигнала первичного преобразователя (чувствительного элемента, в нашем случае терморезистора или термопары) по определенному алгоритму.

Распространено следующее определение интеллектуального датчика - *в широком смысле*, это датчик, обладающий способностью автоматической адаптации к источнику

сигнала и окружающей среде, а также способностью контролировать свои функции, корректировать ошибки измерений, и представляющий собой электронное устройство, основанное на объединении чувствительных элементов, схем преобразования сигналов и средств микропроцессорной техники.

Применение принципа интеллектуализации измерений базируется на преобразовании выходного сигнала датчика в цифровую форму непосредственно в самом датчике. Это упрощает повышение точности измерений за счёт появления возможности переноса функции обработки сигналов с аппаратуры на программное обеспечение.

При этом производственные отклонения (возмущения) могут быть учтены путём введения поправочных коэффициентов в функцию преобразования вместо того, чтобы проводить электрическую или механическую подстройку,

Аналогичная задача повышения точности измерений решается введением в функцию преобразования ИД ТНП, точнее в список режимных параметров нескольких поправочных коэффициентов. Поправочные коэффициенты вычисляются заранее по разработанной методике.

Методика вычисления коэффициентов функции преобразования датчика ИД температуры шины, находящейся под высоким электрическим напряжением, базируется на решении задачи теплопередачи через слой изолятора, обеспечивающего требуемую электрическую прочность [3]. Однако при этом точность показаний датчика температуры снижается за счёт падения температуры на слое диэлектрика (преимущественно электрокерамики). Для повышения точности контактного измерения температуры с помощью терморезистора можно применить интеллектуальный датчик [4] с изменённой функцией преобразования.

Реализация функции преобразования ИД ТНП.

Измерительная цепь ИД ТНП, наряду с чувствительным элементом (например, термопарой для класса напряжений менее 1 кВ или термистором для классов напряжений менее 10 кВ) и нормирующим усилителем, содержит микроконтроллер с программой, реализующей формулу для вычисления температуры поверхности (функцию преобразования ИД), находящейся под электрическим напряжением. Расчётная формула- функция преобразования ИД содержит поправочные коэффициенты – режимные параметры, сохранённые в энергонезависимой памяти датчика.

На рисунке 1 приведен пример реализации функции преобразования ИД температуры контактной поверхности электрического контакта на микроконтроллере, входящем в состав экспериментального стенда.

Основными элементами экспериментального стенда являются:

- цифровой преобразователь MAX31855;
- термопара К-типа (ТХА) для измерения температуры доступной поверхности;
- SB1, SB2, Reset – кнопки управления;
- LCD1 – ЖК-дисплей LMB204BBC для отображения работы программы микроконтроллера;
- микроконтроллер (МК) PIC18F2550 – основа схемы;
- 32K 2.5V I²C последовательное ЭСППЗУ (EEPROM) 24LC32A;
- кварц 20МГц;
- USB – коннектор для связи МК с ПК;
- BUZ1 – звукоизлучатель - сигнальное устройство (активный buzzer);
- ULN2003A - драйвер нагрузок;
- DC/DC – понижающий преобразователь 12Вольт-5Вольт;
- AMS1117-3.3 – понижающий преобразователь напряжения для питания MAX31855.

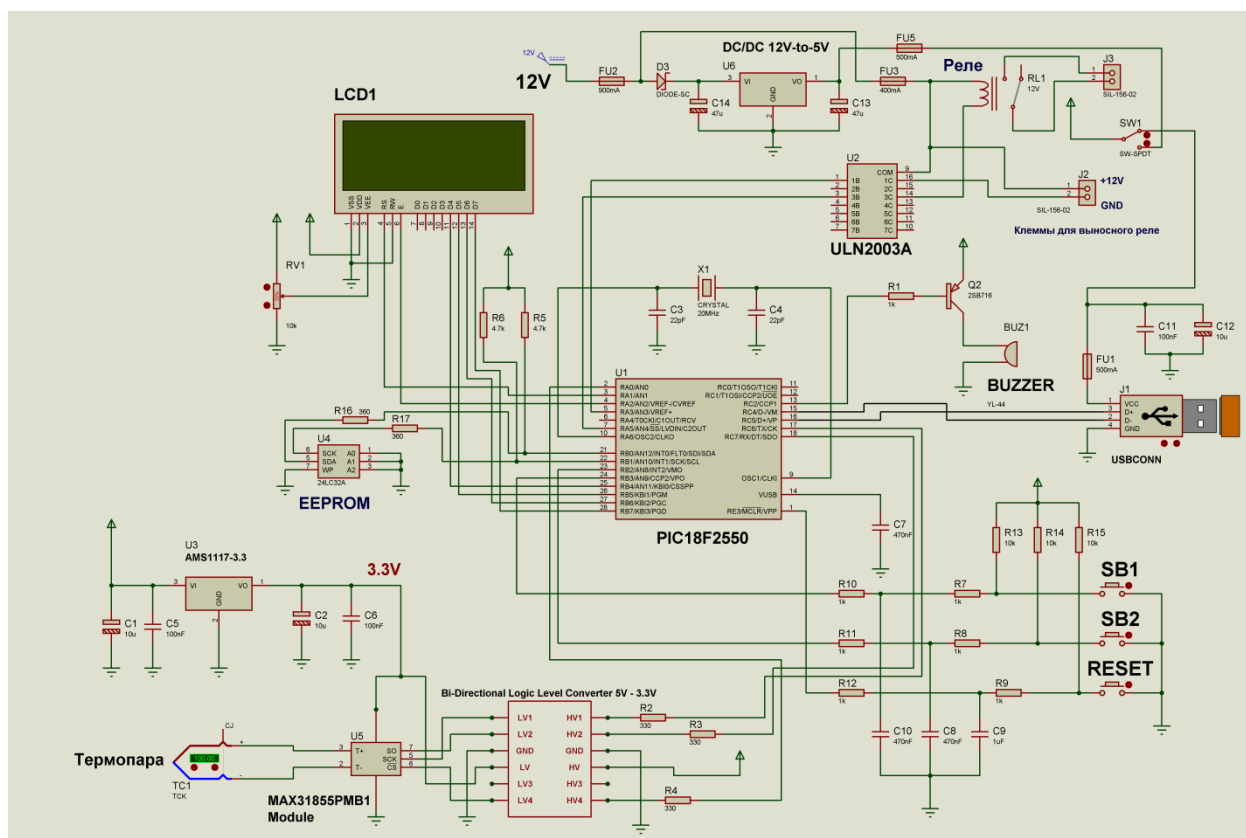


Рисунок 1. Принципиальная схема микроконтроллерного блока стенда

Схема работает следующим образом. Сигнал с термопары, закреплённой на шине, поступает на периферийный модуль MAX31855PMB1, основным элементом которого является цифровой преобразователь MAX31855, который предназначен для преобразования в цифровую форму сигналов с термопар и обеспечивает компенсацию их опорных спаев. Преобразователь MAX31855 имеет цифровой, SPI-совместимый интерфейс, функционирующий в режиме чтения данных в знаковом, 14-ти разрядном формате. MAX31855 имеет в своем составе все необходимые функциональные узлы, реализованные на дискретных компонентах, включая АЦП, прецизионный усилитель и датчик температуры для компенсации опорного спаив термопары.

Далее цифровой сигнал от преобразователя MAX31855 поступает в микроконтроллер по шине SPI для дальнейших преобразований. Задание режима измерений производится вводом режимных параметров с клавиатуры мобильного компьютера с помощью программной оболочки, написанной на языке DELPHI. В микроконтроллере (МК) осуществляются все необходимые вычисления, результаты которых сохраняются во внешней энергонезависимой памяти и передаются компьютеру по шине USB. На экране монитора компьютера в той же оболочке отображаются результат измерения температуры от термопары и результат вычисления температуры контактной поверхности по формуле. Результаты отображаются в виде колонок (таблиц) данных и в виде графиков.

Заключение. Проведенные нами исследования позволяют сделать следующие выводы:

- эффективный контроль высоковольтных и многоамперных контактных соединений (КС) коммутационных аппаратов в режиме динамического мониторинга с целью исключения перегрева токоведущих контактных элементов может быть осуществлён с применением интеллектуальных датчиков температуры недоступных поверхностей в интегральном исполнении;

- первоочередными задачами создания интеллектуальных датчиков температуры недоступных поверхностей являются обеспечение их точности и быстродействия.

Пояснение:

ОЗТ – обратная задача теплопроводности

ТКП – температура контактной поверхности

ТНП – температура недоступной поверхности

ИД – интеллектуальный датчик

ОЗТ – обратная задача теплопроводности

АЦП – аналого-цифровой преобразователь

БИС – большая интегральная схема

МК – микроконтроллер

КС – контактное соединение

ЛИТЕРАТУРА

[1] Бекбаев А.Б., Сарсенбаев Е.А., Титков В.В. О возможностях динамической оценки температуры контактной поверхности при импульсных токовых нагрузках // Электротехника.- 2017. -№5.- С. 35-40.

[2] Бекбаев А.Б. Способ определения времени срабатывания защиты токоведущих контактных соединений коммутационных аппаратов от перегрева/ А.А. Болтенков, Е.А. Сарсенбаев, М.В. Селивёрстов, В.П. Шерышев, А.Б. Бекбаев// Патент РФ № 0002635385. - 2017.

[3] Патент (Россия, №02272261, МПК G01K 13/00, заявка 2004131485/28 от. 28.10.2004, опубл. 20.03.2006): Устройство для измерения температуры поверхности, находящейся под электрическим напряжением.

[4] Инновационный патент РК №29444 от 25.12.2014. Бекбаев А.Б., Жумаев А.К., Шерышев В.П., Сарсенбаев Е.А., Утебаев Р.М., Скендирова Л.Ш. Способ измерения температуры поверхности, находящейся под электрическим напряжением, и устройство для его осуществления.

[5] Мацевитый Ю.М. Обратные задачи теплопроводности: в 2 т//. Методология. - Киев: Наукова думка, 2002. - Т.1. - 408 с.

[6] Цветков Э.И. Общее математическое обеспечение интеллектуализации измерительных средств/ Сб. докл. Междунар. конф. по мягким вычислениям и измерениям SCM-98. - СПб, 1998.-Т.2.- С.122-124.

[7] Опадчий, Ю. Ф. Аналоговая и цифровая электроника (полный курс) : учебник для вузов по специальности «Проектирование и технология радиоэлектронных средств» / Ю. Ф. Опадчий, О. П. Глудкин, А. И. Гуров ; под ред. О. П. Глудкина. – М. : Горячая линия – Телеком, 2005. – 768 с.

[8] Панфилов, Д. И. Электротехника и электроника в экспериментах и упражнениях: практикум на Electronics Workbench : в 2 т. Т. 2. Электроника / Д. И. Панфилов, В. С. Иванов, И. Н. Чепурин ; под общ. ред. Д. И. Панфилова. – М. : ДОДЭКА, 2000. – 288 с,

[9] Иванов В.Н., Соболев В.С., Цветков Э.И. Интеллектуализация измерений// Измерения. Контроль. Автоматизация. - 1991, N 4. -С.2-11.

[10] Алифанов О.М., Артюхин Е.А., Ненарокомов А.В. Идентификация математических моделей сложного теплообмена. -М.: Изд-во МАИ, 1999.- 252 с.

[11] Казанский Н.Л., Колпаков А.И., Колпаков В.А., Паранин В.Д. Метод определения температуры поверхности в области ее взаимодействия с потоком низкотемпературной плазмы//Журн. техн. физики.-2007.-Т.77.-Вып.12.-С.21-25.

[12] Долгов А.Д. Применение микроконтроллеров в интегральных датчиках Труды Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева. -2015.- № 3(110). -С. 268-272.

[13] Шишов О.В. Проектирование аналого-цифровых контрольно-управляющих микропроцессорных систем. - Саранск: Типография “Красный октябрь”, 2001.-116с.

[14] Шишов О.В. Элементы систем автоматизации. Промышленные компьютеры.- Берлин: Директ-Медиа, 2015.-92с.

[15] Баранов Л.А. Влияние устройств выборки и хранения на точность аналого-цифрового преобразования // Автоматика на транспорте. -2016.

REFERENCES

- [1] Bekbaev A.B., Sarsenbaev E.A., Titkov V.V. O vozmozhnostjakh dinamicheskoy ocenki temperatury kontaktnoj poverhnosti pri impul'snyh tokovyh nagruzkah // *Jelektrotehnika*.- 2017.-№5.- S. 35-40.
- [2] Bekbaev A.B. Sposob opredelenija vremeni srabatyvaniya zashhity tokovedushhih kontaktnyh soedinenij kommutacionnyh apparatov ot peregreva/ A.A. Boltenkov, E.A. Sarsenbaev, M.V. Selivjorstov, V.P. Sheryshev, A.B. Bekbaev// Patent RF № 0002635385. - 2017.
- [3] Patent (Rossija, №02272261, МРК G01K 13/00, заявка 2004131485/28 от. 28.10.2004, opubl. 20.03.2006): Ustrojstvo dlja izmerenija temperatury poverhnosti, nahodjashhejsja pod jelektricheskim naprjazheniem.Инновационный патент РК №29444 от 25.12.2014. Бекбаев А.Б., Жумаев А.К., Шерышев В.П., Сарсенбаев Е.А., Утебаев Р.М., Скендинова Л.Ш. Способ измерения температуры поверхности, находящейся под электрическим напряжением, и устройство для его осуществления.
- [4] Innovacionnyj patent RK №29444 от 25.12.2014. Bekbaev A.B., Zhumaev A.K., Sheryshev V.P., Sarsenbaev E.A., Utebaev R.M., Skendirova L.Sh. Sposob izmerenija temperatury poverhnosti, nahodjashhejsja pod jelektricheskim naprjazheniem, i ustrojstvo dlja ego osushhestvlenija.
- [5] Macevityj Ju.M. Obratnye zadachi teploprovodnosti: v 2 t//. Metodologija. - Kiev: Naukova dumka, 2002. - T.1. - 408 s.
- [6] Cvetkov Je.I. Obshhee matematicheskoe obespechenie intellektualizacii izmeritel'nyh sredstv/ Sb. dokl. Mezhdunar. konf. po mjagkim vychislenijam i izmerenijam SCM-98. - SPb, 1998.-T.2.-S.122-124.
- [7] Opadchij, Ju. F. Analogovaja i cifrovaja jelektronika (polnyj kurs) : uchebnik dlja vuzov po special'nosti «Proektirovanie i tehnologija radiojelektronnyh sredstv» / Ju. F. Opadchij, O. P. Gludkin, A. I. Gurov ; pod red. O. P. Gludkina. – M. : Gorjachaja linija – Telekom, 2005. – 768 s.
- [8] Panfilov, D. I. Jelektrotehnika i jelektronika v jeksperimentah i uprazhnenijah: praktikum na Electronics Workbench : v 2 t. T. 2. Jelektronika / D. I. Panfilov, V. S. Ivanov, I. N. Chepurin ; pod obshh. red. D. I. Panfilova. – M. : DODJeKA, 2000. – 288 s,
- [9] Ivanov V.N., Sobolev V.S., Cvetkov Je.I. Intellektualizacija izmerenij// *Izmerenija. Kontrol'. Avtomatizacija*. - 1991, N 4. -S.2-11.
- [10] Alifanov O.M., Artjuhin E.A., Nenarokomov A.B. Identifikacija matematicheskikh modelej slozhnogo teploobmena. -M.: Izd-vo MAI, 1999.- 252 s.
- [11] Kazanskij N.L., Kolpakov A.I., Kolpakov V.A., Pararin V.D. Metod opredelenija temperatury poverhnosti v oblasti ee vzaimodejstvija s potokom nizkotemperaturnoj plazmy//Zhurn. tehn. fiziki.-2007. -T.77.-Vyp.12.-S.21-25.
- [12] Dolgov A.D. Primenenie mikrokontrollerov v integral'nyh datchikah Trudy Nizhegorodskogo gosudarstvennogo tehničeskogo universiteta im. R.E. Alekseeva. -2015.- № 3(110).-S. 268-272.
- [13] Shishov O.V. Proektirovanie analogo-cifrovych kontrol'no-upravljajushhih mikroprocessornyh sistem. - Saransk: Tipografija “Krasnyj oktjabr”, 2001.-116s.
- [14] Shishov O.V. Jelementy sistem avtomatizacii. Promyshlennye komp'jutery. - Berlin: Direkt-Media, 2015.-92s.
- [15] Baranov L.A. Vlijanie ustrojstv vyborki i hranenija na tochnost' analogo-cifrovogo preobrazovanija // *Avtomatika na transporte*. -2016.

А.Б.Бекбаев, В.П.Шерышев, Е.А. Сәрсенбаев, Н.Т.Қаликасов*

Satbayev University, Алматы, Қазақстан

*e-mail: kalikassov@mail.ru

ЭЛЕКТР БАЙЛАНЫСТАРЫНЫҢ ҚОЛ ЖЕТПЕЙТІН БЕТТЕРІНІҢ ТЕМПЕРАТУРАСЫН ӨЛШЕУ ПРОЦЕСІН ИНТЕЛЛЕКТУАЛИЗАЦИЯЛАУ

Аңдатпа. Электрлік контактінің беткі температурасы үшін интеллектуалды сенсордың трансформациялау функциясын жүзеге асырудың мысалы келтіріліп, құрылыстың мәселелері қарастырылған.

Жоғары вольтты және жоғары тоқты электрлік байланыс температурасының жетуге қиын түйісетін беттерін өлшеу процесінің интеллектуализациясы жарамсыз екендігі көрсетілген.

Ондағы алынған ақпараттарды өңдеудің арқасында жаңа сапаларды иеленетін құрылғыларға қатысты «интеллектуалды» термині көбінесе тар мағынада келесі белгілер болған жағдайда қолданылады: өлшеу қателіктерін өтеу, цифрландырылған беру және өңдеу бастапқы түрлендіргіштің сигналы. Кең мағынада «интеллектуалды» сенсор, жоғарыда айтылғандардан басқа, сигнал көзі мен қоршаған ортаға бейімделу қабілетіне ие; бұл сезгіш элементтерді, сигнал түрлендіру тізбектерін және микропроцессорлық технологияны (интеграция) біріктіретін электрондық құрылғы. Өлшеу алгоритмінің принципі қолдану аппараттық шешімдерді микроконтроллер бағдарламаларына беру арқылы өлшеу дәлдігін жақсартуды жеңілдетеді. Нәтижелердің осы ауытқуымен түзету факторларының конверсиялық функциясы жойылады. Бұл мақалада құрылыс мәселелері талқыланады және электрлік контактінің жанасу бетінің температурасының интеллектуалды сенсорының трансформациясын жүзеге асырудың мысалы келтірілген.

