



TEMIR TAU TECH
UNIVERSITY

Қарағанды мемлекеттік
индустриялық университетінің
ХАБАРШЫСЫ

ВЕСТНИК
Карагандинского государственного
индустриального университета

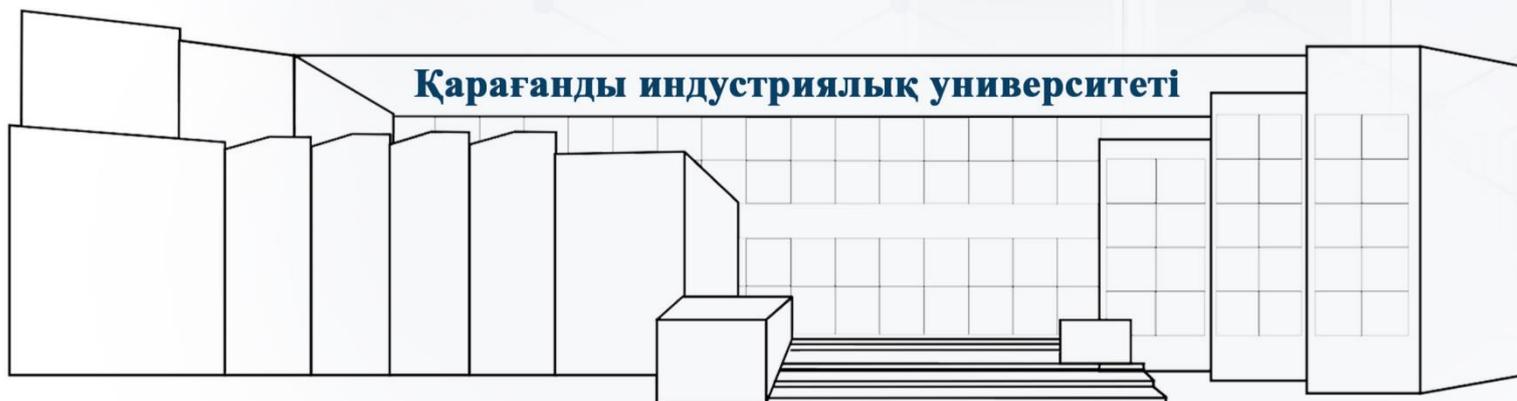
BULLETIN
of the Karaganda state
industrial university

<https://ttu.edu.kz/ru/vestnik-kariu/>

3

(50) 2025

Қарағанды индустриялық университеті



ISSN 2309-1177

Основан в 1991 году
Переименован в 2001 г. и 2013 г.

Периодичность 4 раза в год
№ 3 (50) 2025 г.

РЕСПУБЛИКАНСКИЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

**«ВЕСТНИК КАРАГАНДИНСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
ИНДУСТРИАЛЬНОГО УНИВЕРСИТЕТА»**

Главный редактор – Б. Жаутиков
Ректор, доктор технических наук, кандидат технических наук, профессор энергетики

«Қарағанды мемлекеттік индустриялық университетінің хабаршысы»

«Qaraǵandy memlekettik indýstrialyq úniversitetiniń habarshysy»

Журнал зарегистрирован в Министерстве культуры и информации Республики Казахстан (регистрационное свидетельство № 13579-Ж от 30.04.2013 г.)

Основная тематическая направленность: публикация результатов научных исследований по широкому спектру проблем в металлургии, технологии новых материалов, строительстве, машиностроении, технологических машинах и транспорте, энергетике, автоматизации и вычислительной технике, экономике, химической технологии, безопасности жизнедеятельности, общеобразовательных фундаментальных (базовых) дисциплинах.

Языки публикаций: казахский, русский, английский.

Периодичность: 1 раз в квартал (4 раза в год).

Собственник: Некоммерческое акционерное общество «Карагандинский индустриальный университет»

Главный редактор

Жаутиков Бахыт Ахатович	<i>Председатель Правления-Ректор НАО «Карагандинский индустриальный университет», к.т.н., д.т.н., профессор энергетики, главный редактор</i>
Редакционная коллегия	
Белов Николай Александрович	<i>Директор инжинирингового центра ИЛТМ при кафедре «Технология литейных процессов» Национального исследовательского технологического университета «Московский институт стали и сплавов», д.т.н., профессор, Россия</i>
Ким Александр Сергеевич	<i>Главный научный сотрудник лаборатории БОР Химико-металлургического института им. Ж. Абишева, д.т.н., Казахстан</i>
Павлов Александр Васильевич	<i>Профессор кафедры «Металлургия стали и ферросплавов» Национального исследовательского технологического университета «Московский институт стали и сплавов», д.т.н., Россия</i>
Панин Евгений Александрович	<i>Доцент кафедры «Обработка металлов давлением» НАО «Карагандинский индустриальный университет», PhD, Казахстан</i>
Riad Taha Al-Kasasbeh	<i>Профессор Прикладного университета Al-Balqa (Al-Balqa' Applied University), PhD, г. Амман, Иордания</i>
Richard Fabik	<i>Профессор кафедры «Обработка материалов» Технического университета, PhD, г. Острава, Чехия</i>
Syed Abdul Rahman Al-Haddad	<i>Профессор факультета компьютерных и коммуникационных систем, Universiti Putra Malaysia (UPM), д.т.н., PhD, Малайзия</i>
Ответственный секретарь	
Кунаев Вячеслав Александрович	<i>Директор Департамента науки и инновации НАО «Карагандинский индустриальный университет», Казахстан</i>

Наименование типографии, её адрес и адрес редакции:

ДЦТ Карагандинского индустриального университета,
101400 г. Темиртау, Карагандинская обл., пр. Республики, 30.

СОДЕРЖАНИЕ

	стр
Раздел 1. Металлургия, технологии новых материалов	6
1.1 Ж.З. Сарсенова, Ю. Онуралп Аддитивті өндіріс үшін металл ұнтақтарын жасау технологиялары.....	7
1.2 Н.Н. Зобнин, Д.К. Рахимжанов Кальций магниймен қорғасыннан висмутты жою бойынша эксперименттік зерттеу.....	14
1.3 А.Х. Харисович, П.Л. Цыба Металл және бетон конструкцияларын 3D басып шығарудың тиімділігін зерттеу.....	22
1.4 С. Кулидан, А.Қ. Қасымова, М.С. Seref Графен және оның электрондық құрылғылардағы перспективалары.....	30
Раздел 2. Машиностроение, технологические машины и транспорт, строительство	36
2.1 К.А.Ногаев, С.Ж.Кыдырбаева, А.С. Авилкин Исследование динамических процессов в одновалковой зубчатой дробилке с ударным воздействием.....	38
2.2 К.А. Азимбаев, А.Р. Камарова Инновациялық технологиялардың маңызы бейінді пәндерді оқытуда	49
2.3 К.Н. Муртазаев, А.Е. Майкенов, А.В. Сладковский Мұнай баллондарын басқарудағы ақылды технологиялар	55
2.4 Ж.А.Ашкеев, Н.Ж. Аманжолов Металдарды қысыммен өңдеу үрдістерінде күш-энергия параметрлерін анықтау үшін шекті айырмашылық әдісін қолдану.....	59
Раздел 3. IT-технологии, энергетика, автоматизация и вычислительная техника.....	65
3.1 А.А. Смайл, К.К. Смагулова, А.О. Романец, В.Д. Барановский, М.Л. Барановская Имитационное исследование управляемого реакторного компенсатора.....	66
3.2 Ж.А. Жунусов ChatGPT шабуылдарына қарсы тұру әдістерін әзірлеу.....	78
3.3 Ж.С. Дүйсенбек, С.Н. Камарова, В.М. Дружинин, А. Д. Кот МикроГЭС-ке арналған синхронды генераторды диагностикалау кешенін әзірлеу.....	88
3.4 С.Е. Адилькешев, В.Г. Носов, А.М. Утеев, Ж.И. Титова DLP жүйелерінің жедел хабаршыларда деректердің ағып кетуін болдырмаудағы тиімділігі.....	98
3.5 Д.М. Амангельды, В.Д. Николенко FPGA негізіндегі эллиптикалық қисықтарды есептеу.....	106
3.6 Э.В. Харин MAC қауіпсіздігіндегі протоколдары және оның желілік қауіпсіздігіндегі рөлі.....	111

3.7	<i>B.C. Луценко, Ю.С. Клопов, А.У. Алжанов</i> <i>SPRING FRAMEWORK және POSTGRESQL негізіндегі</i> <i>микроқызметтерде деректердің дәрістілігін қамтамасыз етудің</i> <i>тиімді әдістері.....</i>	118
Раздел 4. Экономика. Общеобразовательные, социально-гуманитарные и фундаментальные дисциплины		124
4.1	<i>A.W. Fayeze Wazani, Z.S. Gelmanova, A.K. Nurgaliyeva</i> <i>Integration of payroll projects into the system of banking services for</i> <i>corporate clients.....</i>	125
4.2	<i>Z S. Gelmanova, M.A. Latypova, I.E. Volokitina, A.W. Fayeze Wazani, I.A.</i> <i>Davletshin</i> <i>Risk-oriented approach to inventory management of a processing enterprise:</i> <i>from accounting to strategic decisions (on the example of «qarmet llc</i> <i>recycling »)</i>	131
4.3	<i>Z.S. Gelmanova, A.W.F. Wazani</i> <i>CHALLENGES AND PROSPECTS OF INTERCULTURAL COMMUNICATION</i> <i>IN THE PROFESSIONAL ENVIRONMENT: HOW TO AVOID THE TOWER</i> <i>OF BABEL</i> <i>EFFECT.....</i>	140
4.4	<i>Е.Ю. Гребенников, Е.С. Саулетов</i> <i>Биоэлектрлік феномендер мен олардың тірі организмдерде</i> <i>қолданылуы</i>	152
4.5	<i>Т.Р. Толенов, Н.К. Кусаинов</i> <i>Жердің магнит өрісінің құрылымы мен ғаламшардағы тіршілікке әсері...</i>	156
4.6	<i>Д.А. Валеев, А.А. Ильин, З.С. Гельманова, И.А. Малига</i> <i>ОПТИМИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ПЛАНОВО-ПРЕДУПРЕДИТЕЛЬНЫХ</i> <i>РЕМОНТОВ ЭНЕРГООБОРУДОВАНИЯ НА АО «QARMET».....</i>	160
4.7	<i>А.С. Жантенова</i> <i>Микроорганизмдер көмегімен пластикалық қалдықтардың</i> <i>биодеградациясын зерттеу.....</i>	167
4.8	<i>Д.Б. Абуов, М.Р. Алиев</i> <i>Цифрлық экономиканың дамуы және оның еңбек нарығына әсері.....</i>	178
Раздел 5. Химические и фармацевтические технологии. Безопасность жизнедеятельности		185
5.1	<i>А.Н. Умбетбаева, А.С. Утегул</i> <i>Гидротермиялық ыстық престаеу әдісімен мыс ортофосфатының</i> <i>және циклотетрафосфаттың массаларының синтезіне механикалық</i> <i>химиялық әсерлер.....</i>	186
5.2	<i>А.М. Ахметалимов</i> <i>Перспективы использования наноматериалов в катализе для</i> <i>экологически чистых химических процессов.....</i>	194
Сведения об авторах.....		200
Правила оформления и предоставления статей.....		202

Раздел 1

**Металлургия,
технологии новых
материалов**

Раздел 1. «Металлургия, технологии новых материалов»