Негізгі сөздер: ток өткізгіш шина, жанасу беті, температура, электрлік байланыс, интегралдық сенсор, өлшеу интеллектуалы.

A.B. Bekbaev, V.P. Sheryshev, E.A. Sarsenbaev, N.T. Kalikasov*

Satbayev University, Almaty, Kazakhstan

*e-mail: kalikassov@mail.ru

INTELLECTUALIZATION OF THE PROCESS OF MEASURING THE TEMPERATURE OF INACCESSIBLE SURFACES OF ELECTRIC CONTACT CONNECTIONS

Abstract. The issues of construction are considered and an example of the implementation of the transformation function of an intelligent sensor for the surface temperature of an electrical contact is given. It is shown that the intellectualization of the process of measuring hard-to-reach contact surfaces of the temperature of high-voltage and high-current electrical contact connections is not valid.

The term "intelligent" in relation to devices that acquire new qualities due to the processing of the received information in them, is often used in a narrow sense in the presence of the following features: compensation of measurement errors, transmission and processing of the digitized signal of the primary converter. In a broad sense, an "intelligent" sensor, in addition to the above, has the ability to adapt to the signal source and the environment; it is an electronic device that combines sensing elements, signal conversion circuits and microprocessor technology (integration). Application of the principle of the measurement algorithm simplifies the improvement of measurement accuracy by transferring hardware solutions to microcontroller programs. With this deviation of the results, the conversion function of the correction factors is eliminated. This article discusses the construction issues and provides an example of the implementation of the transformation of an intelligent temperature sensor of the contact surface of an electrical contact.

Keywords: current-carrying bus, contact surface, temperature, electrical contact, integral sensor, measurement intellectualization.

¹R.E. Nurlybayev, ²M.T. Zhuginisov, ²Zh.O. Zhumadilova, ¹Ye.S. Orynbekov,
²E.E. Khamza, ²I.B. Sangulova

¹«SAVENERGY» LLP, Almaty, Kazakhstan

²T.Basenov Institute of Architecture and Construction, Satbayev University, Almaty, Kazakhstan

*e-mail: rusya_nre@mail.ru

INVESTIGATION OF THE EFFECT OF DIATOMITE AND BENTONITE CLAYS ON THE PROPERTIES OF LOCAL LOAM-BASED PRODUCTS

Abstract. Scientific organizations have taken an active attitude in energy- and resource-saving in buildings. New regulatory requirements for thermal protection of buildings standardized the principles of gradual reduction of thermal energy consumption for heating buildings in order to reduce the level of building energy consumption by at least 30-40% in a short time frame. Based on this, it follows that today in the world and in the country the problem of improving the thermal protective properties of building enclosing structures is one of the most urgent tasks in construction. One of the solutions to the problem of increasing the thermal protection of buildings is the use of diatomite and bentonite additives in the composition of energy-saving ceramic bricks. The main one is the design and development of new energy-and resource-saving ceramic bricks that can provide the required level of thermal protection while maintaining the previous design considerations of buildings. The current economic conditions in the country determine a new approach to choosing effective building materials for housing construction. Therefore, recently there is an urgent need for new wall materials that have energy- and resource-saving properties.

Key words: diatomite, bentonite, ceramic brick, loam, charge.

Introduction. A growing number of regulations and government programs encourage building in an environmentally friendly and energy-efficient way. The changes that happened and keep happening in thinking of investors also contribute to the search for solutions that are beneficial for people and the environment. In addition, energy-efficient and long-lasting building materials, such as ceramics, are cheaper in the long run, and houses built with them consume less energy, which saves on bills. Thus, the long-term perspective of investment, i.e. building a house, contributes to sustainable and energy-efficient construction, including from an economic point of view.

Traditionally, the term "brick" refers to a small unit of building material primarily consisting of clay. The mineral content of clay will determine the color of the brick: clays rich in iron oxide will turn reddish, and clays containing a lot of lime will have a white or yellow tint.

Ceramic tiles, clinker tiles and bricks, as well as ceramic hollow bricks for wall construction are natural and safe building materials for humans. The clay from which they are fired is a completely ecological material that does not contain chemical dyes, metals or other artificial elements. As a result, ceramic walls and roofs have provided a healthy natural microclimate for buildings made of them for hundreds of years. This feature became especially important, as it turned out that asbestos-covered roofs pose a threat to the life and health of residents.

A facade made of brick or clinker tiles, as well as a roof covered with ceramic tiles, are really durable. Their durability is designed for 100-150 years. In addition, due to their strength and resistance to adverse external factors, they practically do not require maintenance. Moreover, low absorbency means that dirt does not penetrate deep into the ceramic, and dirt from the roof and facade can simply be washed off with water. This is one of the reasons why these materials are considered eco-friendly ceramics do not need to be painted, re-poured or cleaned, so the environment is not polluted by chemicals and does not require additional costs.

In residential buildings, most of the energy (about 70%) is spent on heating. That is why building materials and structural solutions that allow you to keep heat in the house are a real aid in the fight for low bills. Energy-saving brick is one of the materials with the best thermal insulation parameters. Their properties are primarily due to their porous structure. Micropores are

filled with air, which is an excellent insulator. This leads to low heat thermal transmission coefficient (U) of the entire partition. It is both a structural element and a thermal insulation element, and its thermal conductivity coefficients (λ) depend on the type of block. Moreover, bricks and other ceramic building materials, such as clay bricks and tiles, also have high heat storage parameters due to their relatively high density.

The use of materials that provide proper thermal insulation of the entire building surface is extremely important, since warm air escapes not only through the walls, but also through the roof, foundation and other structural elements.

1 Compositions and technologies of ceramic products based on natural and man-made raw materials

In TarSU named after M.Kh. Dulati research on the development of energy- and resource-saving technology of ceramic bricks based on blast furnace slags of the Karaganda Metallurgical Combine JSC "Ispat-Karmet" [1] has been conducted. Compositions of ceramic bricks containing 67-75 (% by weight) of granulated blast furnace slag are proposed. Bentonite clay, cullet, and an alkaline additive in the form of soda were used as binding components. The compressive strength of the bricks obtained is 17-19 MPa, which corresponds to grades M 150-200.

The authors of [2] used granular phosphorus slag in ceramic brick technology. Before composing the charge, the granular phosphorus slag is subjected to co-grinding with bentonite clay in a ball mill until it passes completely through a 0.315 sieve. The ratio of phosphorus slag and bentonite clay is 4:1.67 in parts by weight. The ceramic mass includes raw materials in the following ratios (% of the weight): granular phosphorus slag – 40-60, loam – 25-40, bentonite clay – 15-20. This ceramic mass has a plasticity number $P = 9.5-11$ and is insensitive to drying ($K_{ch} = 0.50-0.70$). The strength of ceramic bricks is 17.2-21.5 MPa.

The authors of the patent for the invention, [3] with the aim of reducing the average density ceramic bricks has developed a ceramic mass, including (% by weight): 55...65 fusible clay and 35...45 carbonate-siliceous rock with the ratio of the oxides of calcium and silicon 0,31- 0,34. The bricks manufactured on its basis have an average density of...1490 1570 kg/m³, the porosity...38,4 41,9 %, the compressive strength of 18.6...27,5 MPa.

The author of work [4] for the production of hollow-porous products in the study of the composition of low-melting clay of the Atratyevskoe deposit with carbonaceous tripols of the Novo-Aibesinovskoe deposit (ratio 60:40) found that during firing crystalline newgrowths are built up in the form of wollastonite, and an increased proportion of glass confirmed by its high compressive and flexural strength. Solid lightweight products of the M-250 brand with a density of 1260 kg / m³ and hollow lightweight products of the M-175 brand with a density of 800 kg / m³ with a water absorption of 20% were obtained. The possibility of obtaining in the temperature range 1000-1170 °C clinker wall products in the composition of low-melting clay of the Alekseevsky deposit with diatomite of the Inzensky deposit (the ratio of clay and diatomite is 70:30) has also been established. In this case, the content of feldspars and quartz decreases, the content of cristobalite increases significantly, the proportion of the glass phase increases significantly, accompanied by an increase in the strength of the samples in compression from 80 to 120 MPa and in bending from 27 to 50 MPa.

In the study [5], a technology for manufacturing ceramic wall products from a raw mixture consisting of 65 percent high-calcium fly ash, 35 percent microsilicon and 32 percent tallow pitch emulsion (over 100 %) with the addition of sodium hypochlorite in the amount of 5 (percent by weight) of pitch is proposed. Lightweight ceramic materials were obtained that meet the requirements of GOST 530-95 for wall ceramic products with an average density of 1230 kg/m³, strength grade M100 and frost resistance F25, and thermal conductivity of 0.57 W/(m·°C).

The study [6] investigated the possibility of obtaining a lightweight aggregate based on a composition containing 50-80 wt. % loam of the Chagan deposit and 20 ... 50 wt.%. bentonite clay of the Pogadaevskoe deposit (West Kazakhstan region). The raw materials, after being

prepared, were mixed, moistened and granulated. Firing was carried out at a temperature of 1150 °C for 20 ... 30 minutes. The resulting lightweight aggregate has the following properties: bulk density 550-870 kg/m³, grade when squeezed in a cylinder 50 ... 150 MPa. It has been found that the addition of bentonite clay to the composition of loess-like loams makes it possible to transfer loams from the category of non-swelling to the category of medium-swelling clays. In addition, the presence of loess-like loams in the composition for obtaining expanded clay increases the strength of the granules 2.5 ... 3 times.

The work [7, 8] presents the results of research on the development of technology for lightweight aggregates using natural diatomite from the Utesaysky deposit of the Aktobe region. The aggregates were prepared using clinker and firing technologies. In clinker technology, Portland cement M 400 was used as a binder. The hardening of lightweight aggregate granules was carried out in humid conditions. During the firing technology, local loam, sawdust and coal were used as additives. Aggregates with a bulk density of 610-627 kg/m³ and a compressive strength in a cylinder of 2.82-3.84 MPa were obtained using clinker technology.

Aggregates with a bulk density of 532-819 kg / m³ and a compressive strength in a cylinder of 12.5-19.4 MPa were obtained using the firing technology. Received lightweight aggregates meet the requirements of GOST 32496-2013 "Porous aggregates for lightweight concrete. Technical conditions".

The article [9] studied the possibility of developing compositions of masses based on local loam for the manufacture of conventional ceramics. To reduce the average density of effective wall products, crushed local reeds, ash slag formed from combustion of coal in domestic conditions, and natural diatomite were used as additives. Additives were introduced into the composition of the ceramic mass in an amount of 5-20%. Firing of the cylinder specimens was carried out in a muffle furnace at temperatures of 950, 1000, and 1100 ° C. With the addition of household slag, ceramic products with an average density of 1385-1410 kg / m³ and a compressive strength of 9.2-11.2 MPa were obtained. With the addition of diatomite, articles with an average density of 1438-1510 kg / m³ and a compressive strength of 8.8-10.7 MPa were obtained. In terms of density, products correspond to the conditionally effective and strength grades M 75-100.

Materials and methods. For the experiments, loam of the ALMATINSKOE field, located in the Kaskelensky region, 4-5 km south of the operating brick plant, was used as the main raw material. The loam has a plasticity number of 8.9 and is classified as low-plastic, in terms of refractoriness it is classified as a low-melting clay raw material. Loams are suitable for the manufacture of frost-resistant bricks of grades 100 and 125 by plastic pressing, which meets the requirements of GOST 530-2012 [10].

The brick produced at the plant has the M 75 grade (GOST 530-2012 "Bricks and ceramic stones" TU). The average density of bricks is 1610-1700 kg / m³. 3-5 percent of coal is added as a burn-out additive at the plant in the production of bricks.

The chemical composition of loams, (wt.%): SiO₂ - 52.49; Al₂O₃ 12.2; Fe₂O₃ - 4.81; TiO₂ - 0.61; MgO 2.18; CaO 10.51; K₂O 2.32; Na₂O 1.88; SO₃ 0.74; H₂O - 1.22; p.p. - 10.02.

According to X-ray phase analysis (in accordance with Figure 1), clay minerals of the loam of the Almaty deposit are represented by montmorillonite (d / n, Å - 6.44; 4.49; 3.19; 2.56; 1.673; 1.507). As impurities, they contain quartz (d / n, Å-4.25; 3.34; 2.46; 2.28; 2.12; 1.981; 1.819; 1.673; 1.542; 1.375), feldspars, represented by orthoclase (d / n, Å-4.04; 3.77; 3.19; 3.043; 2.89), and calcite is also present (d / n, Å-3.03; 2.28; 2.095; 1.911; 1.605) Content according to the chemical analysis data is 4.81, the diffractogram shows interplanar reflection characteristic of iron oxide of the hematite type. In this regard, it can be assumed that iron (III) oxide is part of hematite (d / n, Å-2.518). Figure 1 shows a diffractogram of a loam. The loam was applied after grinding and sieving through a 1 mm sieve.

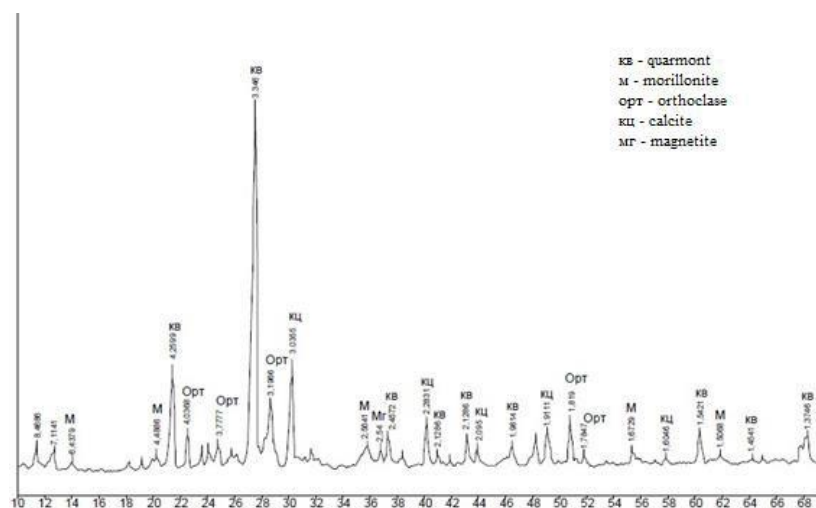


Figure 1. Diffractogram of loam The Almaty field.

Diatomite (Diatome – dissection), light, porous sedimentary rock, consisting of a wide variety of microscopically small yellowish algae, the shell of which, formed from two halves (hence the name), is impregnated with silica.

In the construction industry, diatomite has found application as a raw material for heat and sound insulation materials, as well as an additive to cements, concrete, mortars and dry mixes for various purposes [11].

Diatomites of the Utesaysky deposit are light gray in color, dense, have the following chemical composition, (wt.%): SiO₂ 65.88-83.65; Al₂O₃ 8.36-14.00; Fe₂O₃ 2.35-6.9; CaO 0.5-1.5; MgO 0.62-1.64; SO₃ 0.1-3.0; p.p. 4.59-12.1. Diatomite properties: true density 2200 kg /m³; bulk density 400-600 kg / m³, porosity 72-82 percent, and organogenic impurities and moisture 11 percent.

According to X-ray phase analysis, they contain β -quartz, kaolinite, montmorillonite, and magnetite. The bulk of diatomite is an amorphous substance and is not detected on the X-ray diffraction pattern. The presence of clay minerals in the diatomite composition indicates that it has plasticity, sinterability and shrinkage, that is, properties inherent in clays. Figure 2 shows a diffractogram of diatomite.

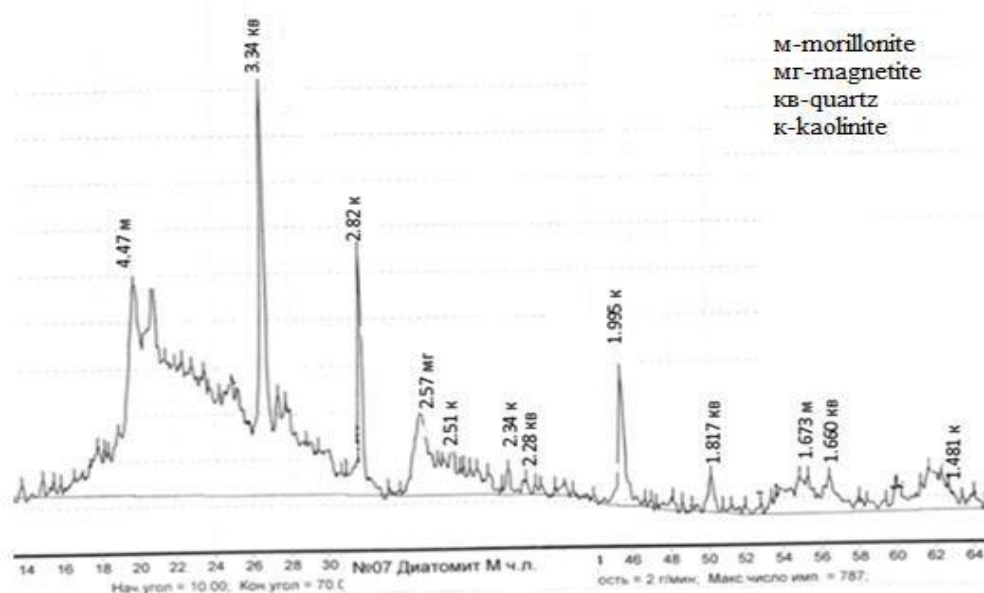


Figure 2. Diffractogram of diatomite Utesayskoye field

Diatomite was used after crushing and grinding until it passed through a 0.315 mm sieve.

After dosing, the loam and additives were thoroughly mixed, first in a dry state, then water was added in the amount required to obtain a plastic molded mass. To study the properties of products, standard cylinder samples were prepared with following dimensions: diameter 50 mm, height 50- 55 mm. The cylinders were manually molded by filling and pressing on a hydraulic press at a pressure of 2-4 kN.

The samples were dried in a ShS 80-01 SPU drying chamber at a temperature of 95-100 °C for 1-2 hours. After drying, the weight and dimensions of the samples were determined. The products were fired at temperatures of 950, 1000, and 1050 °C in a SNOL 1.6/1100 muffle furnace. The rate of temperature rise in the furnace was 5°C/min. holding at the final temperature for 1 hour.

To obtain comparative results, cylinder specimens were made on the basis of pure loam, fired at the same temperatures.

Table 1 shows the compositions of the charges and the results of determining the properties of the samples after firing at temperatures of 1000 and 1100 °C on the basis of loam without additives and the addition of diatomite.

Results. As can be seen from Table 1 and Figures 4 and 5, the amount of added diatomite noticeably affects the properties of the products. Specimens of pure loam after firing at a temperature of 1000 °C have a density of 1640 kg / m³ and a compressive strength of 10 MPa. When diatomite is added in an amount of 10 – 20%, the density decreases to 1538 – 1633 kg / m³, and the strength of the products increases to 11.7 – 14.9 MPa. The addition of diatomite in an amount of 25-30% leads to a decrease in the strength of the samples to 10.3-10.4 MPa, while the strength practically corresponds to the strength of a sample made of pure loam. The addition of diatomite in the amount of 35-50% increases the strength of the samples to 12.4-13.27 MPa, or 2.4-3.27 MPa more than that of the sample on pure loam. The average density of the samples naturally decreases with an increase in the amount of diatomite in the composition of the products. So, starting with the addition of 10% to 50% diatomite, the average density of the samples after firing at 1000 °C decreases from 1633 to 1283 kg/m³. An inexplicable fact is that the surface of samples containing 30% or more of diatomite crumbles. At the same time, with an increase in the amount of diatomite, the surface of the samples showered more intensively.

Table 1. Charge compositions and properties of products with the addition of diatomite

№ n/a nu mb er	Compositions	ρ., kg / m ³		Compressive strength, MPa		Volume shrinkage,%		Note
		1000 °C	1100 °C	1000 °C	1100 °C	1000 °C	1100 °C	
1	Loam– 100 %.	1640	1601	10,0	17,46	0,9	1,8	Sample color light yellow
2	Loam - 90 %; diatomite 0,315 mm– 10 %.	1633	-	11,7	-	1	-	Sample color light yellow
3	Loam-85 %; diatomite 0,315 mm– 15 %.	1560	-	14,76	-	1,1	-	Sample color light yellow
4	Loam-80 %; diatomite 0,315 mm– 20 %.	1538	1525	14,9	13,24	1,2	2,3	Sample color light yellow
5	Loam-75% diatomite 0,315 mm– 25 %.	1471	-	10,4	-	1,3	-	The color of the sample is light yellow with a pink tinge

6	Loam-70 %; diatomite 0,315 mm-30%	1410	1439	10,3	13,27	1,7	3,5	Sample after firing 1000 °C crumbles
7	Loam-65 %; diatomite 0,315 mm- 35 %.	1379	-	12,8	-	2,2	-	Sample after firing 1000 °C crumbles
8	Loam-60 %; diatomite 0,315 mm- 40 %.	1377	1347	13,27	11,76	2,9	4,4	Sample after firing 1000 °C crumbles
9	Loam-55 %; diatomite 0,315 mm- 45 %.	1314	-	12,23	-	3,1	-	Sample after firing 1000 °C a lot of crumbling
10	Loam-50 %; diatomite 0,315 mm- 50 %.	1283	1361	12,4	9,71	3,7	6,2	Sample after firing 1000 °C a lot of crumbling. After burning at 1100°C does not crumble, the color is reddish.



Figure 3. General view of samples with the addition of diatomite after firing at 1000 °C x 1 hour

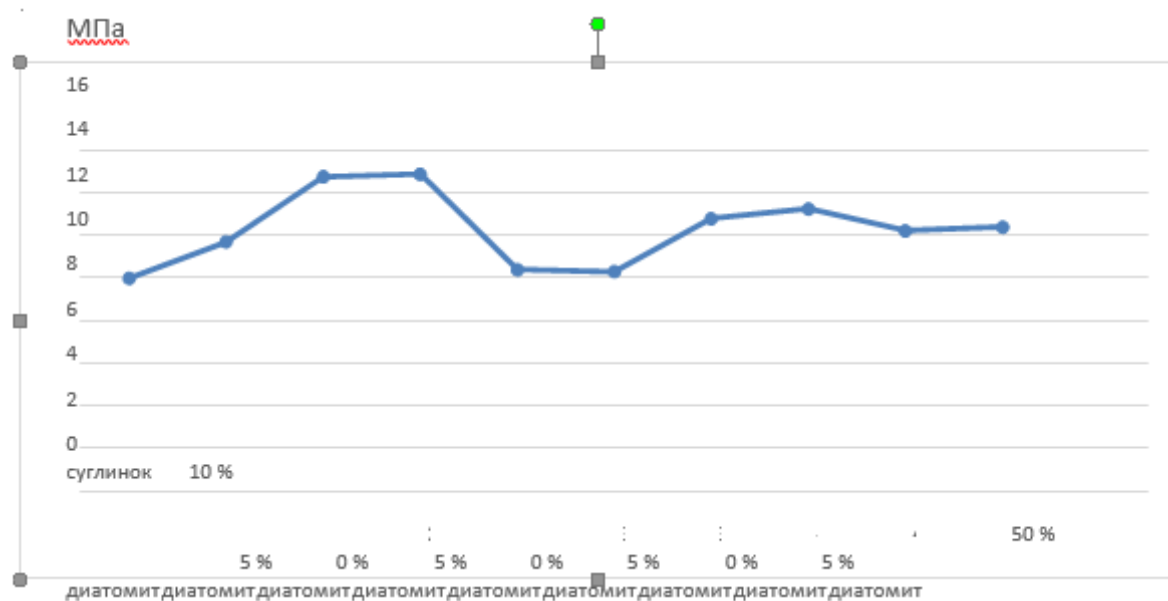


Figure 4. Dependence of the compressive strength of ceramic samples on the content of diatomite after firing at 1000 °C. With.

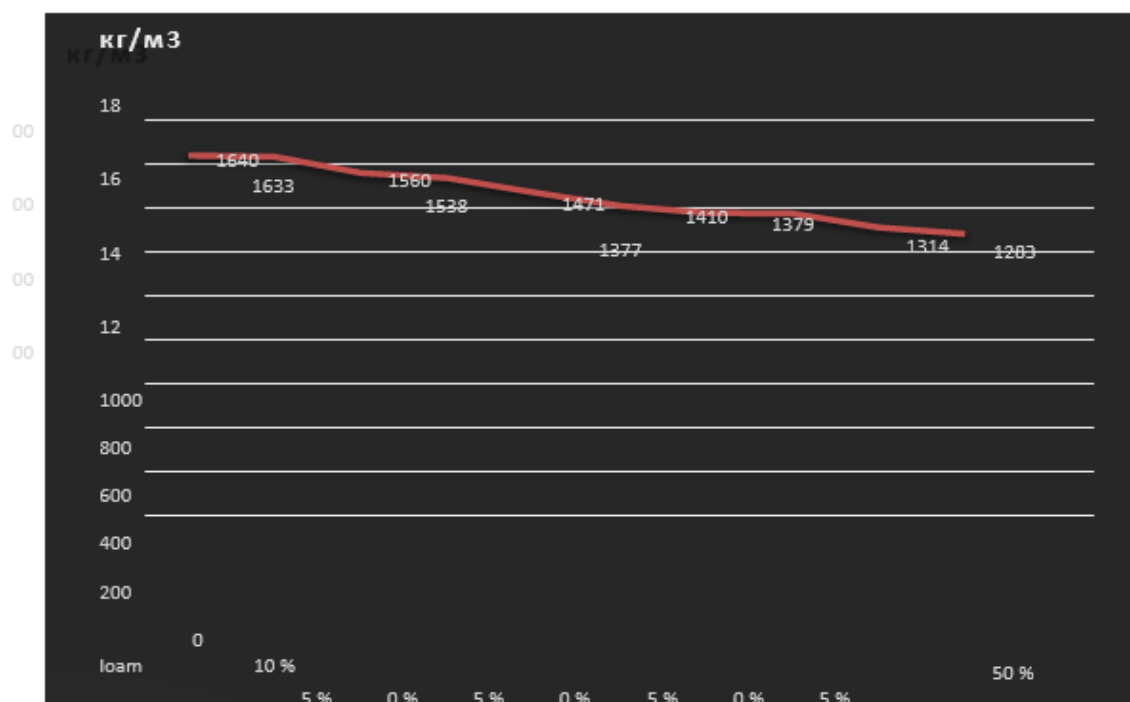


Figure 5. Dependence of the average density of ceramic samples on the content of diatomite after firing at 1000 °C

The study of the properties of samples of products based on local loam with the addition of diatomite after firing at 1000 °C showed that the addition of diatomite to the composition of loam, in general, increases the strength of product samples by 1.7 – 4.9 MPa. Samples with the addition of diatomite in an amount of 25-30% have a strength similar to that of samples based on pure loam. The natural decrease in the average density of samples with an increase in the amount of diatomite in the composition of the products, which can be explained by the low bulk density of diatomite. At the same time, the average density of the samples decreases by 184 – 534 kg/m³. As the concentration of diatomite in the ceramic mass increases, the volumetric shrinkage of the samples increases, which indicates an improvement in its sinterability.

We also studied the properties of samples with the addition of diatomite in an amount of 20, 30, 40 and 50% after firing at a temperature of 1100 °C for 1 hour. Table 1 lists their properties. Figures 6 and 7 show photographs of the samples. Figures 8 and 9 show the dependences of the strength and average density of the samples on the amount of diatomite.



Figure 6. General view of samples with the addition of diatomite after firing at 1100 °C x 1 hour



Composition # 4 (20 % diatomaceous earth) Composition No. 6 (33.0% diatomite)



Composition No. 8 (40 % diatomite) Composition No. 10 (50 % diatomite)

Figure 7. Appearance of standard sample- cylinders with diatomite addition after firing at 1100 °C x 1 hour

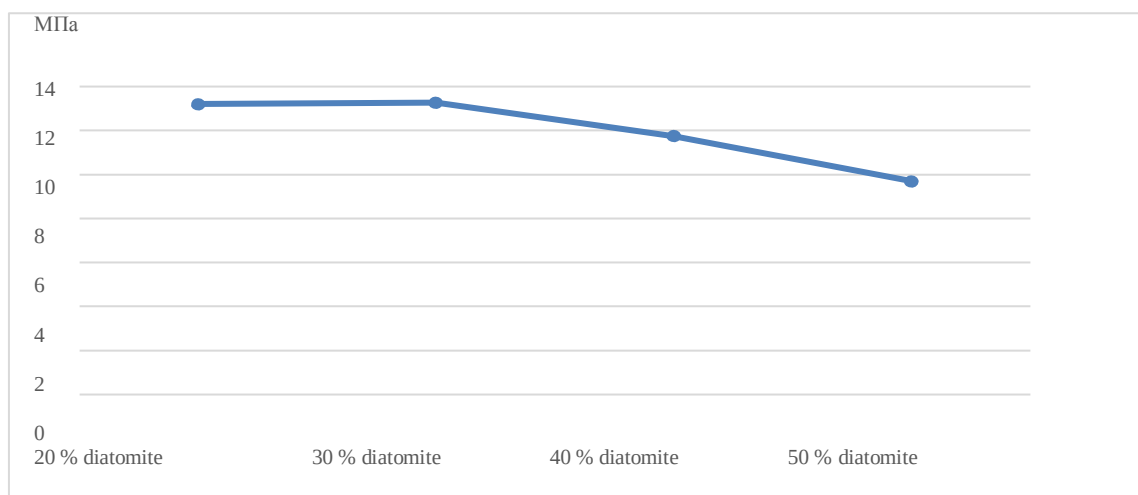


Figure 8. Dependence of the compressive strength of ceramic samples on the content of diatomite after firing at 1100 °C

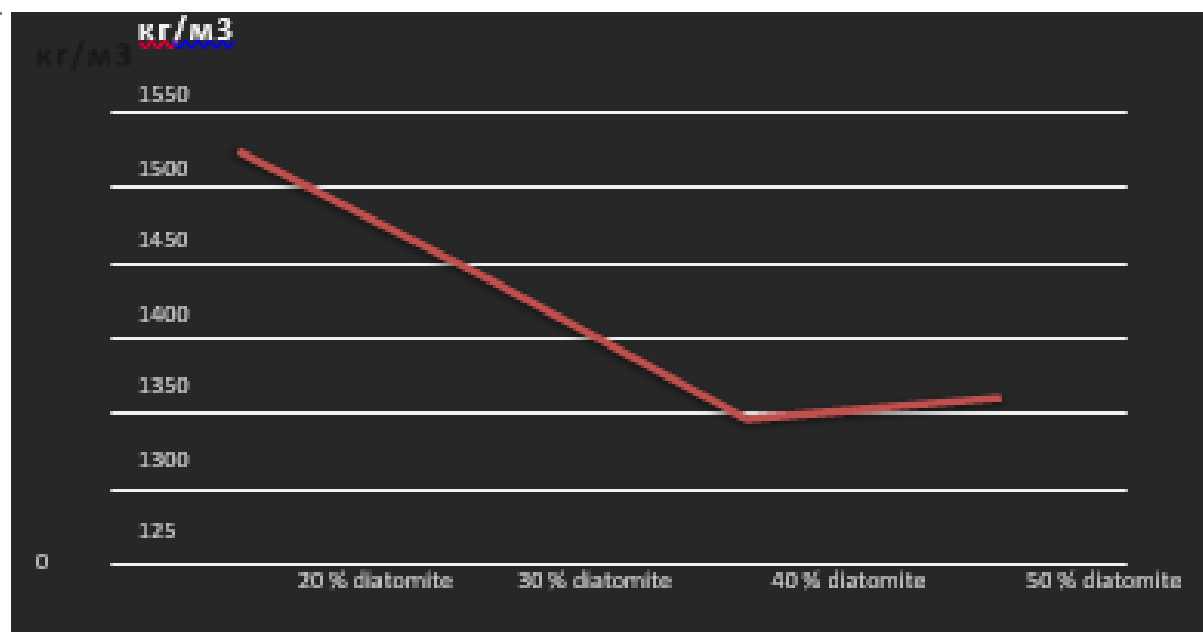


Figure 9. Dependence of the average density of ceramic samples on the content of diatomite after firing at 1100 °C

As can be seen from the data in Table 1 and the graphs in Figures 7 and 8, a sample of pure loam after firing at a temperature of 1100 °C has an average density of 1601 kg/m³ and a compressive strength of 17.46 MPa. Samples containing 20 and 30% diatomite have practically the same strength of 13.24 and 13.27 MPa, while the average density of the products corresponds to the values of 1525 and 1439 kg/m³, respectively. Samples containing 40 and 50% diatomite have strengths of 11.76 and 9.71 MPa, while the average density of the products corresponds to the values of 1347 and 1361 kg/m³, respectively. The average density of the samples decreases from 1525 to 1347 kg/m³ or by 76-254 kg/m³ in comparison with the sample from pure loam. Compressive strength of products also decreases relative to the strength of a pure loam specimen by 4.19 – 7.75 MPa. After firing at 1100 °C, no sagging of the surface of the samples is observed. The volumetric shrinkage of specimens has higher values than that of specimens fired at 1000 °C, which is associated with the intensification of the sintering process of the shard. This is confirmed by the appearance and the absence of shedding of the surface of the samples. However, there is no increase in product strength indicators.

Thus, the study of the effect of diatomite additives showed that with an increase in its amount, regardless of the firing temperature, in general, there is a decrease in the values of the compressive strength and average density of the samples. From ceramic masses with a diatomite content of 15-25%, conditionally effective wall products with an average density of 1410-1560 kg/m³ and a compressive strength of 10-14 MPa can be obtained. It should be noted that the addition of diatomite even up to 50% does not lead to noticeable sintering and the production of clinker-type products. Previously, we found that the addition of 15-20% of bentonite from the Utesayskoye deposit to loam makes it possible to obtain products with a highly sintered (vitrified) shard.

In addition to diatomite, bentonite clay of the Darbazin deposit of the South Kazakhstan region was used to compose the ceramic mass, with the following chemical composition, wt. %: SiO₂ - 61.51; Al₂O₃ + TiO₂ - 16.06; Fe₂O₃ 5.36; CaO 2.27; MgO 3.21; R₂O 3.57; SO₃ 1.27; p.p. - 6.75. Plasticity number 37.5. According to the number of plasticity, bentonite clay belongs to highly plastic, according to its refractory properties, it is referred to as fusible. By the content of Fe₂O₃ - to clays with a high content of coloring oxides, and by the content of Al₂O₃ - to the group of acidic

raw materials. Table 2 shows the charge compositions and the results of determining the properties of samples after firing at a temperature of 1000 °C and 1100 °C based on pure loam and with the addition of bentonite clay.

Table 2. Charge compositions and properties of products with the addition of bentonite clay

№	Compositions	p, kg/m ³		Compressive strength, MPa		Average shrinkage, %		Note
		1000 °C	1100 °C	1000 °C	1100 °C	1000 °C	1100 °C	
1	Loam-100 %	1640	1601	10.01	17.46	0.9	1.8	Sample color light yellow
2	Loam-90 %; bentonite-10 %	1586	1588	9.78	21.42	0.1	1.8	Sample color light yellow
3	Loam-85 %; bentonite-15 %	1580	1570	8.5	21.46	0	1.9	Sample color light yellow with green tint
4	Loam-80 %; bentonite-20 %	1600	1594	9.86	15.58	0	0.6	Sample color light yellow with green tint
5	Loam-75 %; bentonite-25 %	-	1604	-	11,97		0	Small transverse cracks on the sample
6	Loam-70 %; bentonite-30 %	-	1555	-	9,8		0	Transverse cracks and swelling (small) on the
								sample at the base.

Figures 10 and 11 show photographs of cylinder samples made of pure loam and supplemented with bentonite clay.