FTAMP 53.39.15
ӘОЖ 669.018.44

DOI [10.53002/063](https://doi.org/10.53002/063)

Ж.З. Сарсенова¹, Ю. Онуралп²

¹Карагандинский индустриальный университет, г. Темиртау, Казахстан
(E-mail: zh.sarsenova@tttu.edu.kz)

²Istanbul Technical University, г. Стамбул, Турция
(E-mail: yucel@itu.edu.tr)

Аддитивті өндіріс үшін металл ұнтақтарын жасау технологиялары

Аддитивті өндіріс немесе 3D басып шығару, мысалы, аэроғарыш өнеркәсібінде бөлшектерді болашақта өндіру мен жөндеуге қатысты назар аударды және күтуді арттырды. Компоненттерге арналған металл қорытпаларын тұндыру үшін әртүрлі әдістер қолданылған. Бұл тұрақтылық тұрғысынан үлкен артықшылықтар бере алады, атап айтқанда, жеңіл салмақ түсірудің жаңа мүмкіндіктері. Дегенмен, пайдалану кезеңінен тыс тұрақтылық артықшылықтары туралы шешілмейтін сұрақтар бар. Бұл мақалада INCONEL 718 көмегімен өндірілген мәліметтер үшін материал мен өндірістің өмірлік циклінің кезеңдері зерттелді. ARCAM A2X электронды сәулені балқыту жүйесінен алынған энергия өлшемдері ұсынылған және шикізаттың нақтыланған энергиясы мен жанама CO₂-шығарындыларымен, сондай-ақ дәстүрлі шегеруші өндіріспен салыстырылған. Металл ұнтағы өндірісі де, қоспаларды өндіру процесінің өзі де жалпы энергияны пайдалану мен шығарындыларға айтарлықтай үлес қосатыны анықталды. Эшбидің тұрақты дамуды бағалаудың 5 қадамдық әдісі қосымша өндірістің экономикалық және әлеуметтік салдарын қысқаша талқылау үшін қолданылады.

Түйін сөздер: Аддитив, өндіріс, EBM.

Kipicne

Аддитивті өндірісті (AM) енгізу тұрақты дамудың барлық үш өлшеміне әсер ететін өнеркәсіптік өндірістің көптеген салаларын бұзушы өзгерістерді қамтамасыз етеді деп күтілуде; экономикалық, әлеуметтік және экологиялық. AM қазірдің өзінде техникалық қызмет көрсету құнын төмендету және кейбір өнімдердегі бөлшектердің санын азайту үшін қолданылады [1]. Жаңа геометриялар мен жеңілдетілген құрамдас бөліктер 2025 жылға қарай өндірістегі шығындарды жүздеген миллиард АҚШ долларына төмендетеді [2]. Бұл көптеген өнімдерді жеткізу тізбегін өзгерте отырып, цифрланған, икемді және жергілікті бөлшектерді өндіруге мүмкіндік береді. Көлік және аэроғарыш секторларындағы жеңіл салмақ отын шығынын, демек, CO₂ шығарындыларын азайтса да, Париж келісімі сияқты парниктік газдарды азайту бойынша халықаралық мақсаттарды орындау үшін жалғыз бұл жеткіліксіз болады. Керісінше, бұл эмиссиялық мақсаттар енді сәтсіздікке ұшырауы мүмкін [3]. Демек, айтарлықтай қысқартулар қазбадан жаңартылатын отынға көшуді талап етеді. Егер бұлай болса, өнімнің өмірлік циклінің материалдары мен өндірістік фазаларынан энергияны пайдалану мен шығарындылардың маңызы артады. Сондай-ақ, өндірушілер бәсекеге қабілеттілік ретінде өндірісте жасыл тіркелгі деректерін пайдаланатын жағдайды елестетуге болады. Демек, AM тұрақтылыққа қалай әсер ететінін зерттеу маңызды.

Брундтланд анықтаған тұрақты даму үш негізгі өлшем бойынша түсіндірілді: экономика, қоғам және қоршаған орта. Бұл үш Р терминологиясын шабыттандырды: People, Planet және Profit (немесе өркендеу) және үштік қорытынды есеп [4]. Технологиялар мен процестердің тұрақты дамуын бағалаудың прагматикалық әдісін, ең алдымен, білім беру контекстінде Эшби мен әріптестері ұсынған [5]. Бұл әдістемеді тұрақтылықтың үш өлшемі бөлек және активтерге ұқсас қарастырылады. Пайданы білдіретін қаржылық капитал, планетаны бейнелейтін табиғи капитал және адамдарды

Раздел 1. «Металлургия, технологии новых материалов»

бейнелейтін адам капиталы. АМ осы үш астанаға қалай әсер ететінін бағалау үшін қолайлы әзірleme болып көрінеді.

Бұл мақалада аэроғарыштық және көліктік қолданбаларға қатысты аддитивті өндіріс процестеріне қысқаша салыстырмалы шолу берілген. Тек металл ұнтақтарымен өндіру қарастырылады. Мысал ретінде Электрондық сәулені балқыту жүйесінен энергия өлшемдері берілген және тұрақтылыққа салдары талқыланады.

Методология

ASTM 7 түрлі АМ процесінің санаттарын анықтады: ұнтақ қабатын біріктіру, тікелей энергияны тұндыру, материалды экструзия, фотополимерлеу, байланыстырғыш ағыны, материалды ағындылау және паракты ламинациялау [6]. Олардың ішінде экструзия, фотополимеризация және материалды ағындылау металдарға қолданылмайды. Металл бөлшектеріне арналған ең танымал үш арнайы әдіс - селективті лазерлік балқыту (SLM), электронды сәулемен балқыту (EBM) және тікелей энергияны тұндыру (DED). Осы үшеуі, сондай-ақ Байланыстырғыш Jetting барлығы шикізат ретінде металл ұнтақтарымен жұмыс істей алады. Ұнтақ қабаты технологиялары және тұндыру технологияларына бөлу төмендегі 1-суретте көрсетілген.



Сурет 1. Кейбір негізгі қоспаларды өндіру технологияларының схемалық шолуы.

Зерттеу нәтижелері

Қайта өңделген шикізат пен ұнтақтың маңыздылығы келесі бөлімде қысқаша талқыланады. Тың материалдан ұнтақ АМ процесі арқылы өндірілген бөлшекті өндіруге дейінгі энергияны пайдалану тізімі мыналарды қамтиды:

- 1) Тау-кен өндіруден шикізатқа дейінгі материалдық өндіріс, соның ішінде көлік және т.б.
- 2) Ұнтақты өндіру, мысалы, балқытуды қоса, шикізатты атомизациялау арқылы
- 3) АМ жүйесіндегі металл ұнтағын балқыту/балқыту үшін берілетін энергия

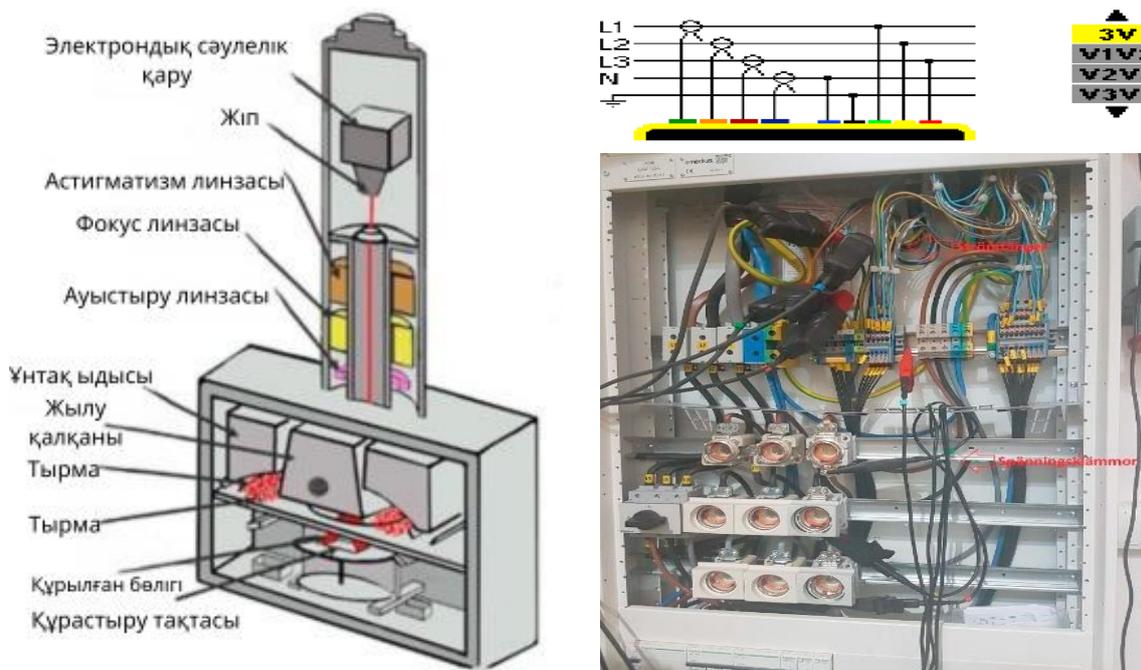
Бірінші нүкте оның рудаларынан немесе шикізаттарынан дайындамаларды немесе құймаларды жасау үшін қажетті энергияны білдіреді. Ол CES Selector [7] деректері арқылы қарастырылды, ол INCONEL 718 суперқорытпасының көлемді қорының және CO₂ ізінің өрнектелген қуатын бағалауды қамтамасыз етеді. Бұл деректер базасы аэроғарыш өнеркәсібінде кеңінен қолданылатын белгіленген деректерден тұрады [8]. Ол Life Cycle Assessment дерекқорлары (ILCD, Ecoinvent), өнеркәсіптік қауымдастықтардың (Дүниежүзілік болат қауымдастығы, Еуропалық алюминий қауымдастығы, т.б.) жалпыға қолжетімді экологиялық есептердің анықтамалық

Раздел 1. «Металлургия, технологии новых материалов»

құжаттары, сондай-ақ ғылыми жарияланымдар сияқты жаңартылған және сенімді дереккөздерге кеңес беру арқылы әзірленді.

Екінші тармақ бойынша INCONEL 718 бойынша сандық деректер әдебиетте табылмады, сондықтан ұқсас суперқорытпадан (NISTELLE 625) жарияланған мәндер пайдаланылды [9]. Соңында, үшінші нүкте келесі бөлімде сипатталған құрылымды салу кезінде бір тәжірибелік өлшеу арқылы бағаланды.

Эксперименттік деректер ARCAM A2X Electron Beam Balting жүйесін пайдалана отырып, 5 күндік үздіксіз құрастыру барысында жиналды. Бұл 2а-суретте көрсетілген. 2б-суретте энергияны өлшеу зондтарының қосылуы көрсетілген.



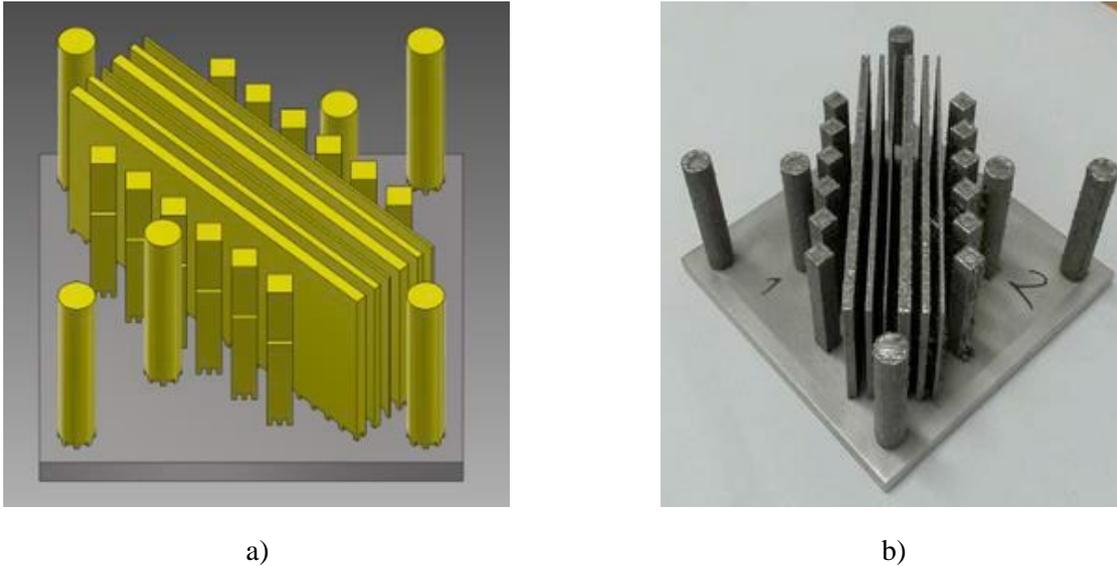
Сурет 2. (а) – ДМ негізіндегі АМ технологиясының схемалық суреті; (б) – кіріс энергия өлшемдеріне арналған зондтар.

Қоспаларды өндіру процесінде энергияны пайдалану СА көмегімен өлшенді. 8335 Энергия анализаторы. Бұл құрал үш фазаның кернеуі мен тогын, сондай-ақ белсенді және реактивті қуатты бақылайды. Деректер компьютерде сақталады және Power Analyzer Transfer 1 және 2 бағдарламалық құралымен (PAT1 және PAT2) талданады. Белгісіздік 1% шегінде. Дегенмен, токқа арналған жанаспайтын зондтар (MN88) максимум 5% белгісіздікке ие деп айтылады. Негізгі энергия тұтынушылары: жоғары вольтты құрылғы, вакуумдық сорғылар, жылу алмастырғыш және салқындату жабдықтары, тырмалау және сатыға арналған қозғалтқыштар, PLC және дисплей блогын қоса алғанда, ЭБМ тапаншасы. ЕБ/Жоғары вольтты құрылғы басым болатын жалпы энергия шығыны ғана өлшенді.

CES Selector дерекқорында бағаланған INCONEL 718 көлемді энергиясының жинақталған энергиясы 291-321 МДж/кг құрайды [7]. АМ процесіне арналған INCONEL 718 ұнтағын алу үшін атомизацияға арналған энергия жоғарыда айтылғандай әдебиетте табылған жоқ. Жақындау ретінде NISTELLE 625 мәнін қарастыруға болады, ол Fe азырақ, бірақ Cr мөлшері ұқсас Ni негізіндегі қорытпа болып табылады. Ол атомизация сатысы үшін 55,6 МДж/кг береді [9].

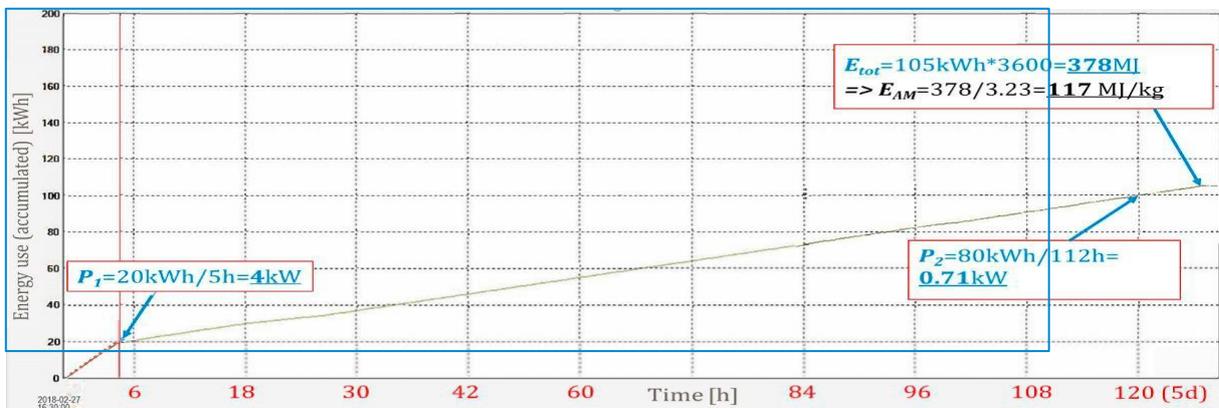
Өндірілген бөлшектердің геометриясы және толық 5 күндік құрастыру кезіндегі энергия өлшемдерінің нәтижелері сәйкесінше 3 және 4-суретте көрсетілген. Бөлшектің көлемі 392,5 см³, массасы 3,23 кг.

Раздел 1. «Металлургия, технологии новых материалов»



Сурет 3. (а) бөлшектің АЖЖ моделі; (b) ЕВМ депозитке салған Inconel 718 түпкілікті құрастыру.

Нәтижелер құрылысқа барлығы 378 МДж энергия жұмсалғанын көрсетеді, бұл бөлшекте 117 МДж/кг меншікті энергияға сәйкес келеді. Шамамен 5 сағатқа созылатын бастапқы кезең шамамен 4 кВт орташа қуатты пайдалануды көрсетеді. Одан кейін 112 сағаттық кезең басталады, ол азырақ қуатты қажет ететін балқыту сәулесін көрсетеді. Бұл кезеңнің орташа қуаты диаграммадан 0,71 кВт-қа бағаланады.



Сурет 4. ЭБМ негізіндегі қоспаларды өндіру жүйесі шығаратын белсенді қуат нәтижесінде жинақталған энергияны пайдалану.

Қоршаған орта үшін ең маңызды және, мүмкін, ең өзекті мәселелердің бірі - жаһандық жылыну және атмосферадағы парниктік газдардың шоғырлануы. Мазасыздықтың негізгі көзі өнеркәсіптік материалдар өндірісі, өндіріс және көлік жүйелері елеулі үлес қосатын энергияны пайдаланумен байланысты қазба CO₂ шығарындылары болып табылады. Осы АМ мысалындағы негізгі энергия үлесі шикізаттың іске қосылған энергиясы болып табылады. Бұл дереккорда [7] есептелген шығарындыларға сәйкес келеді, бастапқы INCONEL 718 бір кг үшін 16,6-18,3 кг CO₂, АМ процестері бұл ізді екі есе дерлік арттырады деп күтілуде. Қайта өңделген көлемді INCONEL 718 таза материалмен салыстырғанда CO₂ шығарындыларын шамамен 80%-ға азайтады [7], бұл дәстүрлі және қосымша өндіріс арқылы жасалған екі өнімге де пайдалы болады. Сол дерекқорға сәйкес, ағымдағы өнеркәсіптік жеткізілімде қайта өңделген фракция шамамен 30% құрайды [7].

Раздел 1. «Металлургия, технологии новых материалов»

АМ өнімдеріндегі меншікті энергияның төмендеуі шығындардың да, шығарындылардың да төмендеуіне әкелуі мүмкін болса да, CO₂ шығарындыларын энергия қоспасының қазба құрамдас бөлігін реттеу, яғни энергия жеткізушіні өзгерту немесе өндіріс орнын ауыстыру арқылы да азайтуға болады. Металл ұнтағын АМ процесінде қайта өңдеуге болатын болса ғана, қосымша өндірістің толық таза пішінді пайдасын жүзеге асыруға болады. Атомизация арқылы материалды қысқарту немесе қайта өндіру бұл артықшылықты азайтады. Сондықтан АМ процесінде пайдаланылмаған ұнтақты қайта өңдеу оның тұрақты жұмысының кілті болып табылады. SLM сияқты балама АМ технологиялары орташа алғанда салыстырмалы немесе одан да көп энергия тұтынатын ЕВМ [6].

Қорытынды

Бұл мысал металл ұнтағын қоспалар өндірісінің кейбір маңызды ерекшеліктерін суреттеп берді және оның тұрақтылығын бағалады. Суперқорытпалардың АМ үшін жоғары жалпы энергия тұтынуы табылды, бірақ оны азайтудың әмбебап тәсілі жоқ:

1) Шығындар мен шығарындыларды азайтуға мүмкіндік беретін өнімдердің салмағын азайту мүмкіндіктері бар. Huang және т.б. құрастырған жеңіл металдан жасалған ұшақ компоненттерін зерттеу. рефте [6] кәдімгімен салыстырғанда аддитивті өндірістің салмақтық артықшылықтары нақты геометрияларға байланысты айтарлықтай өзгеретінін көрсетті.

2) Ұнтақтарды өндіру үшін айтарлықтай энергия қажет, сондықтан оларды қалпына келтіру маңызды. Қалдықтарды азайтуға болады

субтрактивті өндіріспен салыстырғанда, бірақ бұл әрбір нақты жағдайға өте тәуелді. АМ өнімді қайта өндіру және техникалық қызмет көрсетудің жаңа мүмкіндіктері арқылы ресурстарды пайдалануды азайтуға ықпал ете алады.

3) Қосымша өндіріс кезінде уақыт пен энергия шығынына байланысты жаппай өндіріс әлі өміршең емес, өйткені

мысалмен көрсетілген. Қысқа мерзімде мамандандырылған геометриялар мен шағын көлемді өндіріс неғұрлым мүмкін болады.

Әдебиеттер тізімі

1. S. Ford, M., Despeisse, Additive manufacturing and sustainability: an exploratory study of the advantages and challenges, *Journal of Cleaner Production*, 137 (2016) 1573-1587.

2. M. Gebler, A. J. M. Schoot Uiterkamp, C. Visser, A global sustainability perspective on 3D printing technologies, *Energy Policy*, 74 (C) (2014) 158-167.

3. A. E. Raftery, A. Zimmer, D. M. W. Frierson, R. Startz, P. Liu, Less than 2° warming by 2100 unlikely, *Nature Climate Change* 7 (2017) 637.

4. J. Elkington, "Towards the sustainable corporation: Win-win-win business strategies for sustainable development," *California management review*, vol. 36, pp. 90-100, 1994.

5. M. F. Ashby, *Materials and Sustainable Development*, Butterworth-Heinemann, (Oxford, 2015).

6. K. Kellens, M. Baemers, T. G. Gutowski, W. Flanagan, R. Lifset, J. R. Duflou, Environmental Dimensions of Additive Manufacturing, *International Journal of Industrial Ecology*, 21 (2017) S49-S68.

7. CES Selector 2018 software including the *MaterialUniverse* database by Granta Design Ltd., Cambridge (UK)

8. S. M. Arnold, D. Cebon, and M. Ashby, "Materials Selection for Aerospace Systems," (2012) NASA/TM—2012-217411,

https://permanent.access.gpo.gov/gpo25016/20120001798_2012001776.pdf

9. J. L. Wilson, C. Piya, Y. C. Shin, F. Zhao, K. Ramani, Remanufacturing of turbine blades by laser direct deposition with its energy and environmental impact analysis, *Journal of Cleaner Production*, 80 (2014) 170-178.