Figure 10. General view of samples with the addition of bentonite clay after firing at 1000 °C x 1 hour



Composition # 1 (pure loam)



Composition # 2 (10% bentonite)



Composition # 2 (15% bentonite)



Composition # 2 (20% bentonite)

Figure 11. Appearance of standard sample- cylinders with bentonite addition бентонаfter firing at 1000°C x 1 hour

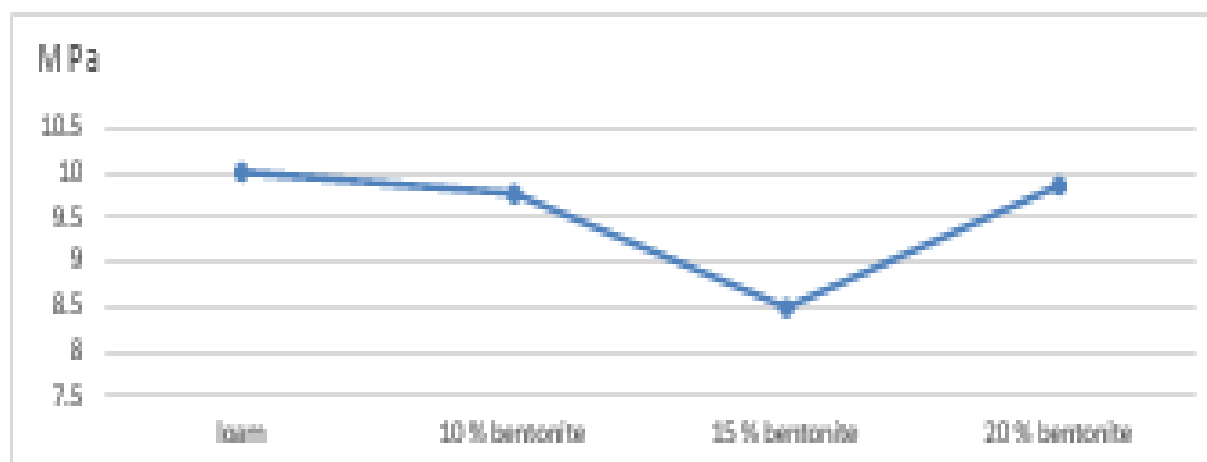


Figure 12. Dependence of the compressive strength of ceramic samples on the bentonite content after firing at 1000°C

The results of studies on the effect of bentonite clay on the properties of loam are presented in Table 2 and in Figures 12, 13, 16 and 17. The data in Table 2 show that the addition of bentonite clay in the amount of 10, 15 and 20% reduces the average density and compressive strength of products fired at 1000°C . At the same time, the density decreases by 40-60 kg/m³, and the strength by 0.14-1.5 MPa. The volumetric shrinkage of the samples decreases with an increase in the addition of bentonite clay to 0%. This is due to the tendency of bentonite clay to swell, i.e. when chemically bound water is removed from the structure of montmorillonite, the structural plates of the mineral spread apart, which leads to a decrease in shrinkage processes.

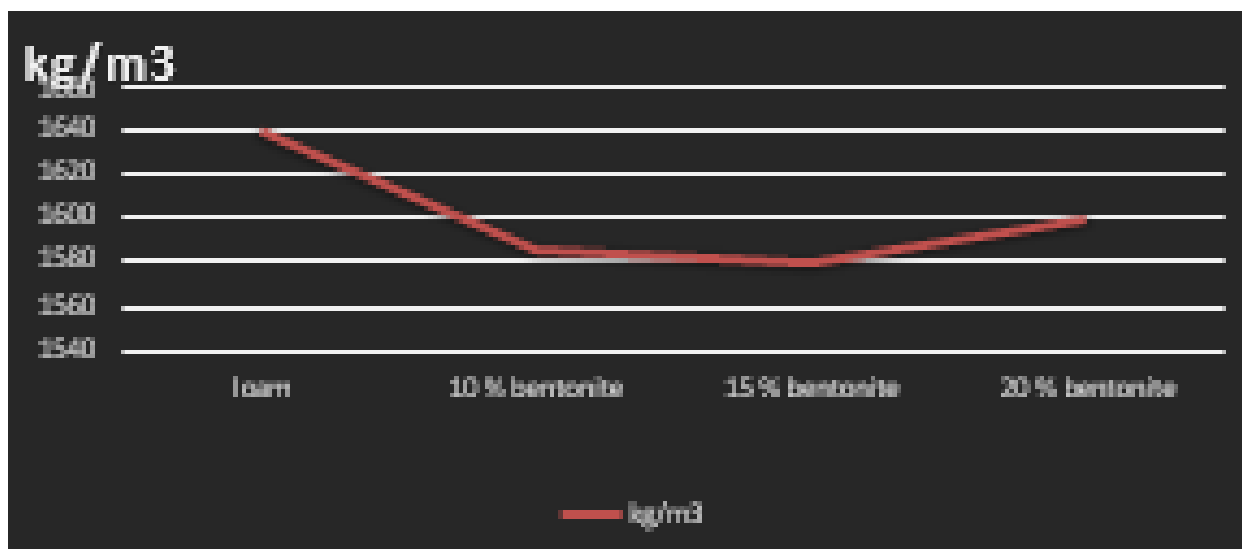


Figure 13. Dependence of the average density of ceramic samples on the bentonite content бентонаfter firing at 1000 °C.

Figures 14 and 15 show photographs of samples with the addition of bentonite clay after firing at 1100 °C. Specimens containing 35, 40, 45 and 50% bentonite clay after firing have significant transverse cracks. With an increase in the amount of bentonite clay in the samples, the crack sizes become larger. The photograph shows that on samples of compositions 5 and 6, small transverse cracks are visible. Figure 15 shows photographs of samples with the addition of bentonite clay in the amount of 35 and 40%, which have significant transverse and longitudinal cracks.



Figure 14. General view of samples with the addition of bentonite clay after firing at 1100 °C x 1 hour



Figure 15. Samples with the addition of bentonite clay (35 and 40 %) after firing at 1100 °S x 1 hour

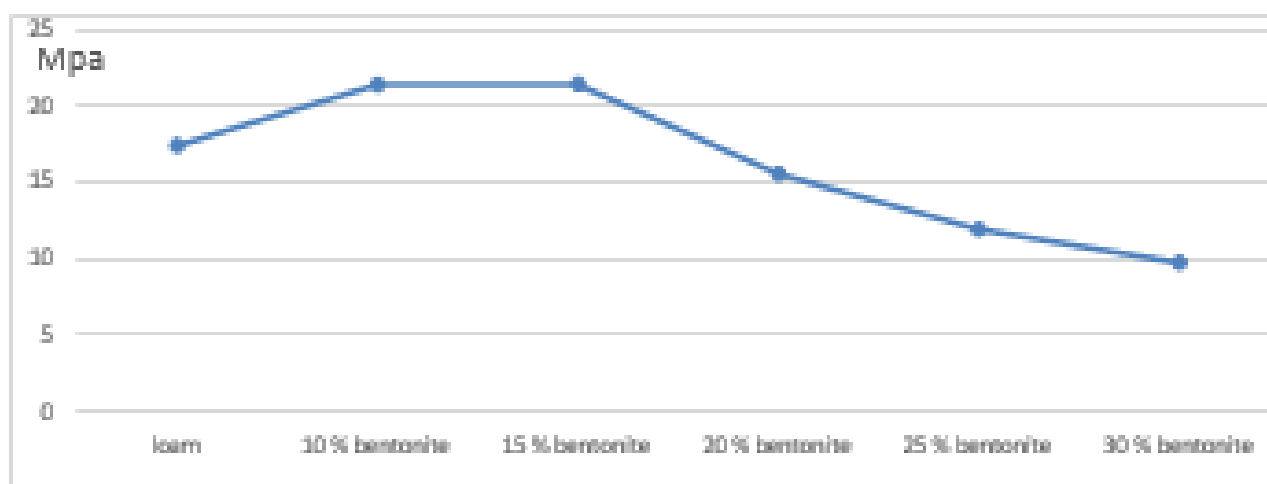


Figure 16. Dependence of the compressive strength of ceramic samples on the bentonite content after firing at 1100 °C

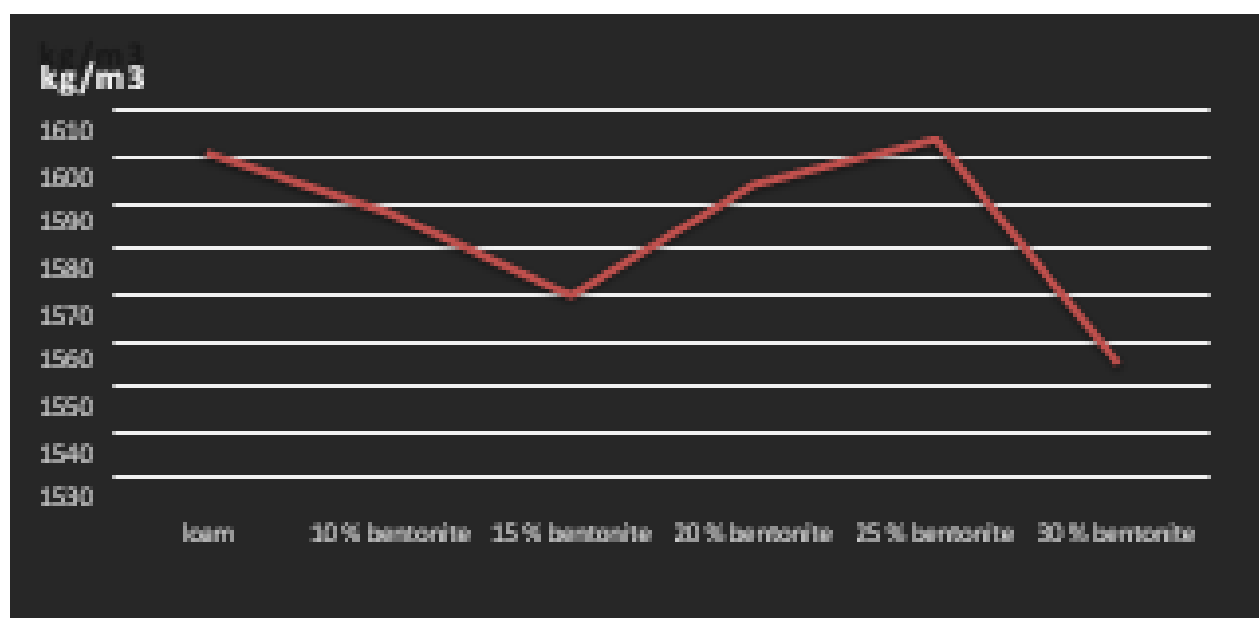


Figure 17. Dependence of the average density of ceramic samples on the bentonite content after firing at 1100 °C

The formation of cracks in samples containing 30% or more is associated with the structure of the clay component of bentonite clay. The composition of bentonite clay contains up to 70% of the mineral montmorillonite ($\text{Al}_2(\text{OH})_2[\text{Si}_4\text{O}_{10}] \cdot n\text{H}_2\text{O}$), the particle size of the mineral is less than 1 micron. When moistened, Montmorillonite swells strongly and increases in volume up to 16 times. The plasticity number of bentonite clay is more than 35, which contributes to the absorption and retention of water in large quantities. Therefore, ceramics containing more than 30% have a high water retention capacity. The main reason for the formation of transverse cracks is the structure of the mineral montmorillonite. The lamellar structure of the montmorillonite mineral, where silicate layers, the maximum distance between which is approximately 1.4 nm and are separated by layers of water molecules, the thickness of these layers can vary widely depending on the amount of mixing water to obtain a mass of working consistency. Therefore, during drying, physical removal occurs, and during firing, chemical bound water, which, in the form of steam, push the lamellar silicate layers vertically, which leads to the formation of transverse cracks.

The addition of bentonite clay in the amount of 10, 15 and 20% contributes to a certain decrease in the average density of products by 7-31 kg / m³. The compressive strength increases by 3.9 - 4 MPa with the addition of bentonite clay in an amount of 10, 15%, while the volumetric shrinkage of these products is 1.8 and 1.9%, which indicates the ongoing sintering processes. Samples with additions of 20, 25 and 30% bentonite clay have a strength of 1.87; 5.49 and 7.66 MPa, respectively, lower than that of the sample on pure loam (table 2). Starting with the addition of 20% bentonite clay, the shrinkage of the products noticeably decreases from 0.6 to 0%, which is associated with the above processes. A significant decrease in the strength of samples with 25 and 30% bentonite clay is associated with the formation of small longitudinal cracks (Figure 14).

Thus, the most optimal is the addition of bentonite clay in an amount of 10-15% to the local loam, which helps to reduce the average density and increase the compressive strength of the samples. In this case, the optimization of the properties of the products is achieved at a firing temperature of 1100 °C, at which a rather durable ceramic shard is formed.

Conclusion. The comparison results are expressed by the ratio of the average values of the results obtained. From the table we see that the amount of diatomite in the composition of the samples affects their properties. Diatomite in the amount of 10-20% and when fired at 1000 °C in the composition reduces the density of the products and increases the strength. Diatomite in an amount of 25-30% leads to a decrease in the strength of the samples.

Also, the average density of cylinder samples is reduced by 184 - 534 kg/m³. And with an increase in the amount of diatomite in the samples, the volumetric shrinkage of the samples increases, which indicates an improvement in sintering.

Studies have shown that an increase in the amount of diatomite, regardless of the firing temperature, leads to a decrease in strength and average density. With a diatomite content of 15-25%, effective wall products with an average density of 1410-1560 kg/m³ and a compressive strength of 10-14 MPa can be obtained.

The data obtained in the study of samples with the addition of bentonite showed that it in an amount of 10, 15 and 20% reduces the average density and compressive strength of products fired at 1000 °C. Specimens containing 35, 40, 45 and 50% bentonite clay after firing at 1100 °C have significant transverse and longitudinal cracks.

The publication was prepared based on the results of research work on the topic: AP09058365 "Development of technology for high-strength clinker and energy-efficient ceramic wall products made of clay and opal-cristobalite rocks", carried out within the framework of the government order for grant financing of young scientists for the implementation of scientific and technical projects.

REFERENCES

- [1] Kirgizbaev A.T. Razrabotka sostavov i tehnologiya stenovoi keramiki skorostnogo objiga na osnove domennykh shlakov. Avtoref. kand. tehn. nauk. Almaty, 2002. 20 s.
- [2] Juginisov M.T., Myrzahmetov M.M., Akmaliev K. A. Razrabotka tehnologii keramicheskogo kirpicha s primeneniem fosfornogo shlaka. Trudy mejdunarodnogo foruma «Injenernoe obrazovanie i nauka v 21 veke: Problemy i perspektivy», posvyannogo 80-letiu KazNTU im. K.I. Satpaeva. 22-24 oktyabrya 2014, T.1. S. 477- 482.
- [3] Patent RF № 2176224. Keramicheskaya massa dlya izgotovleniya stenovykh izdelii, preimuestvenno, kirpicha keramicheskogo. Kl. C04B33/00, C04B33/13 Kornilov A.V.; Gonh V.M.; Shamseev A.F.; Ablyamitov P.O. Opublikovano 27.11.2001.
- [4] Salahova R.A. Vysokoprochnye keramicheskie stenovye izdeliya iz legkoplavkikh glinistykh i opal-kristobalitovykh porod. Dissertatsiya kand. tehn. nauk. 161 s. Nauchnaya biblioteka dissertatsii i avtoreferatov disser Cat. <http://www.dissercat.com/content/vysokoprochnye-keramicheskie-stenovye-izdeliya-iz-legkoplavkikh-glinistykh-i-opal-kristobaliti#ixzz4Bqp3EBNj>.
- [5] Maksimova S.M. Stenovye keramicheskie materialy ponizhennoi srednei plotnosti na osnove

vysokokalsievoi zoly i mikrokremnezema. Avtoref. dissertatsii kand. tehn. nauk. Tomsk, 2002. 29 s.

[6]Montaeva A.S., uchkin S.V., Montaeв S.A. i dr. Issledovanie keramicheskoi kompozitsii dlya polucheniya legkogo zapolnitelya. Materialy konferentsii «Uspehi sovremennogo estestvoznaniya», № 6, 2012. S.40-41.

[7]Juginisov M.T., Berikbolova A. Legkii zapolnitel na osnove diatomita // Materialy Mejdunar. nauch.- prakt. konfer., posvyennoi 120-leti Akademika K.I. Satpaeva i 85-leti obrazovaniya KazNITU: Innovatsionnye tehnologii – klch k uspešnomu rešeni fundamentalnyh i prikladnyh zadach v rudnom i neftegazovom sektorah ekonomiki RK. KazNITU. – 2019. S.889-893.

[8]Juginisov M.T., Berikbolova A. Energoeffektivnyi legkii zapolnitel na osnove diatomita. // III mejdunarodnaya nauchno - prakticheskaya konferentsiya. Kachestvo. Tehnologii. Innovatsii. Novosibirsk. – 2020. S.126-130.

[9]Juginisov M.T., Aldanyş B. Oblegchennaya keramika na osnove mestnogo syrya. Materialy Mejdunar. nauch.- prakt. konfer., posvyennoi 120-leti Akademika K.I. Satpaeva i 85-leti obrazovaniya KazNITU: Innovatsionnye tehnologii – klch k uspešnomu rešeni fundamentalnyh i prikladnyh zadach v rudnom i neftegazovom sektorah ekonomiki RK. KazNITU, 2019.

[10] GOST 530-2012 «Kirpich i kamni keramicheskie» TU. 2012.

[11] Nemetallicheskie poleznye iskopaemye SSSR, M., 1984. – 547 s.