10. A. E. Bonilla Hernández, T. Beno, C. Fredriksson, Energy and cost estimation of a feature-based machining operation on HRSA

Раздел 1. «Металлургия, технологии новых материалов»

Технологии изготовления металлических порошков для аддитивного производства

Аддитивное производство или 3D-печать привлекли внимание и повысили ожидания в отношении будущего производства и ремонта деталей, например, в аэрокосмической промышленности. Для осаждения металлических сплавов для компонентов использовались различные методы. Это может дать большие преимущества с точки зрения устойчивости, в частности, новые возможности для легкого веса. Однако есть нерешенные вопросы о преимуществах стабильности вне периода использования. В этой статье были изучены материалы и этапы жизненного цикла производства для данных, полученных с помощью INCONEL 718. Представлены измерения энергии, полученные от системы электронного луча плавления ARCAM A2X, и сравниваются с уточненной энергией сырья и косвенными выбросами CO₂, а также с традиционным производством дедукции. Было обнаружено, что как производство металлического порошка, так и сам процесс производства добавок вносят значительный вклад в общее потребление энергии и выбросы. 5-ступенчатый метод оценки устойчивого развития Эшби используется для краткого обсуждения экономических и социальных последствий дополнительного производства.

Ключевые слова: аддитивный, производственный, EBM.

Zh.Z. Sarsenova, Yu. Onuralp

Technologies for the manufacture of metal powders for additive manufacturing

Additive manufacturing or 3D printing, for example, has attracted attention and increased expectations in the aerospace industry regarding the future production and repair of parts. Various methods have been used to precipitate metal alloys for components. This can provide great advantages in terms of stability, in particular, new opportunities for light weight shooting. However, there are unsolvable questions about the benefits of sustainability beyond the use period. This article examined the stages of the material and production life cycle for the data produced using INCONEL 718. The energy measurements from the Arcam A2X electron beam fusion system are presented and compared with the refined energy and indirect CO₂-emissions of the raw material, as well as with traditional deductive production. It has been found that both metal powder production and the additive manufacturing process itself contribute significantly to overall energy use and emissions. Ashby's 5-step method for assessing sustainable development is used to briefly discuss the economic and social implications of additional production.

Keywords: additive, production, EBM.

References

1. S. Ford, M., Despeisse, Additive manufacturing and sustainability: an exploratory study of the advantages and challenges, *Journal of Cleaner Production*, 137 (2016) 1573-1587.
2. M. Gebler, A. J. M. Schoot Uiterkamp, C. Visser, A global sustainability perspective on 3D printing technologies, *Energy Policy*, 74 (C) (2014) 158-167.
3. A. E. Raftery, A. Zimmer, D. M. W. Frierson, R. Startz, P. Liu, Less than 2° warming by 2100 unlikely, *Nature Climate Change* 7 (2017) 637.
4. J. Elkington, "Towards the sustainable corporation: Win-win-win business strategies for sustainable development," *California management review*, vol. 36, pp. 90-100, 1994.
5. M. F. Ashby, *Materials and Sustainable Development*, Butterworth-Heinemann, (Oxford, 2015).
6. K. Kellens, M. Baumers, T. G. Gutowski, W. Flanagan, R. Lifset, J. R. Duflou, *Environmental*

Раздел 1. «Металлургия, технологии новых материалов»

Dimensions of Additive Manufacturing, International Journal of Industrial Ecology, 21 (2017) S49-S68.

7. CES Selector 2018 software including the *MaterialUniverse* database by Granta Design Ltd., Cambridge (UK)

8. S. M. Arnold, D. Cebon, and M. Ashby, "Materials Selection for Aerospace Systems," (2012) NASA/TM—2012-217411,

https://permanent.access.gpo.gov/gpo25016/20120001798_2012001776.pdf

9. J. L. Wilson, C. Piya, Y. C. Shin, F. Zhao, K. Ramani, Remanufacturing of turbine blades by laser direct deposition with its energy and environmental impact analysis, Journal of Cleaner Production, 80 (2014) 170-178.

10. A. E. Bonilla Hernández, T. Beno, C. Fredriksson, Energy and cost estimation of a feature-based machining operation on HRSA

Раздел 1. «Металлургия, технологии новых материалов»FTAMP 53.01.99
ӘОЖ 669.546:669.058.6DOI [10.53002/064](https://doi.org/10.53002/064)

Н.Н. Зобнин, Д.К. Рахимжанов

*Карагандинский индустриальный университет, г. Темиртау
(E-mail: n.zobnin@ttu.edu.kz, d.rakhimzhanov@ttu.edu.kz)***Кальций магниймен қорғасыннан висмутты жою бойынша эксперименттік зерттеу**

Қорғасынды висмут қоспасынан бөлу маңызды мәселе болып қала береді, тиімді бөлуге қол жеткізу вакуумды газдандыру әдісі арқылы жоғары таза қорғасынды өндіруде маңызды кедергі болып табылады. Бұл зерттеу зерттеудің негізгі пәні ретінде қорғасынға назар аударады, қорғасынды вакуумды газдандыру арқылы қосалқы түрлендіру бойынша теориялық және эксперименттік зерттеулер жүргізеді. Гиббс бос энергиясының есептеулері көрсеткендей, 600-ден 610 К дейінгі температура диапазонында қоспа висмут кальций және магниймен толық әрекеттеседі, нәтижесінде CaMg_2Bi_2 қосылысы түзіледі. Оңтайлы тәжірибелік жағдайларда висмут қосылысы CaMg_2Bi_2 BiCa_2 -ге айналады. Айта кету керек, BiCa_2 ұшпайтын және қалдық ретінде тигельде қалады. Көмекші кальций толығымен CaSe және CaTe -ге айналады, бұл ұшқыш заттардың құрамындағы кальций мөлшерінің 0,5%-дан 16 ppm-ге дейін төмендеуіне әкеледі. Сол сияқты ұшпа заттардағы магний мөлшері 0,66%-дан 187 промиллеге дейін төмендейді. Сайып келгенде, соңғы өнімдегі висмут мөлшері 6 ppm-ден 1,4 ppm-ге дейін төмендейді, 76,6% жою жылдамдығына жетеді, ал металл қорғасынының тікелей шығуы 71% жетеді. Бұл процесс металл қорғасынды висмут қоспаларынан бөлуді тиімді түрде жеңілдетеді.

Түйін сөздер: висмутты қорғасыннан вакуумда бөлу, адьювантты түрлендіру, вакуумды газдандыру, жоғары температурада диссоциациялау, бөлу және тазарту.

Кіріспе

Қорғасын - Pb химиялық белгісімен сипатталатын тығыз, соғылғыш металл. Оның жақсы икемділік, коррозияға төзімділігі және рентген сәулелерінен қорғау мүмкіндіктері сияқты елеулі қасиеттерге ие, бұл оның әртүрлі салаларда, соның ішінде аккумулятор өндірісінде, кабель қаптауында, автомобиль өндірісінде және әскери секторда кеңінен қолданылуына ықпал етеді [1,2,3,4,5]. Жоғары таза қорғасын жетілдірілген жоғары өнімді таза қорғасын батареялары мен көлденең батареялар үшін негізгі шикізат ретінде қызмет етеді. Оның маңыздылығы ядролық жылдам реакторлар және аэроғарыш сияқты салаларда барған сайын танылып, оны Қытайдағы дамудың маңызды саласы ретінде белгілейді. Вакуумды газдандыруды тазарту технологиясы 0,1 МПа төмен қысымда жұмыс істейтін вакуумды герметикалық жүйеде металдарды тазартуға, тазартуға және өңдеуге арналған металлургиялық тәсілді білдіреді. Бұл технология қорытпаларды бөлуде, металдарды терең тазартуда және қайталама ресурстарды тұрақты қалпына келтіруде кең қолданыс тапты [6,7,8,9,10]. 21 ғасырдың басынан бастап жасыл даму тұжырымдамасына мемлекет ерекше мән беріп, дәстүрлі қорғасынды тазарту процестеріне қиындықтар туғызды. Қорғасынды өрттен тазартудың дәстүрлі әдістеріне қатысты негізгі мәселелерге олардың ескірген технологиясы, айтарлықтай энергия тұтынуы және қоқыстарды өңдеудің жыл сайынғы айтарлықтай шығындарына әкелетін қоршаған ортаның айтарлықтай ластануы жатады. Жоғары сапалы материалдарға сұраныс артып келе жатқандықтан, вакуумды газдандыру технологиясы материалдың тотығуын тиімді азайту арқылы жоғары таза қорғасын материалдарын өндіруде айтарлықтай артықшылықтар береді, осылайша дәстүрлі отпен тазарту және ылғалды электролизді тазарту әдістерінің тиімділігінен асып түседі. Кальций мен магнийді пайдалана отырып, қорғасыннан висмут қоспаларын кетіруге қатысты зерттеулердің негізі терең және маңызды. Бұл технология 20 ғасырдың басында металл тазарту

Раздел 1. «Металлургия, технологии новых материалов»

саласында пайда болды, оның негізгі мақсаты кальций мен магний элементтерін қосу арқылы қорғасыннан висмут ластаушы заттарды тиімді жою. Бұл процесс қорғасынның тазалығы мен жалпы сапасын арттыруға бағытталған. Қорғасын – кеңінен қолданылатын өнеркәсіптік металл, әдетте батареяларды өндіруде, бояу өндірісінде және радиациядан қорғауды қамтамасыз етуде және басқа қолданбаларда қолданылады. Дегенмен, сульфидті кендерді балқыту және қорғасынды тазарту процестері кезінде висмут сияқты қоспалар оны жиі ластайды. Висмуттың болуы қорғасынның физикалық және химиялық қасиеттеріне, оның ішінде оның тығыздығына, қаттылығына және электр өткізгіштігіне теріс әсер етеді. Сонымен қатар, ол батареяның өнімділігін төмендету және жабындардың жылтырлығы мен адгезиясына нұқсан келтіру сияқты тәсілдермен қорғасынның кейінгі өңдеуі мен қолданылуына теріс әсер етуі мүмкін [11,12,13,14,15]. Демек, қорғасыннан висмут қоспаларын тиімді жою металл тазарту саласындағы маңызды тақырып болып қала береді.

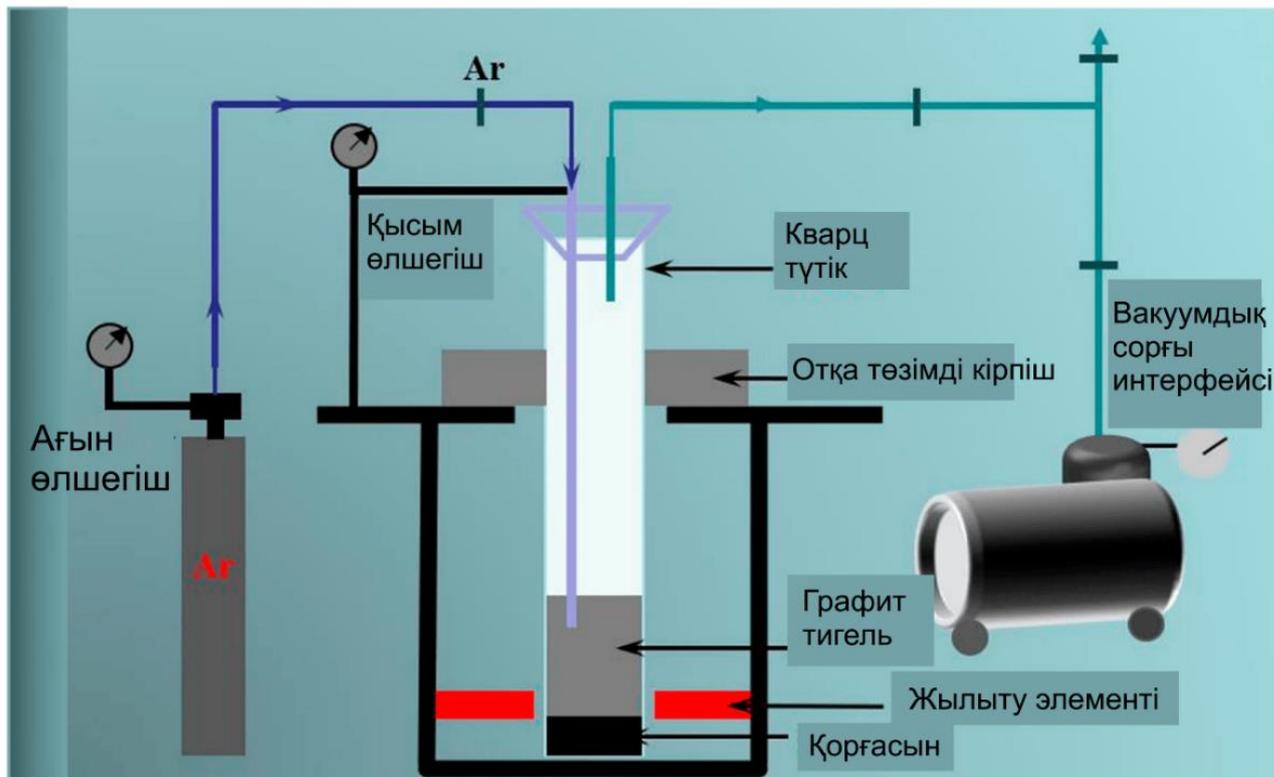
Висмутты кальций мен магнийді қолдану арқылы жою 20 ғасырдың басынан бері қорғасынды тазартудың тиімді технологиясы ретінде кеңінен зерттелді. Бұл әдіс кальций мен магнийдің қорғасындағы висмутпен отқа төзімді қосылыстар түзу қабілетіне негізделген, олар қорғасын ерітіндісінде ерімейді, сондықтан көбік түрінде жойылуы мүмкін. Бұл принципті анықтау және жүзеге асыру қорғасынды тазарту технологиясы саласын айтарлықтай алға жылжитты. Дегенмен, кальций мен магний висмутын жою әдісінің елеулі жетістіктеріне қарамастан, іргелі зерттеулер жеткіліксіз болып қала береді. Атап айтқанда, кальций мен магний концентрациясының, температураның және висмутты жоюдың тиімділігіне басқа да маңызды факторлардың әсерін, сондай-ақ осы процеске қатысатын негізгі механизмдерді түсіну үшін қосымша зерттеулер қажет [16,17,18,19]. Кальций мен магнийді пайдалана отырып, висмутты жою бойынша эксперименталды зерттеу осы процестің негізінде жатқан микроскопиялық механизмдерді ашып қана қоймайды, сонымен қатар висмутты жою тиімділігін арттыруға бағытталған процесс параметрлерін оңтайландыру үшін теориялық түсініктер мен практикалық нұсқауларды ұсынады. Сонымен қатар, температураның висмутты жоюға әсері зерттелді. Нәтижелер 1123 К-ден 1223 К-ге дейінгі температура диапазонында, жүйе қысымы 2-ден 5 Па-ға дейін және ұстау уақыты 3 сағатта қорғасыннан висмут қоспаларын кетіру жылдамдығы температураның жоғарылауымен жоғарылайтынын көрсетеді. Атап айтқанда, температура 1223 К-ден 1323 К-ге дейін көтерілген кезде висмут қоспаларының жойылу жылдамдығының айтарлықтай жоғарылауы байқалады, бұл оның ұшқыш заттардағы концентрациясының айтарлықтай төмендеуімен бірге жүреді. Бұл құбылысты анықтау процесс параметрлерін оңтайландыру және висмутты жою тиімділігін арттыру үшін үлкен маңызға ие.

Гиббстің бос энергиясы, көбінесе еркіндік энтальпиясы деп аталады, термодинамика саласындағы іргелі ұғым. Ол изотермиялық және изобарлық жағдайларда жүйенің көлемді емес жұмыстарды орындау мүмкіндігін сандық түрде анықтайды. Негізінде ол химиялық реакцияның немесе физикалық процестің өздігінен жүруге бейімділігі мен бағытын бағалайды. Гиббстің бос энергиясын есептеу реакциялардың өздігінен жүруін түсіндіруде ғана емес, сонымен қатар химиялық конструкцияны, материалдың дамуын және биологиялық процестерді ақпараттандыруда маңызды рөл атқарады.

Практикалық қолданбаларда Гиббстің бос энергиясын дәл есептеу реакциямен байланысты энтальпияның өзгеруін де, энтропияның өзгеруін де алдын ала анықтауды қажет етеді. Бұл мәндерді әдетте эксперименттік әдістер арқылы немесе тиісті әдебиеттерге жүгіну арқылы анықтауға болады. Күрделі химиялық жүйелер немесе көп сатылы реакциялар үшін әрбір жеке қадамдағы бос энергияның өзгеруін бағалау үшін термодинамикалық циклдарды қамтитын дәлірек тәсіл қолданылуы мүмкін. Гиббстің бос энергиясы реакциялардың өздігінен болуын болжау үшін құнды құрал болғанымен, бұл реакциялардың жылдамдығы мен кинетикасы туралы тікелей түсінік бермейтінін мойындау өте маңызды. Сонымен қатар, белгілі бір жағдайларда реакция бағытын дәлірек бағалау үшін қосымша факторлардың әсерін ескеру қажет [20,21,22]. Жалпы алғанда, Гиббстің бос энергиясын есептеу практикалық мәселелерді шешуге айтарлықтай көмек береді.

Методология

Раздел 1. «Металлургия, технологии новых материалов»



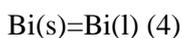
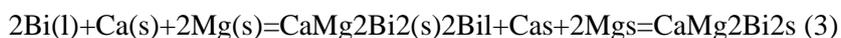
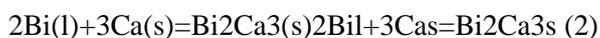
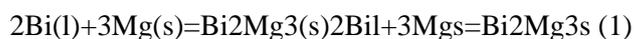
Сурет 1. Тік шахталы пештің құрылымдық схемасы.

Сурет 2. Сөндіруден кейінгі қорғасын-висмут қорытпасы.
Зерттеу нәтижелері

Металлдық кальций үшін оңтайлы қосу диапазоны металл қорғасынның жалпы массасының 0,10%-ы мен 0,13%-ы арасында, ал металл магний үшін оңтайлы қосу диапазоны металл қорғасынның жалпы массасының 0,35%-ы мен 0,45%-ы арасында. Металл кальцийдің концентрациясы 0,1%-дан төмен болғанда висмуттың кетіру тиімділігі 30%-дан аз болады. Керісінше, металл кальцийдің концентрациясы 0,13% асқанда, висмуттың жойылу тиімділігі 30% -дан төмен болып қалады, бұл оның одан әрі өспейтінін көрсетеді. Сол сияқты, магний концентрациясы 0,35% төмен болғанда, висмут қоспасын жою жылдамдығы 50% -дан аз, бірақ бұл жылдамдық көмекші магнийдің массалық үлесімен артады. Алайда, магний концентрациясы 0,45% асқанда, висмут қоспаларының жойылу жылдамдығының айтарлықтай өсуі байқалмайды. Нәтижелер кальций мен магнийдің висмут

Раздел 1. «Металлургия, технологии новых материалов»

қоспаларымен 600 К-ден 650 К-ге дейінгі температурада әрекеттесетінін көрсетеді, нәтижесінде қорғасын ерітіндісінің бетінде қалқып жүретін жеңіл қосылыстар пайда болады. Кальций, магний және висмут арасындағы реакцияның негізгі өнімі ерігіштік өнімі ұсынғандай CaMg_2Bi_2 болуы мүмкін. Температура 660 К-ге жеткенде, көмекші кальций және магний элементтері қорғасынмен, негізгі металлмен айтарлықтай мөлшерде әрекеттеседі, нәтижесінде қорғасын жұмсалады және қождың айтарлықтай мөлшері пайда болады. Бұл температурада металл висмут реакциясыз қалады. Дегенмен, кальций, магний және висмут қатысатын реакциялардың өнімдерін дәл анықтау үшін тиісті теориялық есептеулер мен сипаттау әдістері жетіспейді. Термодинамикалық мәліметтер негізінде [23], кальций-магний адьювантының конверсия реакциясынан Bi_2Mg_3 , Bi_2Ca_3 және CaMg_2Bi_2 генерациялау мүмкіндігін анықтау үшін химиялық реакцияның Гиббс бос энергиясы есептелді. Өнімнің бос энергиясы неғұрлым төмен болса, соғұрлым оның пайда болу ықтималдығы жоғары болады. $\text{Ca}(s)$, $\text{Bi}(s)$, $\text{Bi}(l)$ және басқа заттардың 600 К түзілудің стандартты бос энергиясы 1-кестеде көрсетілген. Адьювантты түрлендіру реакциясының түзілу теңдеуі келесідей берілген:



Кесте 1. $\text{Ca}(s)$, $\text{Bi}(s)$, $\text{Bi}(l)$ және басқа заттардың түзілуінің стандартты бос энергиясы, 600 К.

Субстанция	Стандартты түзілудің бос энергиясы кДж/моль (600 К)
Ca (s)	-27.94
Mg (s)	-22.66
Bi (s)	-38.34
Bi (l)	-39.49
Bi_2Mg_3 (s)	-22.56
Bi_2Ca_3 (s)	-154.48
CaMg_2Bi_2 (s)	-118.16

Бейорганикалық термодинамика нұсқаулығына сәйкес [24], 600 К-де висмут қоспасы қатты күйден сұйыққа фазалық ауысудан өтеді. Бейорганикалық термодинамика нұсқаулығында көрсетілген сұйық висмуттың түзілу энергиясы $-39,49$ кДж/моль. (1) - (3) теңдеулерде 600 К температурада берілген реакциялар үшін Гиббстің бос энергиясын есептей отырып, (1) теңдеудегі реакция үшін Гиббстің бос энергиясы $-22,56$ кДж/моль, ал (2) теңдеуде $-154,48$ кДж/моль, ал (113) теңдеу үшін - кДж/моль болатыны байқалады. Осы химиялық реакциялардың Гиббс бос энергия мәндеріне сүйене отырып, 600 К температурада көмекші элементтер, кальций мен магний висмут қоспасымен әрекеттесіп, Bi_2Ca_3 және CaMg_2Bi_2 сияқты қосылыстар түзе алады деп қорытынды жасауға болады. Айта кету керек, CaMg_2Bi_2 генерациялау ықтималдығы Bi_2Mg_3 өндіруге қарағанда айтарлықтай жоғары.

Қорытынды

Бұл мақалада вакуумдық металлургия принциптеріне негізделген металл қорғасынды тазартуға және металл қорғасынды висмут қоспаларынан вакуумда бөлуге байланысты маңызды мәселелерді

Раздел 1. «Металлургия, технологии новых материалов»

пешуге арналған жаңа көзқарас ұсынылған. Ұсынылған әдіс булану және ұшпалау арқылы көмекші түрлендіруді қолдануды қамтиды. Көмекші агенттер, атап айтқанда кальций мен магний және висмут қоспасы арасындағы конверсия реакциясы аргонды пайдаланып үрлеу және араластыру әдістерін қолдану арқылы күшейтіледі. Бұл процесс металдық қорғасындағы висмут қоспаларының қорғасыннан ерекшеленетін сипаттамаларын көрсететін күрделі қосылыстарға айналуын жеңілдетеді. Кейіннен висмут вакуумды булану арқылы тиімді бөлінеді, нәтижесінде жоғары таза қорғасын алынады. Бұл әдіс жетекші өнеркәсіпті, энергетикалық секторды және жаңа материалдар өнеркәсібін жоғары сапалы ілгерілету үшін үлкен маңызға ие.