¹Р.Е.Нурлыбаев*, ²М.Т.Жугинисов, ²Ж.О.Жумадилова, ¹Е.С.Орынбеков,

²Е.Е.Хамза, ²И.Б. Сангулова

¹«SAVENERGY» ЖШС, Алматы, Қазақстан

²Сәулет және құрылыс институты, Satbayev University, Алматы, Қазақстан

*e-mail: rusya_nre@mail.ru

ДИАТОМИТ ПЕН БЕНТОНИТ САЗЫНЫҢ ЖЕРГІЛІКТІ САЗДАУЫТ НЕГІЗІНДЕГІ ӨНІМДЕРДІҢ ҚАСИЕТТЕРІНЕ ӘСЕРІН ЗЕРТТЕУ

Андатпа. Ғылыми ұйымдар ғимараттардағы энергия және ресурстарды үнемдеу мәселелері бойынша белсенді позицияға ие болды. Ғимараттарды жылудан қорғауға қойылатын жаңа нормативтік талаптар қысқа мерзім ішінде ғимараттардың энергия тұтыну деңгейін кемінде 30-40% - ға төмендету үшін ғимараттарды жылытуға арналған жылу энергиясының шығыстарын кезек-кезеңімен төмендету қағидаттарын регламенттеді. Осыны негізге ала отырып, бүгінде әлемде және елде ғимараттардың қоршау конструкцияларының жылу қорғау қасиеттерін арттыру мәселесі құрылыстағы ең өзекті міндеттердің бірі болып табылады. Ғимараттардың жылу қорғанысын арттыру мәселесін шешудің бірі-энергияны үнемдейтін керамикалық кірпіштің бөлігі ретінде диатомит пен бентонит қоспаларын қолдану. Олардың негізгілері ғимараттардың бұрынғы жобалық шешімдерін сақтай отырып, жылу қорғаудың қажетті деңгейін қамтамасыз етуге қабілетті жаңа энергия және ресурс үнемдейтін керамикалық кірпіштерді әзірлеу және игеру болып табылады. Елдегі қалыптасқан экономикалық жағдайлар Тұрғын үй құрылысы үшін тиімді құрылыс материалдарын таңдаудың жаңа тәсілін айқындап береді. Сондықтан жақында энергия және ресурстарды үнемдейтін қасиеттері бар жаңа қабырға материалдарына деген қажеттілік туындады.

Негізгі сөздер: диатомит, бентонит, керамикалық кірпіш, саздақ, шикіқұрам.

¹Р.Е.Нурлыбаев*, ²М.Т.Жугинисов, ²Ж.О.Жумадилова, ¹Е.С.Орынбеков,

²Е.Е.Хамза, ²И.Б. Сангулова

¹ТОО «SAVENERGY», Алматы, Казахстан

²Институт архитектуры и строительства им.Т.Басенова, Satbayev University, Алматы, Казахстан

*e-mail: rusya_nre@mail.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ДИАТОМИТА И БЕНТОНИТОВОЙ ГЛИНЫ НА СВОЙСТВА ИЗДЕЛИЙ НА ОСНОВЕ МЕСТНОГО СУГЛИНКА

Аннотация. Научные организации заняли активную позицию по вопросам энерго – и ресурсосбережения в зданиях. Новые нормативные требования к теплозащите зданий,

регламентировали принципы поэтапного снижения расходов тепловой энергии на отопление зданий с тем, чтобы короткие сроки снизить уровень энергопотребления зданий не менее, чем на 30-40%. Исходя из этого следует, что сегодня в мире и стране' проблема повышения теплозащитных свойств ограждающих конструкций зданий - одна из актуальнейших задач в строительстве. Одним из решений задачи повышения теплозащиты зданий является использование добавок диатомита и бентонита в составе энергосберегающих керамических кирпичей. Основным из них является разработка и освоение новых энерго – и ресурсосберегающего керамического кирпича, способного обеспечить требуемый уровень теплозащиты при сохранении прежних проектных решений зданий. Сложившиеся экономические условия в стране определяют новый подход к выбору эффективных строительных материалов для жилищного строительства. Поэтому в последнее время сложилась острая потребность в новых стеновых материалах, обладающих энерго – и ресурсосберегающими свойствами.

Ключевые слова: диатомит, бентонит, керамический кирпич, суглинок, шихта.

М.Е. Калекеева*, Ю.Г. Литвинов

Академия Гражданской Авиации, Алматы, Казахстан

*e-mail: kalekeeva.m@mail.ru

ЗУБЧАТЫЙ ШАРНИР ДЛЯ ВОЗДУШНЫХ МАНИПУЛЯТОРОВ

Аннотация. В данной работе кратко представлен зубчатый шарнир с двумя степенями свободы и описана возможность его использования для манипуляторов и беспилотных летающих манипуляторов. Разработана кинематическая схема зубчатого соединения с его кинематическими характеристиками. Его кинематическая характеристика выражается как функция параметров внешних приложенных крутящих моментов и входных скоростей на валу. Рассмотрены общие схемы конструкции манипулятора с зубчатым соединением и анализ работы зубчатого соединения.

Ключевые слова: шарнир, шестерня, манипулятор, конструкция, кинематическая схема.

Введение. Шестерни используются в различных видах применения, таких как манипуляторы, лифты, тяжелые машины, мосты, приводы транспортных средств, конечные передачи и другие механизмы, главным образом в качестве редуктора. Высокая эффективность зубчатых колес зависит от различных факторов, например, типов и профилей зубьев, контактных напряжений, количества зубьев и подшипников. Основы теории зубчатых колес, расчетное проектирование, разработка, моделирование люфта и анализ напряжений зубчатых колес были изложены в работах [1, 4, 5]. Шестерни и коробки передач могут быть выполнены в виде планетарных коробок передач с бесступенчатой трансмиссией (вариатор). Этот тип механизма способен изменять передаточное число благодаря приложенной нагрузке через 2DOF, как представлено в [2]. С высокой эффективностью планетарная зубчатая передача была описана в работе [3], которая имеет КПД передачи мощности 0,996. Эта зубчатая передача представляет собой одноступенчатую планетарную передачу. Механизм состоит из солнечной шестерни, входного и выходного водила, сателлитов, кольцевой шестерни и опоры.

Зубчатые передачи также могут быть использованы в робототехнике и различных типах манипуляторов в качестве редуктора скорости в R-образных соединениях. Во многих исследовательских работах, например [6, 9, 10], ловкость, рабочее пространство и особенность новых разработок параллельных манипуляторов 3 revolute (R) были представлены с учетом влияния размера регулируемых звеньев на производительность манипулятора. Другой случай-новый планарный 5-ти оборотный параллельный механизм, имеющий 9 режимов срабатывания, был описан в работе [7]. В работе [8] представлен редукторный шарнир с 2 ДОФ и возможность его использования для манипуляторов.

Открытые проблемы могут быть выявлены в высокой эффективности, учитывая плавное изменение передаточного отношения, КПД, подвижное зубчатое соединение в пространстве, плавное движение. В данной работе представлена конструкция нового зубчатого соединения для различных манипуляторов. Основное внимание в зубчатом соединении уделяется особенностям, пригодным для использования предлагаемого механизма в приложениях, где приложенная мощность нагрузки может генерировать критические ситуации.

Кинематические характеристики и требования

В данной исследовательской работе предложенное новое зубчатое соединение представлено в виде зубчатой передачи с планетарной передачей. В основном предлагаемый механизм состоит из 2-х подвижных планетарных редукторов. Основными требованиями к новой конструкции могут быть как легкая конструкция с несколькими компонентами, низкое энергопотребление, высокое соотношение, плавное движение, высокая эффективность, адаптация к приложенной внешней нагрузке, так и гибкое соединение в пространстве. Эти

описанные требования накладывают необходимые эксплуатационные характеристики на предлагаемое зубчатое соединение.

Новый зубчатый шарнир представляет собой компактную конструкцию с 2 ДОФ с компактным зубчатым механизмом, состоящим из входного водила (рычага) C1, выходного водила (рычага) C2, входных и выходных солнечных шестерен 1 и 4, установленных на валу шпонкой, входных и выходных сателлитов 2 и 5, входных и выходных кольцевых внутренних шестерен 3 и 6, закрепленных вместе в виде твердого тела. Кинематическая схема которого представлена на рис.1. Следующие шестерни 2 – 3 – 6 – 5 – 4 – 1 создана замкнутая механическая цепь с такой операцией, как дифференциал.

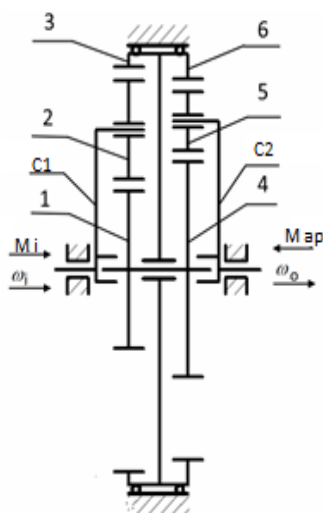


Рисунок 1. Кинематическая схема нового зубчатого соединения: (C1-входная несущая, 1 - входная солнечная шестерня, 4 - выходная солнечная шестерня, 2 - входной сателлит, 5-выходной сателлит, 3 - входная кольцевая шестерня, 6 - выходная кольцевая шестерня, C2 - выходная несущая).

Носитель C1 передает приложенную движущую силу на замкнутую механическую цепь (2 – 3 – 6 – 5 – 4 – 1) затем несущая C2 передает выходные силы сопротивления. Движение может начинаться в фиксированное выходное напряжение несущей C1 с одного ФО. Для передачи движения от входного носителя C1 к выходному носителю C2 сателлит 5 должен быть зафиксирован таким образом, чтобы этот момент достигался также трением на зубчатых контактах. Это одна из особенностей системы. Входной носитель C1 толкает входной сателлит 2, который перемещает как входную солнечную шестерню 1, так и входную кольцевую шестерню 3, которая передает различные усилия на выходную кольцевую шестерню 6 и выходную солнечную шестерню 4 соответственно. Таким образом, спутник 5 толкается с различными силами, передаваемыми от его контактов с выходным кольцевым зубчатым колесом 6 и выходным солнечным зубчатым колесом 4, и поэтому водило C2 движется. Кроме того, система сможет работать с 2 DOF из-за возможности активации второго DOF, когда шестерня 5 будет разблокирована путем преодоления трений на контактах зубьев шестерни и внутренних сил [8].

Основные характеристики предлагаемого механизма заключаются в двух входных подвижных звеньях, КПД, высоком передаточном отношении, низких потерях энергии, подвижном соединении, 2DOF, плавно меняющемся передаточном отношении. Предлагаемый механизм может быть подходящим решением зубчатого соединения для многих непостоянных режимов работы, так как он способен адаптировать свою работу к переменным прикладываемым нагрузкам. Характеристика предлагаемого механизма в качестве кинематической характеристики может быть выражена как функция параметров внешних моментов на носителях MC1, MC2 и входной угловой скорости ω_{C1} . Если обратиться к рис.

1, то соотношения между угловыми скоростями зубчатых колес с зубьями $z_1, z_2, z_3, z_4, z_5, z_6$ можно выразить следующим образом

$$\frac{\omega_1 - \omega_{C1}}{\omega_3 - \omega_{C1}} = u_{13}^{(C1)} \quad (1)$$

$$\frac{\omega_1 - \omega_{C2}}{\omega_3 - \omega_{C2}} = u_{46}^{(C2)} \quad (2)$$

где

$$u_{13}^{(C1)} = -\frac{z_3}{z_1}$$

$$u_{46}^{(C2)} = -\frac{z_6}{z_4} \quad (3)$$

$$\omega_{C2} = M_{C1} \omega_{C1} / M_{C2} \quad (4)$$

при z_i - число зубьев в зубчатых колесах ($i=1,6$). Из уравнений (1) и (2) угловые скорости ω_3, ω_1 зубчатых колес 3 и 1 будут получены как

$$\omega_3 = \frac{(u_{13}^{(C1)} - 1)\omega_{C1} - (u_{46}^{(C2)} - 1)\omega_{C2}}{u_{13}^{(C1)} - u_{46}^{(C2)}} \quad (5)$$

$$\omega_1 = u_{13}^{(C1)}(\omega_3 - \omega_{C1}) + \omega_{C1} \quad (6)$$

Таким образом, при заданном входном движении с ω_{C1} и M_{C1} выходное движение получается с ω и M .

Виртуальная конструкция зубчатого соединения

С использованием САПР в программном обеспечении SolidWorks был разработан виртуальный компьютерный проект зубчатого соединения с планетарным редуктором. 3D-модель предлагаемого механизма зубчатого соединения с основными компонентами показана на рис. 2, относящемся к рис. 1. Как видно на рис. 2, С1-вход, 1-входная солнечная шестерня, 2-входной сателлит, 3-входная кольцевая шестерня, 4 - выходная солнечная шестерня, 5-выходной сателлит, 6-выходная кольцевая шестерня, С2 - выходная несущая. Параметры зубчатых колес, модуль зубчатых колес и количество зубьев приведены в таблице 1.

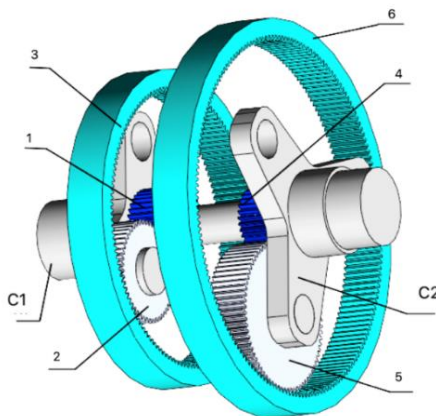


Рисунок 2. 3D-модель планетарной передачи для нового зубчатого соединения на рис.1.

Таблица 1. Основные характеристики зубчатых колес на рис.2

Number of gears	1	2	3	4	5	6	Module
Number of teeth	35	80	85	5	5	45	0.50

Предлагаемый зубчатый шарнир в основном состоит из планетарного редуктора. На рис. 2 представлена 3D - конструкция планетарного зубчатого механизма для нового зубчатого соединения, в котором показаны основные функциональные компоненты без подшипников, крышка, корпус и общие коммерческие компоненты. Полная механическая конструкция и ее развернутый вид предлагаемого механизма показаны на рис. 3.

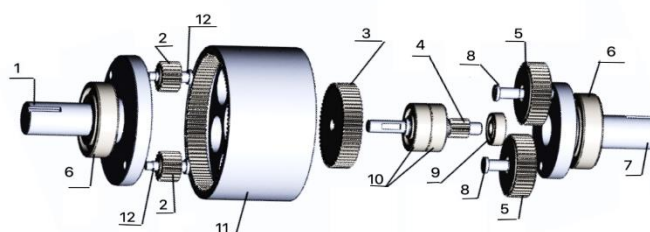


Рисунок 3. Схема сборки зубчатого соединения на рис. 2: 1-входное (валовое) водило; 2 - входной сателлит; 3 - входное солнечное колесо; 4 - вал выходного солнечного колеса; 5 - выходной сателлит; 6- подшипник; 7 - выходное (валовое) водило; 8 - вращение сателлитов; 9,10 - подшипник; 11 - колесо; 12 – вращение

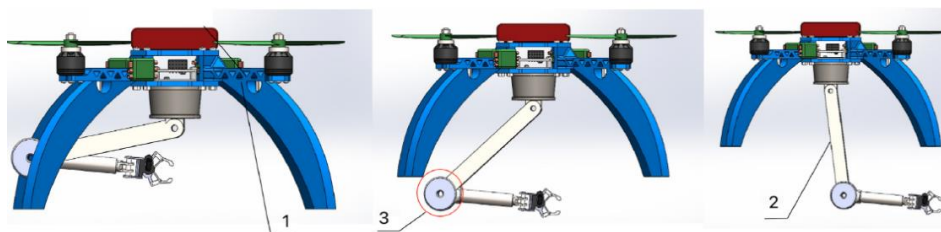


Рисунок 4. Схема манипулятора с шарниром коробки передач: (1 и 2 - звенья; 3 - шарнир коробки передач).

Это предлагаемое зубчатое соединение с двумя степенями свободы обеспечивает режим остановки движения при достижении наибольшего значения переменного сопротивления. При этом движущийся компонент звена остается неподвижным, а двигатель работает с той же скоростью непрерывно. Режим остановки позволяет избежать перегрузок и преодоления аварийных ситуаций. В манипуляторах с зубчатыми шарнирами режим остановки будет преодолевать перемещением других звеньев, что приводит к снижению сопротивления.

Общие характеристики конструкции могут относиться к практическому применению зубчатого соединения для беспилотных летающих манипуляторов, как показано на рис.4.

Основная цель нового зубчатого соединения связана с возможностью адаптации работы к различным условиям нагрузки за счет сохранения высокого КПД и соотношения входных и выходных нагрузок.

Предложенное конструктивное решение механизма может обеспечить перемещение выходного звена со скоростью, обратно пропорциональной нагрузкам на вал. Эти описанные особенности пригодны для использования конструкции в таких приложениях, как зубчатое соединение в беспилотных летающих манипуляторах, где требуется плавное управление передаточным отношением.

$$M_{max} = G \cdot L \quad (9)$$

$$P_B = G \cdot V \quad (\varphi = 0) \quad (10)$$

где ω_1 – угловая скорость; V – поступательная скорость; φ - угол плеча.

Приводы с зубчатым соединением:

$$M_{max} = G \cdot L \cdot \sin\varphi \quad (11)$$

$$P_{Amax} = G \cdot L \cdot \sin\varphi \cdot \omega_1 \quad (12)$$

$$P_{Bmax} = G \cos\varphi \cdot V \quad (13)$$

Предполагая для обычных приводов $\omega_1 = 11$ об / мин; $L=0,7$ м; $G = 11$ Н; $V=0,3$ м/с и для приводов с зубчатым соединением $G = 11$ Н; $L=0,7$ м; $\omega_1 = 11$ об/мин; $V=0,3$ м / с; $\varphi=300$, расчет мощности для двух случаев может быть рассчитан с помощью модели в уравнениях (7) - (13). Расчетные результаты параметров численной проверки представлены в таблице 2. Как видно из приведенных в таблице численных результатов манипуляторы с зубчатым соединением не требуют большей мощности, чем манипуляторы с обычными приводами.

Таблица 2. Вычисленные параметры, относящиеся к рис. 5.

Параметров привода	Обычные диски			Приводы с зубчатым соединением		
	P_{max}	P_{Amax}	P_{Bmax}	P_{max}	P_{Amax}	P_{Bmax}
Значение, Вт	84.91	84,7	0.21	45.22	42.35	2.87

Закключение. В этом исследовании зубчатое соединение с двумя степенями свободы было разработано для практического применения в беспилотных летающих манипуляторах. Это описанное зубчатое соединение способно обеспечить режим остановки движения при достижении наибольшего значения переменного сопротивления во избежание критической ситуации. Разработана характеристика зубчатого соединения и основные требования к механизму. Введена простая кинематическая схема беспилотного летающего манипулятора с зубчатым шарниром, где взаимодействие зубчатого шарнира описывается как взаимодействие с штатными приводами манипуляторов. Приведен пример, позволяющий представить как целесообразность применения предложенного зубчатого соединения в беспилотном летающем манипуляторе, так и охарактеризовать основные преимущества в эффективности работы.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Литвин Ф. Л., Фуэнтес А. Геометрия зубчатых колес и прикладная теория. Учебник, Кембридж, Редактор Cambridge University Press, Второе издание. 2004, 795 стр.
- [2] Балбаев Г., Чеккарелли М. Проектирование и характеристика новой планетарной коробки передач. Механизмы, передачи и приложения, Механизмы и машиностроение, Том 17, 2013, стр. 91-98.
- [3] Кубо А. Будущее механической силовой передачи и приводной линии 2013 года-взгляд из Японии. Теория и практика зубчатых передач – 2014, Труды Международного симпозиума, Ижевск, 2014, с. 50-55.