Бұл зерттеудің негізгі қорытындысы: кальций мен магний адьюванттары мен висмут қоспасы арасындағы реакцияның өнімі Гиббстің бос энергиясының есебіне сәйкес CaMg_2Bi_2 болып табылады, ол белгілі бір жағдайларда, атап айтқанда жүйе қысымы 2-ден 5 Па-ға дейінгі жүйе қысымында, газдану температурасы 23 сағ және 23-қа дейін созылады. BiCa_2 ұшпалығымен сипатталады және ол тигель ішінде қалдық ретінде жиналады. Висмут қоспасының аздаған мөлшері булануды жалғастырады, нәтижесінде оның ұшқыш заттағы концентрациясы 4,85%-дан 1,81%-ға дейін төмендейді. Көмекші кальций толығымен CaSe және CaTe -ге айналады, бұл ұшқыш заттағы кальций мөлшерінің 0,5%-дан 16 ppm-ге дейін төмендеуіне әкеледі. Сонымен қатар, ұшпа заттағы магний мөлшері 0,66%-дан 187 промиллеге дейін төмендейді. Атап айтқанда, бастапқы металл, қорғасын, вакуумды газдандыру процесінде айтарлықтай мөлшерде буланып, кейіннен конденсаторлық ыдыста қатты күйде жиналады. Соңғы өнімдегі висмут мөлшері 6 ppm-ден 1,4 ppm-ге дейін төмендейді, бұл ретте металды түзу шығымы 71% құрайды, осылайша қорғасынды висмут қоспасынан тиімді бөлуді жеңілдетеді.

Әдебиет тізімі

1. Carrère, T.; Khalid, U.; Baumann, M.; Bouzidi, M.; Allard, B. Carbon footprint assessment of manufacturing of synthetic graphite battery anode material for electric mobility applications. *J. Energy Storage* 2024, 94, 112356.
2. Romero, A.; Urrea, O.; Blecua, M.; Ocón, P.; Valenciano, J.; Trinidad, F. Effect on water consumption by metallic impurities into electrolyte of lead-acid batteries. *J. Energy Storage* 2021, 42, 103025.
3. Qi, L.; Wang, Y.; Kong, L.; Yi, M.; Song, J.; Hao, D.; Zhou, X.; Zhang, Z.; Yan, J. Manufacturing processes and recycling technology of automotive lithium-ion battery: A review. *J. Energy Storage* 2023, 67, 107533.
4. Yolshina, L.A.; Yolshina, V.A.; Yolshin, A.N.; Plaksin, S.V. Novel lead-graphene and lead-graphite metallic composite materials for possible applications as positive electrode grid in lead-acid battery. *J. Power Sources* 2015, 278, 87–97.
5. Feng, B.; Long, T.; Li, R.; Ding, Y.L. Rationally constructing metallic Sn-ZnO heterostructure via in-situ Mn doping for high-rate Na-ion batteries. *Chin. Chem. Lett.* 2025, 36, 110273.
6. Zhou, W.; Li, J.; Bian, Y.; Han, X.; Guan, R. Exploration of deep purification of aluminum alloy in vacuum based on adsorption of oxides by hydrogen bubbles. *Vacuum* 2024, 229, 113594.
7. Wang, S.; Chen, L.; Xu, B.; Jiang, W.; Kong, L.; Yang, B.; Xiong, H.; Qu, C.; Zhang, T.; Zhang, S.; et al. Theoretical calculation and experimental investigation on vacuum gasification separation of Ag-Cu-Au ternary alloy. *J. Alloys Compd.* 2023, 948, 169685.
8. Ghodsi, A.; Fashandi, H. Influence of photothermal nanomaterials localization within the electrospun membrane structure on purification of saline oily wastewater based on photothermal vacuum membrane distillation. *J. Environ. Manage* 2024, 366, 121866.
9. Wan, H.; Xu, B.; Yang, B.; Zhao, J.; Dai, Y. The impurities distribution and purification efficiency of high-purity aluminum preparation by zone melting in vacuum. *Vacuum* 2020, 171, 108839.
10. Qiu, S.; Wen, S.; Fang, M.; Zhang, L.; Gan, C.; Jiang, D.; Tan, Y.; Li, J.; Luo, X. Process parameters influence on the growth rate during silicon purification by vacuum directional solidification. *Vacuum* 2016, 125, 40–47.

Раздел 1. «Металлургия, технологии новых материалов»

11. Ngulezhu, T.; Abdulkarim, A.S.; Rawat, S.; Singh, R.C.; Singh, P.; Singh, D.; Strzałkowski, K.; Srivastava, M. Stable lead free perovskite solar cells based on bismuth doped perovskite materials. *Chem. Phys. Impact* 2024, 9, 100689.
12. Hu, W.; He, X.; Fang, Z.; Lian, W.; Shang, Y.; Li, X.; Zhou, W.; Zhang, M.; Chen, T.; Lu, Y.; et al. Bulk heterojunction gifts bismuth-based lead-free perovskite solar cells with record efficiency. *Nano Energy* 2019, 68, 104362.
13. Jain, S.M.; Phuyal, D.; Davies, M.L.; Li, M.; Philippe, B.; De Castro, C.; Qiu, Z.; Kim, J.; Watson, T.; Tsoi, W.C.; et al. An effective approach of vapour assisted morphological tailoring for reducing metal defect sites in lead-free, $(\text{CH}_3\text{NH}_3)_3\text{Bi}_2\text{I}_9$ bismuth-based perovskite solar cells for improved performance and long-term stability. *Nano Energy* 2018, 49, 614–624.

Н.Н. Зобнин, Д.К. Рахимжанов

Экспериментальное исследование по удалению висмута из свинца с кальцием магнием

Отделение свинца от смеси висмута остается серьезной проблемой, достижение эффективного разделения является важным препятствием для производства свинца высокой чистоты с помощью метода вакуумной газификации. Это исследование фокусируется на свинце как на основной дисциплине исследования, проводя теоретические и экспериментальные исследования вторичного преобразования свинца с помощью вакуумной газификации. Расчеты свободной энергии Гиббса показывают, что в диапазоне температур от 600 до 610 К соединение висмут полностью реагирует с кальцием и магнием, в результате чего образуется соединение CaMg_2Bi_2 . В оптимальных экспериментальных условиях соединение висмута превращается в $\text{CaMg}_2\text{Bi}_2 \text{ BiCa}_2$. Следует отметить, что BiCa_2 не летает и остается в тигле в качестве остатка. Вспомогательный кальций полностью превращается в CaSe и CaTe , что приводит к снижению содержания кальция в летучих веществах с 0,5% до 16 ppm. Точно так же содержание магния в летучих веществах снижается с 0,66% до 187 частей на миллион. В конечном итоге содержание висмута в конечном продукте снижается с 8 ppm до 1,4 ppm, достигая скорости удаления 76,6%, а прямой выход металлического свинца достигает 71%. Этот процесс эффективно облегчает отделение металлического свинца от примесей висмута.

Ключевые слова: вакуумное отделение висмута от свинца, адьювантное преобразование, вакуумная газификация, высокотемпературная диссоциация, разделение и очистка.

N.N. Zobnin, D.K. Rakhimzhanov

Experimental study on the removal of bismuth from lead with calcium magnesium

The separation of lead from the bismuth mixture remains a serious problem, and achieving effective separation is an important obstacle to the production of high-purity lead using the vacuum gasification method. This research focuses on lead as a core research discipline, conducting theoretical and experimental studies on the secondary conversion of lead through vacuum gasification. Gibbs free energy calculations show that in the temperature range from 600 to 610 K, the bismuth compound completely reacts with calcium and magnesium, resulting in the formation of the CaMg_2Bi_2 compound. Under optimal experimental conditions, the bismuth compound is converted to $\text{CaMg}_2\text{Bi}_2 \text{ BiCa}_2$. It should be noted that BiCa_2 does not fly and remains in the crucible as a residue. Auxiliary calcium is completely converted into CaSe and CaTe , which leads to a decrease in the calcium content in volatile substances from 0.5% to 16 ppm. Similarly, the magnesium content in volatile substances is reduced from 0.66% to 187 ppm. Eventually, the bismuth content in the final product decreases

Раздел 1. «Металлургия, технологии новых материалов»

from 6 ppm to 1.4 ppm, reaching a removal rate of 76.6%, and the direct yield of metallic lead reaches 71%. This process effectively facilitates the separation of metallic lead from bismuth impurities.

Keywords: vacuum separation of bismuth from lead, adjuvant transformation, vacuum gasification, high-temperature dissociation, separation and purification.

References

1. Carrère, T.; Khalid, U.; Baumann, M.; Bouzidi, M.; Allard, B. Carbon footprint assessment of manufacturing of synthetic graphite battery anode material for electric mobility applications. *J. Energy Storage* 2024, *94*, 112356.
2. Romero, A.; Urra, O.; Bleuca, M.; Ocón, P.; Valenciano, J.; Trinidad, F. Effect on water consumption by metallic impurities into electrolyte of lead-acid batteries. *J. Energy Storage* 2021, *42*, 103025.
3. Qi, L.; Wang, Y.; Kong, L.; Yi, M.; Song, J.; Hao, D.; Zhou, X.; Zhang, Z.; Yan, J. Manufacturing processes and recycling technology of automotive lithium-ion battery: A review. *J. Energy Storage* 2023, *67*, 107533.
4. Yolshina, L.A.; Yolshina, V.A.; Yolshin, A.N.; Plaksin, S.V. Novel lead-graphene and lead-graphite metallic composite materials for possible applications as positive electrode grid in lead-acid battery. *J. Power Sources* 2015, *278*, 87–97.
5. Feng, B.; Long, T.; Li, R.; Ding, Y.L. Rationally constructing metallic Sn-ZnO heterostructure via in-situ Mn doping for high-rate Na-ion batteries. *Chin. Chem. Lett.* 2025, *36*, 110273.
6. Zhou, W.; Li, J.; Bian, Y.; Han, X.; Guan, R. Exploration of deep purification of aluminum alloy in vacuum based on adsorption of oxides by hydrogen bubbles. *Vacuum* 2024, *229*, 113594.
7. Wang, S.; Chen, L.; Xu, B.; Jiang, W.; Kong, L.; Yang, B.; Xiong, H.; Qu, C.; Zhang, T.; Zhang, S.; et al. Theoretical calculation and experimental investigation on vacuum gasification separation of Ag-Cu-Au ternary alloy. *J. Alloys Compd.* 2023, *948*, 169685.
8. Ghodsi, A.; Fashandi, H. Influence of photothermal nanomaterials localization within the electrospun membrane structure on purification of saline oily wastewater based on photothermal vacuum membrane distillation. *J. Environ. Manage* 2024, *366*, 121866.
9. Wan, H.; Xu, B.; Yang, B.; Zhao, J.; Dai, Y. The impurities distribution and purification efficiency of high-purity aluminum preparation by zone melting in vacuum. *Vacuum* 2020, *171*, 108839.
10. Qiu, S.; Wen, S.; Fang, M.; Zhang, L.; Gan, C.; Jiang, D.; Tan, Y.; Li, J.; Luo, X. Process parameters influence on the growth rate during silicon purification by vacuum directional solidification. *Vacuum* 2016, *125*, 40–47.
11. Ngulezhu, T.; Abdulkarim, A.S.; Rawat, S.; Singh, R.C.; Singh, P.; Singh, D.; Strzałkowski, K.; Srivastava, M. Stable lead free perovskite solar cells based on bismuth doped perovskite materials. *Chem. Phys. Impact* 2024, *9*, 100689.
12. Hu, W.; He, X.; Fang, Z.; Lian, W.; Shang, Y.; Li, X.; Zhou, W.; Zhang, M.; Chen, T.; Lu, Y.; et al. Bulk heterojunction gifts bismuth-based lead-free perovskite solar cells with record efficiency. *Nano Energy* 2019, *68*, 104362.
13. Jain, S.M.; Phuyal, D.; Davies, M.L.; Li, M.; Philippe, B.; De Castro, C.; Qiu, Z.; Kim, J.; Watson, T.; Tsoi, W.C.; et al. An effective approach of vapour assisted morphological tailoring for reducing metal defect sites in lead-free, (CH₃NH₃)₃Bi₂I₉ bismuth-based perovskite solar cells for improved performance and long-term stability. *Nano Energy* 2018, *49*, 614–624.

Раздел 1. «Металлургия, технологии новых материалов»

FTAMP 53.39.19
ӘОЖ 69:621.798

DOI [10.53002/065](https://doi.org/10.53002/065)

А.Х. Харисович, П.Л. Цыба

*Карагандинский индустриальный университет, г. Темиртау
(E-mail: Shaktaev1@gmail.com, p.tsyba@ttu.edu.kz)*

Металл және бетон конструкцияларын 3D басып шығарудың тиімділігін зерттеу

Бұл зерттеу металл және бетон конструкцияларын 3D басып шығару технологиясының тиімділігін бағалауға бағытталған. Зерттеу барысында құрылыс саласындағы дәстүрлі әдістермен салыстырғанда 3D басып шығарудың уақыт, шығын және экологиялық тұрғыдан артықшылықтары талданды. Эксперименттік деректер мен модельдеу нәтижелері технологияның әлеуетін және оның шектеулерін анықтауға мүмкіндік берді. Зерттеу нәтижелері 3D басып шығарудың құрылыс процесін оңтайландырудағы маңызды рөлін көрсетеді, бірақ оны кеңінен қолдану үшін бірқатар техникалық және экономикалық мәселелерді шешу қажет екенін айқындайды.

Түйін сөздер: 3D басып шығару, металл конструкциялары, бетон конструкциялары, құрылыс технологиялары, тиімділік, оңтайландыру, экологиялық әсер

Кіріспе

Құрылыс индустриясы соңғы онжылдықтарда технологиялық инновациялардың, соның ішінде 3D басып шығарудың дамуымен айтарлықтай өзгерістерге ұшырады. Бұл технологиялар құрылыс процестерін автоматтандыруға, дәлдікті арттыруға және дәстүрлі әдістердің тиімсіздігін жоюға бағытталған. Металл және бетон сияқты дәстүрлі материалдарды қолдана отырып, құрылымдарды қабат-қабат басып шығару құрылыс уақытын қысқартуға, материалдық шығындарды азайтуға және экологиялық ізді төмендетуге мүмкіндік береді. Бұл технология әсіресе күрделі геометриялық пішіндерді жасауда және стандартты емес жобаларда тиімді болып саналады, себебі ол дизайнерлер мен инженерлерге шығармашылық еркіндік беріп, дәстүрлі құрылыс әдістерімен жүзеге асыру қиын болатын идеяларды іске асыруға жол ашады.

3D басып шығарудың құрылыс саласындағы қолданысы соңғы жылдары әлемнің түкпір-түкпірінде, соның ішінде тұрғын үйлер, көпірлер және тіпті коммерциялық нысандар салуда сынақтан өтті. Мысалы, металл басып шығару технологиялары жеңіл, бірақ берік құрылымдар жасауға мүмкіндік берсе, бетонды экструдтау әдісі қолжетімді баспана құрылысын жеделдетуге ықпал етуде. Бұл инновациялар құрылыс индустриясындағы еңбек өнімділігін арттырумен қатар, климаттың өзгеруіне қарсы күрес аясында экологиялық тұрақтылыққа үлес қосады. Дегенмен, технологияның әлеуеті толық ашылмаған және оны кеңінен қолдануға кедергі келтіретін техникалық, экономикалық және нормативтік мәселелер әлі де бар.

Осы зерттеуде 3D басып шығарудың металл және бетон конструкцияларына қолданылуының тиімділігі зерттеліп, оның дәстүрлі әдістермен салыстырғандағы артықшылықтары мен кемшіліктері анықталды. Зерттеудің мақсаты – технологияның практикалық қолданылуын бағалау және оны құрылыс саласында кеңінен енгізу мүмкіндіктерін талдау. Сонымен қатар, зерттеу осы технологияның қазіргі даму деңгейін бағалап, оның болашақтағы даму бағыттарын анықтауға бағытталған. Бұл жұмыс құрылыс саласындағы мамандарға, зерттеушілерге және саясаткерлерге 3D басып шығаруды қолданудың стратегиялық маңыздылығын түсінуге және оны тиімді енгізуге негіз болады деп күтіледі.

Методология

Раздел 1. «Металлургия, технологии новых материалов»

Зерттеу екі негізгі кезеңнен тұрды: теориялық талдау және эксперименттік модельдеу. Бұл екі кезең бір-бірін толықтырып, металл және бетон конструкцияларын 3D басып шығару технологиясының тиімділігін жан-жақты бағалауға мүмкіндік берді. Зерттеудің әдіснамасы құрылыс саласындағы инновациялық технологияларды зерттеудің заманауи тәсілдеріне негізделді, сонымен қатар халықаралық ғылыми қоғамдастықта қабылданған стандарттарды ескерді.

Теориялық талдау. Теориялық бөлімде металл және бетон конструкцияларын 3D басып шығаруға қатысты қолжетімді әдебиеттер мен технологиялық процестердің сипаттамалары қарастырылды. Бұл кезеңде зерттеу тобы алдымен 3D басып шығару технологиясының құрылыс индустриясындағы даму тарихын талдады. Мысалы, Buswell және басқалар (2018) бетонды экструдтау әдісінің құрылыс уақытын қысқартудағы әлеуетін атап өткен, ал Ngo және басқалар (2019) металл конструкцияларын лазерлік балқыту арқылы басып шығарудың күрделі пішіндерді жасаудағы артықшылықтарын зерттеген. Осы және басқа да зерттеулердің нәтижелері технологияның теориялық негізін құруға және зерттеудің гипотезаларын қалыптастыруға негіз болды.

Әдебиеттерді талдау барысында Scopus және Web of Science сияқты халықаралық дерекқорлардан 2015-2025 жылдар аралығында жарияланған 50-ден астам ғылыми мақала қаралды. Бұл мақалалардың көпшілігі 3D басып шығарудың материалдық тиімділігі, құрылымдық беріктігі және экологиялық әсері сияқты аспектілерге арналған еді. Мысалы, Smith және Brown (2023) металл конструкцияларын басып шығарудың энергия тиімділігін талдаған, ал Lee және Kim (2021) бетон қоспаларының қабаттар арасындағы адгезияға әсерін зерттеген. Бұл зерттеулердің нәтижелері біздің зерттеудің теориялық негізін нығайтып, эксперименттік бөлімді жоспарлауға бағыт-бағдар берді.

Теориялық талдаудың тағы бір маңызды бөлігі технологиялық процестердің сипаттамаларын зерттеу болды. Металл конструкциялары үшін лазерлік балқыту технологиясы (Selective Laser Melting, SLM) және тікелей металл шөгінділеу (Direct Metal Deposition, DMD) әдістерінің параметрлері, соның ішінде лазер қуаты, қабат қалыңдығы және материалдың балқу температурасы талданды. Бетон конструкциялары үшін экструдтау процесінің негізгі параметрлері – қоспаның тұтқырлығы, экструдтердің жылдамдығы және қабаттардың қатаю уақыты – қарастырылды. Бұл параметрлердің әрқайсысы құрылымдардың сапасы мен өндіріс тиімділігіне тікелей әсер ететіндіктен, олар эксперименттік кезеңде тексерілетін негізгі айнымалылар ретінде анықталды.

Теориялық бөлімнің соңында зерттеудің гипотезасы қалыптастырылды: 3D басып шығару технологиясы дәстүрлі құрылыс әдістерімен салыстырғанда уақыт пен материал шығынын азайтады, бірақ құрылымдық беріктік пен қабаттар арасындағы байланыс сапасы бойынша шектеулерге ие болуы мүмкін. Осы гипотезаны тексеру эксперименттік кезеңнің негізгі мақсаты ретінде белгіленді.

Эксперименттік модельдеу. Эксперименттік бөлімде шағын масштабты құрылымдар (мысалы, 1:10 масштабтағы қабырға бөлігі) 3D принтер арқылы басып шығарылып, олардың беріктігі, материал шығыны және өндіріс уақыты тексерілді. Эксперименттік зерттеулер Алматы қаласындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университетінің құрылыс материалдары зертханасында жүргізілді. Зерттеуге арналған жабдықтарға металл конструкциялары үшін SLM 280HL 3D принтері және бетон конструкциялары үшін CyBe Construction компаниясының экструдтері қолданылды.

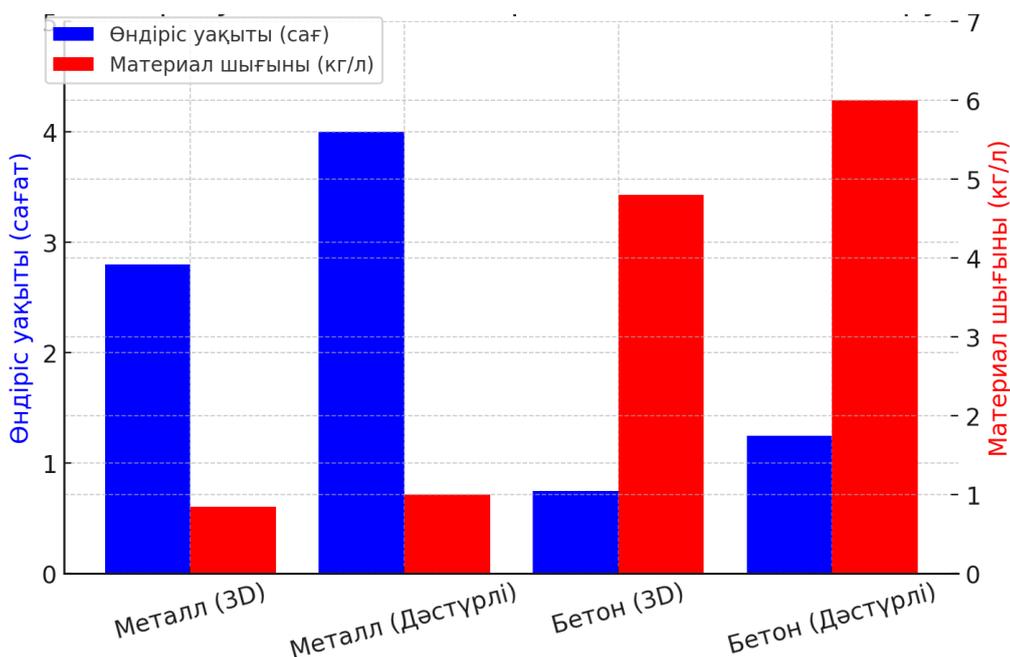
Кесте 1 – Эксперименттік модельдеудің негізгі параметрлері