- [4] Фетвачи С. Определение эвольвентных цилиндрических зубчатых профилей, генерируемых зубчатыми более острыми резцами. Механическое проектирование конструкций и машин, Том 38, выпуск 4, 2010, с. 481-492.
- [5] Thirumurugan R., Muthuveerappan G. Критические точки нагружения для максимальных угловых и контактных напряжений в цилиндрических зубчатых колесах с нормальным и высоким коэффициентом контакта на основе коэффициента распределения нагрузки. Механическое проектирование конструкций и машин, Том 39, выпуск 1 2011, с. 118-141.
- [6] Ву Г., Бай С. Проектирование и кинематический анализ сферического параллельного манипулятора 3-PPP, реконфигурированного с четырьмя стержневыми связями. Робототехника и компьютерно-интегрированное производство, Том 56, 2018, стр. 55-65.
- [7] Ван, Л., Чжан, З., Шао, З., Тан, Х. Анализ и оптимизация нового плоского параллельного механизма 5R с переменными режимами срабатывания. Робототехника и компьютерно-интегрированное производство, Том 56, 2018, с. 178-190.
- [8] Иванов К., Чеккарелли М., Есемесова Г., Нургизат Ю., Балбаев Г. Проектирование и характеристика редукторного соединения манипуляторов. Механизмы и машиностроение, Том 73, 2019, стр. 2261-2268,
- [9] Ахмад аль-Керем. Формирование круговой формы с использованием Самоадаптивного Коллективного движения Роевых роботов. Международный журнал передовых тенденций в области компьютерных наук и инженерии, том 8, № 5, в 2019, стр. 2054-2061.
- [10] Суприйоно Иман Маварди, Валуйо Ади Сисванто. Разработка модуля управления двигателем Модуля Манипулятора на базе Arduino для увеличения мощности и крутящего момента двигателя мотоцикла. Международный журнал передовых тенденций в области компьютерных наук и инженерии том 8, № 5, в 2019, стр. 3135-3139.
- [11] 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.
- [12] Глобальное светодиодное и интеллектуальное уличное освещение (2016-2026) / www.prnewswire.com, 24 января 2017 г.
- [13] Глобальное светодиодное и интеллектуальное уличное освещение (2015-2025) / www.northeast-group.com, Reportlinker / Vol 2, апрель 2015.
- [14] Решения для современных тенденций в области светодиодного освещения с низким энергопотреблением /Бэйн Джонсон, Джеймс Ли//www.fairchildsemi.com. Март 2012 г.
- [15] 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, No6, декабрь 2016 г., - стр. 414-417. DOI:10.7763/IJET.2016.V8.924.
- [16] 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.
- [17]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.
- [18] 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.
- [19] 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,
- [20] 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.

REFERENCES

- [1] Litvin F. L., Fuentes A. Geometriya zubchatykh koles i prikladnaya teoriya. Uchebnik, Kembriđzh, Redaktor Cambridge University Press, Vtoroe izdanie. 2004, 795 str.
- [2] Balbaev G., Chekkarelli M. Proektirovanie i kharakteristika novoi planetarnoi korobki peredach. Mekhanizmy, peredachi i prilozheniya, Mekhanizmy i mashinostroenie, Tom 17, 2013, str. 91-98.
- [3] Kubo A. Budushchee mekhanicheskoi silovoi peredachi i privodnoi linii 2013 goda-vzglyad iz Yaponii. Teoriya i praktika zubchatykh peredach – 2014, Trudy Mezhdunarodnogo simpoziuma, Izhevsk, 2014, s. 50-55.
- [4] Fetvachi S. Opredelenie evol'ventnykh tsilindricheskikh zubchatykh profilei, generiruemykh zubchatymi bolee ostrymi reztsami. Mekhanicheskoe proektirovanie konstruksii i mashin, Tom 38, vypusk 4, 2010, s. 481-492.
- [5] Thirumurugan R., Muthuveerappan G. Kriticheskie tochki nagruzheniya dlya maksimal'nykh uglovykh i kontaknykh napryazhenii v tsilindricheskikh zubchatykh kolesakh s normal'nym i vysokim koefitsientom kontakta na osnove koefitsienta raspredeleniya nagruzki. Mekhanicheskoe proektirovanie konstruksii i mashin, Tom 39, vypusk 1 2011, s. 118-141.
- [6] Vu G., Bai S. Proektirovanie i kinematicheskii analiz sfericheskogo parallel'nogo manipulyatora 3-RRR, rekonfigurirovannogo s chetyr'mya sterzhnevymi svyazyami. Robototekhnika i komp'yuterno-integrirovannoe proizvodstvo, Tom 56, 2018, str. 55-65.
- [7] Van, L., Chzhan, Z., Shao, Z., Tan, Kh. Analiz i optimizatsiya novogo ploskogo parallel'nogo mekhanizma 5R s peremennymi rezhimami srabatyvaniya. Robototekhnika i komp'yuterno-integrirovannoe proizvodstvo, Tom 56, 2018, s. 178-190.
- [8] Ivanov K., Chekkarelli M., Esemesova G., Nurgizat Yu., Balbaev G. Proektirovanie i kharakteristika reduktornogo soedineniya manipulyatorov. Mekhanizmy i mashinostroenie, Tom 73, 2019, str. 2261-2268.
- [9] Akhmad al'-Kerem. Formirovanie krugovoi formy s ispol'zovaniem Samoadaptivnogo Kollektivnogo dvizheniya Roevykh robotov. Mezhdunarodnyi zhurnal peredovykh tendentsii v oblasti komp'yuternykh nauk i inzhenerii, tom 8, № 5, v 2019, str. 2054-2061.
- [10] Supriiono Iman Mavardi, Valuo Adi Sisvanto. Razrabotka modulya upravleniya dvigatelem Modulya Manipulyatora na baze Arduino dlya uvelicheniya moshchnosti i krutyashchego momenta dvigatelya mototsikla. Mezhdunarodnyi zhurnal peredovykh tendentsii v oblasti komp'yuternykh nauk i inzhenerii tom 8, № 5, v 2019, str. 3135-3139.
- [11] Masshtab svetodiodnogo promyshlennogo osveshcheniya dostignet 2,9 mlrd dollarov SShA v 2016 godu // [www.ledinside.com / node / 24822](http://www.ledinside.com/node/24822). 2 mapra 2016 r.
- [12] Global'noe svetodiodnoe i intellektual'noe ulichnoe osveshchenie (2016-2026) / www.prnewswire.com, 24 yanvarya 2017 g.
- [13] Global'noe svetodiodnoe i intellektual'noe ulichnoe osveshchenie (2015-2025) / www.northeast-group.com, Reportlinker / Vol 2, april 2015.
- [14] Resheniya dlya sovremennykh tendentsii v oblasti svetodiodnogo osveshcheniya s nizkim energopotrebleniem / Bein Dzhonson, Dzheims Li//www.fairchildsemi.com. Mart 2012 g.
- [15] Van Kha Nguen, Sanguk Nam, Kilsu Seo, Iongsu Park i Khandzhung Song, «Nizkaya stoimost', vysokii koefitsient 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.
- [16] 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.
- [17] Kh. Ma, V. Yu, Ch. Chzhen, Dzh. Lai, K. Fen i B. Chen, «Predregulyator PFC s universal'nym vkhodom i vysokim koefitsientom 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.
- [18] Yu. Khu, L. Khuber i M. M. Iovanovich, «Odnostupenchatyi svetodiodnyi draiver peremennogo / postoyannogo toka s universal'nym vkhodom i reguliruemym 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](https://doi.org/10.1109/TPEL.2010.2082564).

[19] M. Brkovich i S. Tsuk, «Formirovatel' vkhodnogo toka s ispol'zovaniem preobrazovatelya Cuk», [Trudy] Chetyrnadtsataya Mezhdunarodnaya konferentsiya po elektrosvyazi i energetike - INTELEC '92, Vashington, okrug Kolumbiya, SShA, avgust 1992 g., str. 532-539.

[20] 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.

М.Е. Калекеева*, Ю.Г. Литвинов

Азаматтық авиация академиясы, Алматы, Қазақстан

*e-mail: kalekeeva.m@mail.ru

АУА МАНИПУЛЯТОРЛАРЫНА АРНАЛҒАН ТІСТІ ТОПСА

Аңдатпа. Бұл жұмыста екі еркіндік дәрежесі бар тісті топса қысқаша ұсынылған және оны манипуляторлар мен ұшқышсыз ұшатын манипуляторлар үшін пайдалану мүмкіндігі сипатталған. Кинематикалық сипаттамалары бар тісті қосылыстың кинематикалық схемасы жасалды. Оның кинематикалық сипаттамасы білікке қолданылатын сыртқы моменттер мен кіріс жылдамдықтарының параметрлері функциясы ретінде көрінеді. Тісті қосылымы бар манипуляторды жобалаудың жалпы схемалары және редуктордың жұмысын талдау қарастырылады.

Негізгі сөздер: топса, беріліс, манипулятор, дизайн, кинематикалық схема.

M.E. Kalekeyeva*, Y.G. Litvinov

Civil Aviation Academy, Almaty, Kazakhstan

*e-mail: kalekeeva.m@mail.ru

HUNTING HINGES FOR AIR MANIPULATORS

Abstract. This paper briefly presents a gear joint with two degrees of freedom and describes possibility of use for manipulators and unmanned flying manipulators. A kinematic scheme for a gear joint is developed with its kinematic characterizations. Its kinematic characterization is expressed as function of parameters of external applied torques and input speeds on the shaft. General schemes are considered for a manipulator design with gear joint and for operation analysis of a gear joint.

Keywords: joint, gear, manipulator, design, kinematic scheme.

М.Б. Жаманбалин*

Карагандинский филиал РГП «КазСтандарт»

*e-mail: m.zhamanbalin@ksm.kz

О ПРОИЗВОДСТВЕ ЭТАЛОННЫХ МЕР ТВЕРДОСТИ В КАЗАХСТАНЕ

Аннотация. В этой статье представляется информация о производстве в Карагандинском филиале РГП «КазСтандарт» эталонных мер твердости второго разряда, краткая информация о состоянии производства мер твердости в мире, исследованиях, проведенных на данном предприятии при разработке технологии их производства.

Ключевые слова: измерения твердости, меры твердости, число твердости, шкалы твердости, термообработка.

Введение. В современном производстве оценка качества и надежности металлопродукции, а также контроль технологических процессов в промышленности неразрывно связан с механическими испытаниями материалов и в частности, с измерениями твердости. Измерения твердости отличаются простотой и высокой производительностью, возможность производить испытания, без изготовления специальных образцов прямо на поверхности изделия, несущественно нарушая при этом его прочность.

Эталонные меры твердости используются на предприятиях металлургии, машиностроения, горно-рудной промышленности, транспорта, энергетики. Они предназначены для проведения поверки/калибровки, а также настройки стационарных и портативных приборов для измерений твердости по шкалам Бринелля, Виккерса, Роквелла и Супер-Роквелла.

В Казахстане исторически отсутствовало производство мер твердости, их ввозили в основном из России (ЦФМИ «МЕТ», ПО «Точприбор»). Таким образом, производство мер твердости в Республике Казахстан является новым и перспективным направлением в сфере производства средств измерений, при этом потребность предприятий в использовании мер твердости высока, и более того, ожидается дальнейшее возрастание спроса в связи с открытием новых производств.

Производимые КФ РГП «КазСтандарт» эталонные меры твердости проходят метрологическую аттестацию на государственных эталонах твердости по шкалам Бринелля, Виккерса, Роквелла и Супер-Роквелла [1]. Калибровочные и измерительные возможности двух последних из вышеупомянутых эталонов подтверждаются международными сличениями в рамках КООМЕТ и опубликованы на сайте МБМВ [2].

Основной задачей производства эталонных мер твердости является повышение уровня метрологического обеспечения поверкой/калибровкой рабочих средств измерений твердости, используемых в промышленных предприятиях Республики Казахстан.

Разработка технологии производства.

Основное требование к мере твердости – однородность рабочей поверхности и стабильность физико-механических свойств во времени. Критерием однородности является размах чисел твердости. За твердость меры принимается среднее арифметическое результатов измерений пяти отпечатков.

При разработке технологии рассматривались факторы, влияющие на однородность мер твердости, а также на основании исследовательских работ были выбраны марки и сортамент сталей.

Во всех странах при производстве мер твердости используются различные технологии их изготовления. Технология производства каждого изготовителя уникальна, т.к. сказываются различия в используемых сталях. Национальные стандарты имеют собственные требования к

химическому составу и структуре сталей. В таблице 1 приведен химический состав сталей, используемых при производстве мер твердости в некоторых странах.

Таблица 1. Химический состав сталей, применяемых в различных государствах

Страна-изготовитель	Обозначение стали	Химический состав стали, %									Марка стали по национальным НД
		C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	W	V	
Япония	SK4	0,9	0,36	0,25	0,013	0,007	0,04	-	-	-	У9А
Япония	JWP9	0,87	0,33	0,32	0,018	0,009	0,04	0,13	-	-	У8-У9А
США	01	0,95	1,27	0,24	0,026	0,015	0,5	-	-	-	ХГС
Великобритания	2S31	1,0	1,2	0,2	0,03	0,01	0,6	0,5	0,2	0,4	ХВГ

В процессе разработки технологии производства мер твердости был проведен химический и микроструктурный анализ мер твердости производства ПО «Точприбор», 1989 года выпуска. Результаты анализа приводятся в таблице 2.

Таблица 2. Исследования мер твердости производства ПО «Точприбор»

Число, шкала твердости	Химический состав, %			Марка стали	Макроструктура	Микроструктура
	C	Mn	Si			
25 HRC	0,96	0,33	0,32	У10	1 балл	Равномерный сорбит
61 HRC	Стилоскоп			У10		Тростит закалки
104 HB	0,11	0,60	0,33	Ст10		Равномерная феррито-перлитная
203 HB	1,00	0,30	0,22	У10		Равномерный сорбит

В таблице 3 показаны требования к химическому составу сталей У8А-У10А, ХГ, ХВГ, используемых для производства мер твердости.

Таблица 3. Требования к химическому составу сталей

Марка стали	Химический состав стали, %							Источник
	C	Mn	Si	P	S	Cr	W	
У8А	0,75-0,84	0,17-0,28	0,17-0,33	0,025	0,018	-	-	ГОСТ 1435-99
У9А	0,85-0,94	0,17-0,28	0,17-0,33	0,025	0,018	-	-	ГОСТ 1435-99
У10А	0,95-1,09	0,17-0,28	0,17-0,33	0,025	0,018	-	-	ГОСТ 1435-99
ХГС	0,95-1,05	0,85-1,25	0,4-0,7	-	-	1,3-1,65		ГОСТ 5950-2000
ХВГ	0,9-1,05	0,8-1,1	0,1-0,4	-	-	0,9-1,2	1,2-1,6	ГОСТ 5950-2000

Проведенные исследования и последующий анализ показывают, что для производства в большинстве используются углеродистые и легированные стали.

Сортамент сталей, используемых при производстве мер твердости также индивидуален. В Японии меры твердости изготавливаются из кованых заготовок, в Швейцарии (компания НМТ) используется технология порошковой металлургии, остальные страны используют в основном прокатанную полосу.

Нагрев под закалку в РФ, Великобритании, Польше проводится в соляных ваннах разного состава, а в Японии, Чехии в электрических печах. Также различаются закалочные среды: для легированных сталей – масло, углеродистых – вода или водные растворы едкого натра или поваренной соли. После закалки некоторые изготовители используют обработку холодом. Отпуск проводится в масляных ваннах (РФ, Япония), соляных ваннах (Польша, США) или в электропечах (Великобритания, РФ) с искусственной циркуляцией среды.

В целях снижения затрат при производстве мер твердости, изготовители используют по возможности наименьшую номенклатуру и наиболее дешевые марки сталей.

При производстве мер твердости применяется конверсия чисел твердости по различным шкалам твердости, к примеру, меры твердости 25 HRC соответствуют уровню твердости 200 HB. На рисунке 1 показано соотношение уровней различных шкал и методов измерений твердости к HV30 [3].

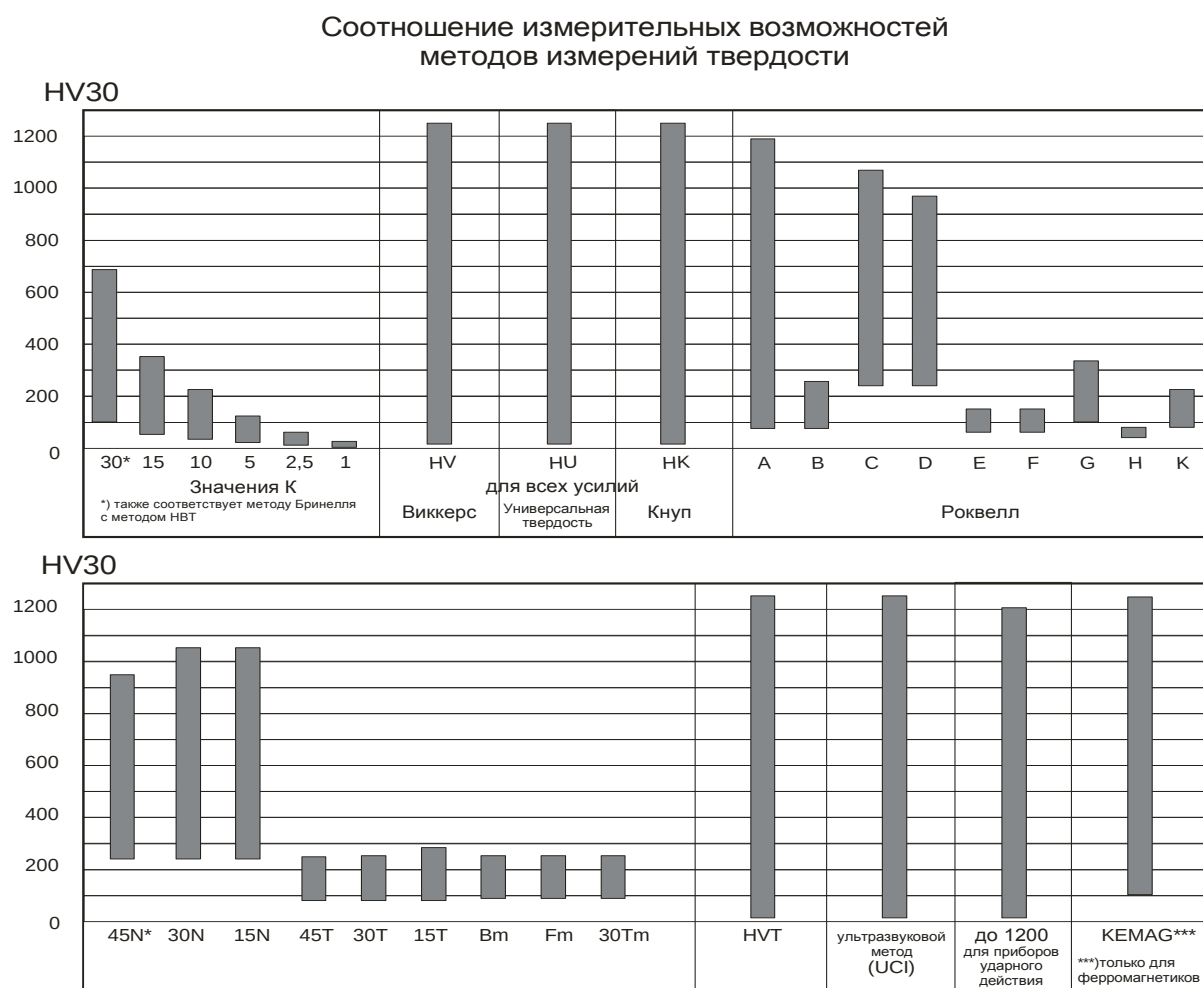


Рисунок 1. Соотношение уровней различных шкал и методов измерений твердости к шкале твердости Виккерса HV30

На основании вышеприведенной информации и опытного изготовления образцов твердости определяются основные факторы, оказывающие влияние на неоднородность мер твердости, к которым относятся:

- 1) состав и марка стали;
- 2) металлургическое производство на стадии выплавки (качество сталей, дополнительная обработка переплавом со шлаком, величина зерна);
- 3) сортамент металлопроката, т.е. способ прокатки, влияющий на микроструктуру;

- 4) способ изготовления заготовок (резка, фрезерование);
- 5) термообработка;
- 6) шлифование, полирование.

Способ выплавки сталей оказывает влияние на чистоту сталей от примесей, строения границ зерна. Повысить однородность мер твердости позволяет использование сталей, при производстве которых использовался электрошлаковый переплав или выдержка стали под вакуумом. Вакуумный переплав освобождает сталь от скрытых примесей – азота, кислорода, водорода и неметаллических включений. Вакуумные насосы выкачивают газообразные окислы CO, CO₂ и H₂O и уменьшают содержание кислорода в стали. Электрошлаковый переплав освобождает сталь от неметаллических включений – серы, фосфора и др. При этом процессе происходит замедление кристаллизации металлической ванны снизу вверх, что позволяет очистить сталь от газов, вредных примесей и неметаллических включений.

В [4] рекомендуется применение мер твердости прямоугольной формы, изготавливаемых из полос, которые прокатываются с высокой степенью обжатия, что положительно влияет на однородность. Также полоса для заготовки выбирается по возможности приближенной по толщине заготовке, т.к. чем меньше толщина полосы, тем большей степени обжатия она подвергается.

Согласно отчету [5] при шлифовании деталей могут возникать прижоги и поверхностные напряжения, образование вторичного закаленного слоя, неоднородное снижение твердости, если глубина резания при шлифовании выходит из определенных пределов и не принимаются меры к достаточному охлаждению деталей.

Технология производства мер твердости, как эталонных средств измерений сложная и трудоемкая. По данным ПО «Точприбор» брак на стадии изготовления заготовок доходит до 90 %, а готовой продукции около 40 %.

Этапы развития собственного производства.

В 2010 году РГП «КазСтандарт» на базе филиала в г. Караганде впервые в Республике освоил мелкосерийное производство мер твердости по шкалам Бринелля, Роквелла и Супер-Роквелла. Технические и метрологические характеристики производимых мер твердости представлены в таблицах 3 и 4.

Таблица 3. Технические и метрологические характеристики мер твердости по Бринеллю МТБ-К

Шкала твердости HB (HBW)	Интервалы чисел твердости, HB (HBW)	Размах чисел твердости, не более, %	Масса, не более, кг
10/3000	(400 ± 50); (200 ± 50)	3,0	1,6
10/1000	(100 ± 50)	4,0	
5/750	(400 ± 50); (200 ± 50)	3,0	

Таблица 4. Технические и метрологические характеристики мер твердости по Роквеллу МТР-К и Супер-Роквеллу МТСР-К

Шкала твердости	Интервалы чисел твердости, HR	Размах чисел твердости, не более, HR	Габаритные размеры, (длина × ширина × высота), не менее, мм	Масса, не более, кг
HRA	83 ± 3	0,6	60×40×6	0,24
HRB	90 ± 10	1,2		

HRC	25 ± 5 45 ± 5 65 ± 5	1,1 0,8 0,5		
HRN15	92 ± 2	0,6		
HRN30	80 ± 4 45 ± 5	0,6 1,1		
HRN45	49 ± 6	1,1		
HRT30	76 ± 6 45 ± 5	1,2 1,8		

В 2017 году освоено производство нового типа эталонных мер твердости по шкалам Виккерса МТВ-К, которые изготавливаются в соответствии с [6]. К мерам твердости Виккерса предъявляются высокие требования по шероховатости рабочей поверхности (параметр шероховатости R_a не более 0,04 мкм [7], [8], [9]) по сравнению с мерами других шкал, что значительно увеличивает трудоемкость их производства. Ниже приводится таблица 5 с метрологическими характеристиками мер твердости по Виккерсу 2-го разряда [6].

Таблица 5. Метрологические характеристики мер твердости по Виккерсу

Испытательная нагрузка, Н	Число твердости	Размах значений твердости, %, не более
1	450 ± 75 800 ± 50	5,0
5, 10	450 ± 75 800 ± 50	3,0
20, 30, 50	450 ± 75 800 ± 50	2,0

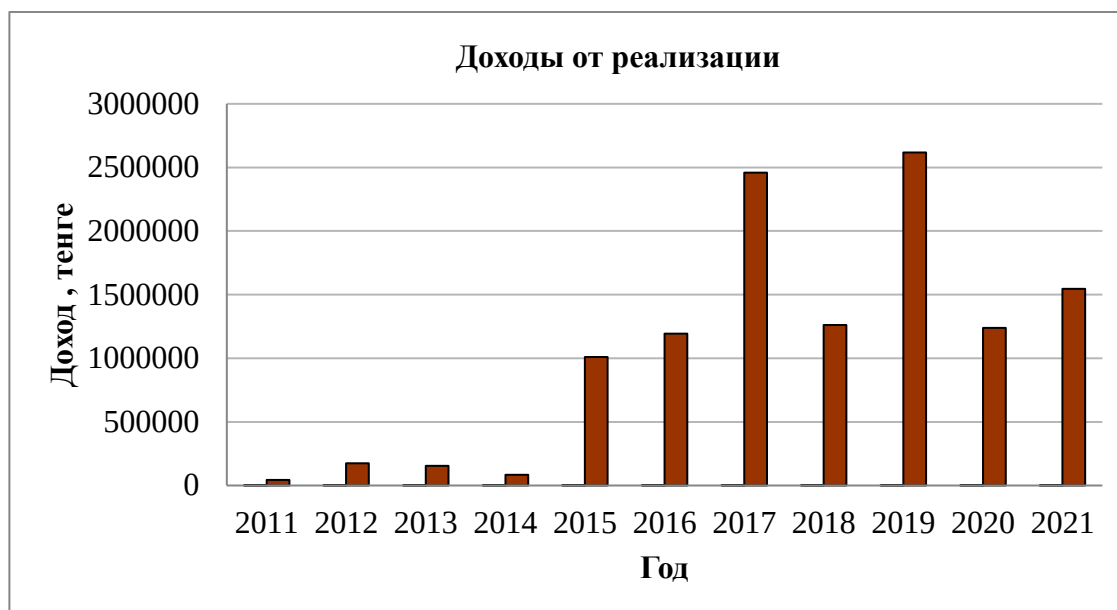
На рисунке 2 представлен общий вид мер твердости, изготавливаемых КФ РГП «КазСтандарт».



Рисунок 2. Общий вид мер твердости

Заключение. В 2020 году доля казахстанского содержания мер твердости КФ РГП «КазСтандарт» повысилась с 61,1 % (по состоянию на 2016 год) до (97,2-98,4) % для мер твердости МТР-К и МТСР-К и (81,0-89,7) % для мер твердости МТВ-К.

С 2010 года объем производства мер твердости вырос в 4 раза. Распределение объемов реализации до 2021 года показано на рисунке 3.



Примечание: за 2021 г. – по состоянию на конец июня 2021 г.

Рисунок 3. Объемы реализации мер твердости

В процессе производства мер твердости возникают проблемы, касающиеся зависимости от сторонних предприятий при выполнении ими субподрядных работ – резка заготовок, фрезерование, шлифование [8], что приводит к значительному увеличению стоимости изготовления мер твердости.

С целью оптимизации деятельности по производству эталонных мер твердости и снижения расходов на постоянной основе экспериментальным путем проводится пересмотр некоторых технологических операций при термической обработке партии заготовок эталонных мер твердости в зависимости от результатов метрологической аттестации. Таким образом, это позволит обеспечить внутренний рынок Казахстана достаточным количеством мер твердости по приемлемым ценам.

Перспективы развития производства предусматривают следующие шаги [10]:

- 1 приобретение технологического оборудования;
- 2 продолжение работ, связанных с повышением качества продукции.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] РМГ 83-2007 «ГСИ. Шкалы измерений. Термины и определения».
- [2] Metrologia, 2009, 46, Tech. Suppl., 07001 COOMET.M.H-S1 Final Report, 2009, 12 pages.
- [3] Herrmann K. Hardness testing. Principles and application – 1-е изд. - USA: ASM International, 2011. - 247 с.
- [4] Волкова Е.А., Смирнов А.В. – «Неоднородность мер твердости из углеродистой стали и способы ее устранения. Труды ВНИИМ. Выпуск 50: – Л. Стандартгиз. 1961.
- [5] Отчет НИКИМП №895 – «Исследование технологических процессов изготовления образцовых мер твердости к прибору ТК-2»: М. – 1961.
- [6] ГОСТ 9031-75 «Меры твердости образцовые. Технические условия».
- [7] ISO 6506-3:2014 Metallic materials - Brinell hardness test - Part 3: Calibration of reference blocks.
- [8] ГОСТ 2789-73 Шероховатость поверхности. Параметры и характеристики.
- [9] Кремьен З.И., Юрьев В.Г., Бабошкин А.Ф. Технология шлифования в машиностроении, 2015, 143 с.
- [10] Жаманбаев М.Б. Производство эталонных мер твердости // Метрология. - 2016. № 3, С.12-14.

REFERENCES

- [1] RMG 83-2007 «GSI. Shkaly izmerenii. Terminy i opredeleniya».
- [2] Metrologia, 2009, 46, Tech. Suppl., 07001 COOMET.M.H-S1 Final Report, 2009, 12 pages.
- [3] Herrmann K. Hardness testing. Principles and application – 1-e izd. - USA: ASM International, 2011. - 247 c.
- [4] Volkova E.A., Smirnov A.V. – «Neodnorodnost' mer tverdosti iz uglerodistoi stali i sposoby ee ustraneniya. Trudy VNIIM. Vypusk 50: – L. Standartgiz. 1961.
- [5] Otchet NIKIMP №895 – «Issledovanie tekhnologicheskikh protsessov izgotovleniya obraztsovykh mer tverdosti k priboru TK-2»: M. – 1961.
- [6] GOST 9031-75 «Mery tverdosti obraztsovye. Tekhnicheskie usloviya».
- [7] ISO 6506-3:2014 Metallic materials - Brinell hardness test - Part 3: Calibration of reference blocks.
- [8] GOST 2789-73 Sherokhovatost' poverkhnosti. Parametry i kharakteristiki.
- [9] Kremen' Z.I., Yur'ev V.G., Baboshkin A.F. Tekhnologiya shlifovaniya v mashinostroenii, 2015, 143 s.
- [10] Zhamanbalin M.B. Proizvodstvo etalonnykh mer tverdosti // Metrologiya. - 2016. № 3, S.12-14.

М.Б. Жаманбалин*

«КазСтандарт» РМК Қарағанды филиалы

*e-mail: m.zhamanbalin@ksm.kz

ҚАЗАҚСТАНДА ҚАТТЫЛЫҚТЫҢ ЭТАЛОНДЫ ШАРАЛАРЫН ӨНДІРУ ТУРАЛЫ

Андатпа. Мақалада «КазСтандарт» РМК Қарағанды филиалында екінші разрядтағы қаттылық өлшеуіштер өндірісі, қаттылық өлшеуіштердің әлемдегі өндірісінің жағдайы туралы қысқаша ақпарат, осы кәсіпорында оларды өндіру технологиясын дамыту үшін жүргізілген зерттеулер туралы ақпараты ұсынады.

Негізгі сөздер: қаттылық өлшеуі, қаттылық өлшеуіштер, қаттылық саны, қаттылық шкалалар, термоөңдеу.

M.B. Zhamanbalin*

Karaganda branch of RSE «KazStandart»

*e-mail: m.zhamanbalin@ksm.kz

ABOUT PRODUCTION OF REFERENCE MEASURES OF HARDNESS IN KAZAKHSTAN

Abstract. This article provides information on the production in the Karaganda branch of the RSE "KazStandard" of reference hardness blocks of the second rank, brief information on the state of production of hardness blocks in the world, research carried out at this enterprise in the development of technology for their production.

Keywords: hardness measurement, hardness test blocks, number of hardness, hardness scales, heat treatment.

МАЗМҰНЫ

Жер туралы ғылымдар

<i>Берлигузжин М.Т.</i> ОРАЛ ӨЗЕНІНІҢ (ЖАЙЫҚ) ТӨМЕНГІ АҒЫСЫ АУМАҒЫНАН ОҢТҮСТІК ІЛІНІҢ ARCHIDISKODON MERIDIONALIS GROMOVI ЖАҢА ТІСТЕРІН ТАБУ ТУРАЛЫ.....	3
<i>Рыльникова М.В., Митишова Н.А.</i> КОЛЧЕДАН РУДАЛЫ КЕН ОРЫНДАРЫН ЖЕРАСТЫ ТӘСІЛМЕН ИГЕРУ КЕЗІНДЕ ӨРТ- ЖАРЫЛЫС ҚАУІПСІЗДІГІН ҚАМТАМАСЫЗ ЕТУДІҢ ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ АСПЕКТІЛЕРІ.....	10
<i>Нұрпейісова М.М., Рысбеков Қ.Б., Кыргызбаева Г.М., Бекбасаров Ш.Ш., Левин Е.</i> <i>Nurpeissova M., Rysbekov K., Kenesbayeva A., Bekbassarov Zh., Levin E.</i> ГЕОДИНАМИКАЛЫҚ ПРОЦЕСТЕРДІ МОДЕЛЬДЕУ.....	16
<i>Трубецкой К.Н., Милетенко Н.А., Федоров Е.В.</i> ЖЕР ҚОЙНАУЫ ҮЙЛЕСІМІНІҢ МІНДЕТТІ КОМПОНЕНТІ РЕТІНДЕ ЖЕР РЕСУРСТАРЫН ЭКОЛОГИЯЛЫҚ ТҮРҒЫДАН ИГЕРУДІ ҚАМТАМАСЫЗ ЕТУ.....	25
<i>Колумбетова К.К.</i> ТАУ ЖЫНЫСТАРЫНЫҢ ДЕФОРМАЦИЯСЫ МЕН ЖЕР ҚЫРТЫСЫНЫҢ ГЕОФИЗИКАЛЫҚ ЖӘНЕ ФЛЮИДТІК ПРОЦЕСТЕРІ АРАСЫНДАҒЫ БАЙЛАНЫС.....	31

Физика-математика ғылымдары

<i>Совет Е.Ф., Көккөз М.М.</i> ВЕБ-ҚОСЫМШАЛАРДЫҢ ДЕРЕКТЕРІН ІШКІ ҚАУІПТЕРДЕН ҚОРҒАУ.....	41
<i>Батырбекова М.Б.</i> BIG DATA ЖӘНЕ БЛОКЧЕЙН ТЕХНОЛОГИЯЛАРЫН ҚОЛДАНУ НЕГІЗІНДЕ РИЛЕЙЛ (БӨЛШЕК САУДА) САЛАСЫНДА ЖҰМЫС ІСТЕЙТІН БӘСЕКЕГЕ ҚАБІЛЕТТІГІН АРТТЫРУ.....	47
<i>Серикбаева С.К., Тусупов Д.А., Самбетбаева М.А.</i> ТАРАТЫЛҒАН АҚПАРАТТЫҚ ЖҮЙЕЛЕРДЕ Z39.50 ХАТТАМАСЫН ҚОЛДАНУ.....	55
<i>Ермухамбетова Ф.А., Бабанова А.Т., Ашекенова А.А.</i> «ФУНКЦИЯ» ТАҚЫРЫБЫН ОҚЫТУДАҒЫ МЕКТЕП ПЕН ЖОО АРАСЫНДАҒЫ САБАҚТАСТЫҚ МӘСЕЛЕЛЕРІ.....	66
<i>Жумадилов Р.Е., Жунисбеков А.Т., Оразбаев С.А., Габдуллин М.Т.</i> RF+DC РАЗРЯД ПЛАЗМАСЫНДА МЫС НАНОБӨЛШЕКТЕРІН АЛУ.....	76
<i>Юров В.М., Маханов К.М., Салькеева А.К., Кусенова А.С.</i> ТЕКШЕ ЖОҒАРЫЭНТРОПИЯЛЫ ҚОРЫТПАЛАР МЕН ЖАБЫНДЫЛАРДЫҢ БЕТТІК ЭНЕРГИЯ АНИЗОТРОПИЯСЫ	82
<i>Сейтқұлов Е.Н., Оспанов Р.М., Ергалиева Б.Б.</i> S-БЛОКТАРДЫҢ КРИПТОГРАФИЯЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІ ТУРАЛЫ.....	96
<i>Амиргалиев Е.Н., Буkenova И.Н.</i> БЕЙНЕ АРҚЫЛЫ АДАМНЫҢ ПСИХОЭМОЦИОНАЛДЫ ЖАҒДАЙЫН ТАЛДАУ.....	104
<i>Диханбаев К.К., Бекежанова А.Б., Икрамова С.Б., Ханиев Б.А., Тілеубаева И.С.</i> НАНОҚҰРЫЛЫМДАЛҒАН КЕУЕКТІ КРЕМНИЙДІҢ ОПТИКАЛЫҚ-ЭЛЕКТРОНДЫҚ ЖӘНЕ НАНОӨЛШЕМДІК ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ.....	110

Химия-металлургия ғылымдары

<i>Нуртазина Н.Д., Сыздыкова Л.И.</i> ГЛИЦИН ҚАТЫСУЫМЕН БОРНИТТІ ШАЙМАЛАУ КИНЕТИКАСЫ	117
<i>Тұрғанбай А.Б., Нәжіпқызы М., Жапарова А.А., Сұлтанхан Ш.</i> ЭЛЕКТРОСПИННИНГ ӘДІСІ АРҚЫЛЫ ҮГІНДІЛЕРДЕН ЛИГНИНДІ ТАЛШЫҚТАР ӨНДІРУ.....	127
<i>Малгаждарова М., Беркінбаева А.</i> КІШІГІРІМ ЛЕГІРЛЕУ КЕЗІНДЕ ДИССИПАТИВТІ ҚОРЫТПАЛАРДЫ АЛУ.....	133
<i>Сагимбаева Ш.Ж., Шункеев К.Ш., Тарковский В.В., Герман А.Е. Сергеев Д.М.,</i> <i>Тастанова Л.К., Убаев Ж. К.</i> ҚАЗАҚСТАН КЕН ОРНЫНЫҢ ТАБИҒИ ДИАТОМИТІН БАЙЫТУДЫҢ ЭЛЕКТРОГИДРАВЛИКАЛЫҚ ӘДІСІ.....	138
<i>Нурғали Н.З., Келаманов Б.С., Тажиев Е.Б., Заякин О.В.</i> ТӨРТ КОМПОНЕНТТІ ФЕРРОСИЛИКОКИРКОНИЙДІҢ (Fe-Zr-Al-Si) ТЕРМОДИНАМИКАЛЫҚ- ДИАГРАММАЛЫҚ ТАЛДАУ	151

Техникалық ғылымдар

<i>Манат С.М., Югай В.В.</i>	
БІРФАЗАЛЫ ИНВЕРТОРЛАРДЫҢ ЭЛЕКТР ЭНЕРГИЯСЫНЫҢ САПАСЫН ТАЛДАУ.....	159
<i>Камзанов Н.С., Козбагаров Р.А., Жусупов К.А., Есіркеп Д.О., Калиев Е.Б.</i>	
ҚОЛДАНЫСТАҒЫ ҰСАҚТАУ ПРОЦЕСІН АВТОМАТТЫ БАСҚАРУ ЖҮЙЕЛЕРІН ТАЛДАУ.....	165
<i>Бекбаев А.Б., Шерышев В.П., Сәрсенбаев Е.А., Қаликасов Н.Т.</i>	
ЭЛЕКТР БАЙЛАНЫСТАРЫНЫҢ ҚОЛ ЖЕТПЕЙТІН БЕТТЕРІНІҢ ТЕМПЕРАТУРАСЫН ӨЛШЕУ ПРОЦЕСІН ИНТЕЛЛЕКТУАЛИЗАЦИЯЛАУ.....	172
<i>Нурлыбаев Р.Е., Жугинисов М.Т., Жумадилова Ж.О., Орынбеков Е.С., Хамза Е.Е., Сангулова И.Б.</i>	
ДИАТОМИТ ПЕН БЕНТОНИТ САЗЫНЫҢ ЖЕРГІЛІКТІ САЗДАУЫТ НЕГІЗІНДЕГІ ӨНІМДЕРДІҢ ҚАСИЕТТЕРІНЕ ӘСЕРІН ЗЕРТТЕУ.....	180
<i>Калекеева М.Е., Литвинов Ю.Г.</i>	
АУА МАНИПУЛЯТОРЛАРЫНА АРНАЛҒАН ТІСТІ ТОПСА.....	196
<i>Жаманбалин М.Б.</i>	
ҚАЗАҚСТАНДА ҚАТТЫЛЫҚТЫҢ ЭТАЛОНДЫ ШАРАЛАРЫН ӨНДІРУ ТУРАЛЫ.....	205

СОДЕРЖАНИЕ

Науки о Земле

<i>Берлигузжин М.Т.</i> НОВЫЕ НАХОДКИ ЗУБОВ ЮЖНОГО СЛОНА ARCHIDISKODON MERIDIONALIS GROMOVI НА ТЕРРИТОРИИ НИЖНЕГО ТЕЧЕНИЯ Р. УРАЛ (ЖАЙЫК).....	3
<i>Рыльникова М.В., Митишова Н.А.</i> ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЖАРОВЗРЫВОБЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ПОДЗЕМНОЙ РАЗРАБОТКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ КОЛЧЕДАНЫХ РУД.....	10
<i>Нурпеисова М.М., Рысбеков К.Б., Кыргызбаева Г.М., Бекбасаров Ш.Ш., Левин Е.</i> МОДЕЛИРОВАНИЕ ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ	16
<i>Трубецкой К.Н., Милетенко Н.А., Федоров Е.В.</i> ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИ СБАЛАНСИРОВАННОГО ОСВОЕНИЯ РЕСУРСОВ ЗЕМЛИ КАК ОБЯЗАТЕЛЬНАЯ СОСТАВЛЯЮЩАЯ ГАРМОНИИ НЕДР.....	25
<i>Колумбетова К.К.</i> СВЯЗЬ МЕЖДУ ДЕФОРМАЦИЕЙ ПОРОД И ГЕОФИЗИЧЕСКИМИ И ФЛЮИДНЫМИ ПРОЦЕССАМИ ЗЕМНОЙ КОРЫ.....	31

Физико-математические науки

<i>Совет Е.Г., Коккоз М.М.</i> ЗАЩИТА ДАННЫХ ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЙ ОТ ВНУТРЕННИХ УГРОЗ.....	41
<i>Батырбекова М.Б.</i> ПОВЫШЕНИЕ КОНКУРЕНТОСПОБНОСТИ КОМПАНИЙ, РАБОТАЮЩИХ В СФЕРЕ РЕТЕЙЛА (РОЗНИЧНОЙ ТОРГОВЛИ), НА ОСНОВЕ ПРИМЕНЕНИЯ BIG DATA И ТЕХНОЛОГИЙ БЛОКЧЕЙН.....	47
<i>Серикбаева С.К., Тусупов Д.А., Самбетбаева М.А.</i> ПРИМЕНЕНИЕ ПРОТОКОЛА Z39.50 В РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ.....	55
<i>Ермухамбетова Ф.А., Бабанова А.Т., Ашекенова А.А.</i> ПРОБЛЕМА ПРЕЕМСТВЕННОСТИ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ТЕМЫ «ФУНКЦИЯ» МЕЖДУ ШКОЛОЙ И ВУЗОМ	66
<i>Жумадилов Р.Е., Жунисбеков А.Т., Оразбаев С.А., Габдуллин М.Т.</i> ПОЛУЧЕНИЕ НАНОЧАСТИЦ МЕДИ В ПЛАЗМЕ КОМБИНИРОВАННОГО ВЧ+ДС РАЗРЯДА.....	76
<i>Юров В.М., Маханов К.М., Салькеева А.К., Кусенова А.С.</i> АНИЗОТРОПИЯ ПОВЕРХНОСТНОЙ ЭНЕРГИИ КУБИЧЕСКИХ ВЫСОКОЭНТРОПИЙНЫХ СПЛАВОВ И ПОКРЫТИЙ.....	82
<i>Сейткулов Е.Н., Оспанов Р.М., Ергалиева Б.Б.</i> О КРИПТОГРАФИЧЕСКИХ СВОЙСТВАХ S-БЛОКОВ.....	96
<i>Амиргалиев Е.Н., Буkenova И.Н.</i> АНАЛИЗ ПСИХОЭМОЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ЧЕЛОВЕКА ПО ВИДЕО.....	104
<i>Диханбаев К.К., Бекежанова А.Б., Икрамова С.Б., Ханиев Б.А., Тлеубаева И.С.</i> ОПТОЭЛЕКТРОННЫЕ И НАНОРАЗМЕРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ НАНОСТРУКТУРИРОВАННОГО ПОРИСТОГО КРЕМНИЯ.....	110

Химико-металлургические науки

<i>Нуртазина Н.Д., Сыздыкова Л.И.</i> КИНЕТИКА ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ БОРНИТА В ПРИСУТСТВИИ ГЛИЦИНА.....	117
<i>Турганбай А.Б., Нажипкызы М., Жапарова А.А., Султахан Ш.</i> ПОЛУЧЕНИЕ ЛИГНИНОВЫХ ВОЛОКОН ИЗ ОПИЛОК МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОСПИННИНГА.....	127
<i>Малгаждарова М., Беркинбаева А.</i> ПОЛУЧЕНИЕ ДИСПИПАТИВНЫХ СПЛАВОВ ПРИ МИНИМАЛЬНОМ ЛЕГИРОВАНИИ.....	133
<i>Сагимбаева Ш.Ж., Шункеев К.Ш., Тарковский В.В., Герман А.Е.</i> <i>Сергеев Д.М., Тастанова Л.К., Убаев Ж. К.</i> ЭЛЕКТРОГИДРАВЛИЧЕСКИЙ МЕТОД ОБОГАЩЕНИЯ ПРИРОДНОГО ДИАТОМИТА КАЗАХСТАНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ	138
<i>Нуртали Н.З., Келаманов Б.С., Тажиев Е.Б., Заякин О.В.</i> ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИ-ДИАГРАММНЫЙ АНАЛИЗ ЧЕТЫРЕХКОМПОНЕНТНОЙ СИСТЕМЫ ФЕРРОСИЛИКОЦИРКОНИЯ (Fe-Zr-Al-Si) С УЧЕТОМ КОНГРУЭНТНЫХ СОЕДИНЕНИЙ.....	151

Технические науки

<i>Манат С.М., Югай В.В.</i>	
АНАЛИЗ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ОДНОФАЗНЫХ ИНВЕРТОРОВ.....	159
<i>Камзанов Н.С., Козбагаров Р.А., Жусупов К.А., Есиркеп Д.О., Калиев Е.Б.</i>	
АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ ДРОБЛЕНИЯ.....	165
<i>Бекбаев А.Б., Шеръшев В.П., Сарсенбаев Е.А., Каликасов Н.Т.</i>	
ИНТЕЛЛЕКТУАЛИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ИЗМЕРЕНИЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ТРУДНОДОСТУПНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ КОНТАКТНЫХ СОЕДИНЕНИЙ...	172
<i>Нурлыбаев Р.Е., Жугинисов М.Т., Жумадилова Ж.О., Орынбеков Е.С., Хамза Е.Е., Сангулова И.Б.</i>	
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ДИАТОМИТА И БЕНТОНИТОВОЙ ГЛИНЫ НА СВОЙСТВА ИЗДЕЛИЙ НА ОСНОВЕ МЕСТНОГО СУГЛИНКА.....	180
<i>Калекеева М.Е., Литвинов Ю.Г.</i>	
ЗУБЧАТЫЙ ШАРНИР ДЛЯ ВОЗДУШНЫХ МАНИПУЛЯТОРОВ.....	196
<i>Жаманбалин М.Б.</i>	
О ПРОИЗВОДСТВЕ ЭТАЛОННЫХ МЕР ТВЕРДОСТИ В КАЗАХСТАНЕ.....	205

CONTENTS

Earth sciences

<i>Berliguzhin M.T.</i> NEW FINDINGS OF THE TEETH OF THE SOUTHERN ELEPHANT ARCHIDISKODON MERIDIONALIS GROMOVI IN THE LOWER REACHES OF THE URAL RIVER (ZHAIYK).....	3
<i>Rylnikova M.V., Mitishova N.A.</i> TECHNOLOGICAL ASPECTS OF ENSURING FIRE AND EXPLOSION SAFETY IN THE UNDERGROUND DEVELOPMENT OF PYRITE ORE DEPOSITS.....	10
<i>Nurpeissova M., Rysbekov K., Kenesbayeva A., Bekbassarov Zh., Levin E.</i> SIMULATION OF GEODYNAMIC PROCESSES	16
<i>Trubetskoy K.N., Miletenko N.A., Fedorov E.V.</i> ENSURING ECOLOGICALLY BALANCED DEVELOPMENT OF RESOURCES OF EARTH AS OBLIGATORY COMPONENT OF HARMONY OF SUBSOIL.....	25
<i>Kolumbetova K.K.</i> RELATIONSHIP BETWEEN ROCK DEFORMATION AND THE GEOPHYSICAL AND FLUID PROCESSES OF THE EARTH'S CRUST.....	31

Physical and mathematical sciences

<i>Sovet E.G., Kokkoz M.M.</i> PROTECTING WEB APPLICATION DATA FROM INTERNAL THREATS.....	41
<i>Batyrbekova M.B.</i> IMPROVING THE COMPETITIVENESS OF COMPANIES OPERATING IN THE RETAIL SECTOR, BASED ON THE USE OF BIG DATA AND BLOCKCHAIN TECHNOLOGIES.....	47
<i>Serikbayeva S. K., Tussupov J.A., Sambetbayeva M.A.</i> APPLICATION OF THE Z39.50 PROTOCOL IN DISTRIBUTED INFORMATION SYSTEMS.....	55
<i>Yermukhambetova F.A., Babanova A.T., Ashekenova A.A.</i> THE PROBLEM OF CONTINUITY IN THE STUDY OF THE TOPIC "FUNCTION" BETWEEN SCHOOL AND UNIVERSITY	66
<i>Zhumadilov R.E., Zhunisbekov A.T., Orazbayev S.A., Gabdullin M.T.</i> OBTAINING OF COPPER NANOPARTICLES IN COMBINED RF+DC DISCHARGE PLASMA.....	76
<i>Юров В.М., Маханов К.М., Салькеева А.К., Кусенова А.С.</i> SURFACE ENERGY ANISOTROPY OF CUBIC HIGH-ENTROPY ALLOYS AND COATINGS.....	82
<i>Seitkulov Y.N., Ospanov R.M., Yergaliyeva B.B.</i> ON CRYPTOGRAPHIC PROPERTIES OF S-BOXES.....	96
<i>Amirgaliyev Y.N., Bukenova I.N.</i> ANALYSIS OF THE PSYCHOEMOTIONAL STATE OF A PERSON BY VIDEO.....	104
<i>Dikhanbaev K.K., Bekezhanova A.B., Ikramova S.B., Khaniev B.A., Tleubaeva I.S.</i> OPTOELECTRONIC AND NANOSIZED FEATURES OF NANOSTRUCTURED POROUS SILICON....	110

Chemical and metallurgical sciences

<i>Nurtazina N.D., Syzdykova L.I.</i> KINETICS OF BORNITE LEACHING IN THE PRESENCE OF GLYCINE.....	117
<i>Turganbay A.B., Nazhipkyzy M., Zhaparova A.A., Sultakhan Sh.</i> PRODUCTION OF LIGNIN FIBERS FROM SAWDUST BY ELECTROSPINNING.....	127
<i>Malgazhdarova M., Berkinbayeva A.</i> OBTAINING DISSIPATIVE ALLOYS WITH MINIMAL ALLOYING.....	133
<i>Sagimbayeva Sh.Zh., Shunkeyev K.Sh., Tarkovsky V.V., Herman A.E., Sergeev D.M., Tastanova L.K., Ubayev J.K.</i> ELECTROHYDRAULIC METHOD OF KAZAKHSTAN NATURAL DIATOMITE ENRICHMENT	138
<i>Nurgali N.Z., Kelamanov B.S., Tazhiyev Ye.B., Zayakin O.V.</i> THERMODYNAMIC-DIAGRAM ANALYSIS OF A FOUR-COMPONENT FERROSILICOCYRCONIUM (Fe-Zr-Al-Si) SYSTEM) CONSIDERING CONGRUENT CONNECTIONS.....	151

Technical Sciences

<i>Manat S.M., Yugay V. V.</i> POWER QUALITY ANALYSIS STUDY OF SINGLE PHASE INVERTER.....	159
<i>Kamzanov N.S., Kozbagarov R.A., Zhussupov K.A., Esirkep D.O., Kaliyev E.B.</i> ANALYSIS OF EXISTING AUTOMATIC CONTROL SYSTEMS FOR THE CRUSHING PROCESS.....	165
<i>Bekbaev A.B., Sheryshev V.P., Sarsenbaev E.A., Kalikasov N.T.</i> INTELLECTUALIZATION OF THE PROCESS OF MEASURING THE TEMPERATURE OF INACCESSIBLE SURFACES OF ELECTRIC CONTACT CONNECTIONS.....	172
<i>Nurlybayev R.E., Zhuginisov M.T., Zhumadilova Zh.O., Orynbekov Ye.S., Khamza E.E., Sangulova I.B.</i> INVESTIGATION OF THE EFFECT OF DIATOMITE AND BENTONITE CLAYS ON THE PROPERTIES OF LOCAL LOAM-BASED PRODUCTS.....	180
<i>Kalekeyeva M.E., Litvinov Y.G.</i> HUNTING HINGES FOR AIR MANIPULATORS.....	196
<i>Zhamanbalin M.B.</i> ABOUT PRODUCTION OF REFERENCE MEASURES OF HARDNESS IN KAZAKHSTAN.....	205

Редактор:
Г.А. Буршукова
Верстка на компьютере:
Л.Т. Касжанова

Заказ № 274

Адрес редакции:
ул. Сатпаева, 22, тел. 292-63-46
<https://vestnik.satbayev.university/index.php/journal/>

Издательство «PolyTech»
Казахского национального исследовательского
технического университета имени К.И. Сатпаева