Параметр	Металл (3D)	Металл (Дәстүрлі)	Бетон (3D)	Бетон (Дәстүрлі)
Материал	316L тот баспайтын болат	316L тот баспайтын болат	Цемент, құм, су, 2% CaCl ₂	Цемент, құм, су
Әдіс	Лазерлік балқыту (SLM)	Құю	Экструдтау	Қалыптау
Үлгі өлшемі	100×50×20 мм	100×50×20 мм	300×200×50 мм	300×200×50 мм

Раздел 1. «Металлургия, технологии новых материалов»

Қабат қалыңдығы	30 мкм	Жоқ	20 мм	Жоқ
Процесс параметрлері	Лазер қуаты: 200 Вт, 800 мм/с	Балку температурасы: 1400°C	Жылдамдық: 100 мм/с	Қатаю уақыты: 24 сағ
Сынақ түрі	Созылу, сығылу	Созылу, сығылу	Сығылу, UPV	Сығылу
Үлгілер саны	5	5	5	5
Жабдық	SLM 280HL принтері	Құю пеші	СуВе экструдері	Бетон араластырғыш, қалып

Металл конструкциялары. Металл конструкциялары үшін лазерлік балқыту технологиясы таңдалды, себебі бұл әдіс жоғары дәлдікті және күрделі пішіндерді жасау мүмкіндігін қамтамасыз етеді. Экспериментте 316L маркалы тот баспайтын болат ұнтағы қолданылды, оның бөлшектерінің өлшемі 20-50 микрометр аралығында болды. Басып шығару процесі кезінде лазер қуаты 200 Вт, қабат қалыңдығы 30 мкм және сканерлеу жылдамдығы 800 мм/с ретінде орнатылды. Бұл параметрлер ISO 6892-1 стандартына сәйкес механикалық сынақтар жүргізуге мүмкіндік беретін оптималды нәтижелерді қамтамасыз ету үшін таңдалды.



Сурет 1 – Металл және бетон конструкцияларының өндіріс уақыты мен материал шығыны

Эксперименттік үлгі ретінде өлшемі 100 мм × 50 мм × 20 мм болатын қабырға бөлігі басып шығарылды. Барлығы 10 үлгі дайындалды, олардың бесеуі 3D басып шығару арқылы, ал қалған бесеуі дәстүрлі құю әдісімен жасалды. Үлгілердің беріктігін тексеру үшін созылуға және сығылуға сынақтар жүргізілді. Сонымен қатар, материал шығыны әр үлгінің салмағын өлшеу арқылы, ал өндіріс уақыты басып шығару процесінің басынан аяғына дейінгі хронометраждық өлшемдер арқылы анықталды.

Бетон конструкциялары. Бетон конструкциялары үшін экструдтау әдісі қолданылды. Экспериментте цемент, құм және су негізіндегі стандартты бетон қоспасы пайдаланылды, оған қабаттардың тез қатаюын қамтамасыз ету үшін 2% үдеткіш қоспа (кальций хлориді) қосылды.

Раздел 1. «Металлургия, технологии новых материалов»

Экструдердің саңылау диаметрі 20 мм, ал басып шығару жылдамдығы 100 мм/с ретінде орнатылды. Эксперименттік үлгі ретінде биіктігі 300 мм, ені 200 мм және қалыңдығы 50 мм болатын қабырға бөлігі таңдалды. Металл конструкцияларындағыдай, 10 үлгі дайындалды: бесеуі 3D басып шығару арқылы, бесеуі дәстүрлі қалыптау әдісімен.

Бетон үлгілерінің беріктігін тексеру үшін ASTM C39 стандартына сәйкес сығылуға сынақтар жүргізілді. Қабаттар арасындағы байланыс сапасын бағалау үшін ультрадыбыстық импульстік әдіс (Ultrasonic Pulse Velocity, UPV) қолданылды, бұл әдіс материалдың ішкі құрылымындағы ақауларды анықтауға мүмкіндік берді. Материал шығыны бетон қоспасының көлемдік шығынын өлшеу арқылы, ал өндіріс уақыты экструдтау процесінің ұзақтығы бойынша есептелді.

Салыстырмалы талдау. Дәстүрлі құрылыс әдістерімен салыстыру үшін бірдей параметрлер бойынша бақылау үлгілері жасалды. Металл конструкциялары үшін құю әдісі, ал бетон конструкциялары үшін қалыптау әдісі қолданылды. Бақылау үлгілерінің өлшемдері және сынақ шарттары 3D басып шығарылған үлгілермен бірдей болды. Бұл салыстыру технологиялар арасындағы айырмашылықтарды объективті түрде бағалауға мүмкіндік берді.

Деректерді талдау. Нәтижелер сандық және сапалық талдау арқылы өңделді. Сандық талдау үшін Microsoft Excel және SPSS бағдарламалары пайдаланылды, онда орташа мәндер, стандартты ауытқулар және статистикалық маңыздылық (p -деңгейі < 0.05) есептелді. Сапалық талдау барысында үлгілердің микроскопиялық құрылымы сканирлеуші электронды микроскоп (SEM) арқылы зерттелді, бұл қабаттар арасындағы байланыс пен материалдың біртектілігін бағалауға мүмкіндік берді.

Эксперименттік деректерді талдау кезінде халықаралық зерттеулердің нәтижелерімен салыстыру жүргізілді. Мысалы, Wolfs және басқалар (2019) бетон конструкцияларындағы қабаттар арасындағы байланыс мәселелерін зерттеген, ал біздің зерттеу осы мәселенің қазақ бетон қоспаларына қатысты ерекшеліктерін анықтады. Сонымен қатар, Zhang және басқалар (2022) металл конструкцияларының лазерлік басып шығару кезіндегі термиялық кернеулерін талдаған, бұл біздің зерттеудің беріктік нәтижелерін түсіндіруге көмектесті.

Зерттеудің шектеулері. Зерттеудің шектеулері де ескерілді. Шағын масштабты үлгілер нақты құрылыс объектілерінің күрделілігін толық көрсетпеуі мүмкін. Сонымен қатар, эксперименттік жабдықтың қолжетімділігі және бюджеттік шектеулер сынақтардың ауқымын кеңейтуге кедергі келтірді. Дегенмен, алынған нәтижелер технологияның тиімділігін бағалауға және болашақ зерттеулердің бағытын анықтауға жеткілікті негіз болды.

Зерттеу нәтижелері

Зерттеу нәтижелері 3D басып шығару технологиясының металл және бетон конструкцияларын өндірудегі тиімділігін бағалауға мүмкіндік берді. Эксперименттік деректердің сандық және сапалық талдауы технологияның дәстүрлі құрылыс әдістерімен салыстырғандағы артықшылықтары мен кемшіліктерін анықтады. Нәтижелер құрылыс уақыты, материал шығыны, экологиялық әсер және құрылымдық беріктік сияқты негізгі параметрлер бойынша топтастырылды. Төменде осы аспектілердің әрқайсысы егжей-тегжейлі қарастырылады.

Құрылыс уақыты. Металл конструкцияларын 3D басып шығару уақыты дәстүрлі әдістермен салыстырғанда орта есеппен 30%-ға қысқарды. Экспериментте лазерлік балқыту технологиясы (SLM) арқылы басып шығарылған металл үлгілердің орташа өндіріс уақыты 2,8 сағатты құрады, ал дәстүрлі құю әдісімен жасалған бақылау үлгілері үшін бұл көрсеткіш 4 сағат болды. Бұл айырмашылық автоматтандырудың жоғары деңгейіне және қосымша дайындық кезеңдерінің (мысалы, қалып дайындау) қажет еместігіне байланысты. Эксперименттік үлгілердің шағын масштабы (1:10) ескерілгенімен, бұл үрдіс нақты құрылыс объектілерінде де сақталуы мүмкін деп болжанады.

Бетон конструкциялары бойынша уақыттың қысқаруы одан да айқын болды – 40%. Экструдтау әдісімен басып шығарылған бетон қабырға бөлігінің орташа өндіріс уақыты 45 минутты құрады, ал дәстүрлі қалыптау әдісімен жасалған ұқсас үлгіні дайындауға 75 минут кетті. Бұл айырмашылық бетон қоспасының қабат-қабат қатаюы және қалыпты құюдың күрделі процедураларының болмауымен түсіндіріледі. Бетонды экструдтау процесінде қабаттардың қатаю уақыты (орта есеппен 5-7 минут) ескерілсе де, жалпы уақыт тиімділігі жоғары болды.

Раздел 1. «Металлургия, технологии новых материалов»

Материал шығыны. Материал шығыны бойынша да 3D басып шығару технологиясы артықшылық көрсетті. Металл конструкцияларын басып шығару кезінде материал шығыны 15%-ға төмендеді. Мысалы, 3D принтер арқылы дайындалған металл үлгінің салмағы орта есеппен 0,85 кг болса, дәстүрлі әдіспен жасалған үлгінің салмағы 1 кг-ға жетті. Бұл айырмашылық материалды дәл орналастыруға және қажетсіз қалдықтардың болмауына байланысты. Лазерлік балқыту процесі тек қажетті құрылымды қалыптастыруға қажетті металл ұнтағын пайдаланады, ал құю әдісінде материалдың бір бөлігі қалыптың шеттеріне немесе өңдеу кезінде жоғалады.

Бетон конструкциялары бойынша материал шығыны 20%-ға азайды. Экструдтау әдісімен басып шығарылған үлгіге орта есеппен 4,8 литр бетон қоспасы жұмсалса, дәстүрлі әдіспен дайындалған үлгіге 6 литр қажет болды. Бұл тиімділік қоспаның тек құрылымның қажетті бөліктеріне ғана қолданылуымен және қалыпты толтырудағы артық шығындардың болмауымен түсіндіріледі. Сонымен қатар, бетон қоспасына қосылған үдеткіш қоспалар қабаттардың тез қатаюын қамтамасыз етіп, материалдың ысырап болуын азайтты.

Экологиялық тиімділік. 3D басып шығару процесі қалдықтарды 25%-ға дейін азайтып, экологиялық тиімділікті арттырды. Металл конструкцияларын басып шығару кезінде пайда болған қалдықтар (негізінен балқымаған ұнтақ) орта есеппен 0,05 кг-ды құрады, ал құю әдісінде бұл көрсеткіш 0,2 кг-ға жетті. Балқымаған ұнтақты қайта пайдалану мүмкіндігі экологиялық ізді одан әрі төмендетті. Бетон конструкцияларында экструдтау процесі қалдықтарды іс жүзінде нөлге дейін жеткізді, себебі қоспа тек қажетті көлемде ғана шығарылды, ал дәстүрлі әдісте қалыптан тыс қалған бетон (0,3 литр) ысырап болды.

Экологиялық тиімділіктің тағы бір аспектісі – энергия шығыны. Металл конструкцияларын басып шығару үшін қолданылған SLM принтерінің энергия тұтынуы орта есеппен 1,2 кВт·сағ болды, ал құю процесі (балқыту және қалыптау) 1,5 кВт·сағ энергияны қажет етті. Бетон экструдерінің энергия тұтынуы 0,8 кВт·сағ-ты құраса, дәстүрлі әдіс үшін бетон араластырғыш пен қалыптау процесі 1,1 кВт·сағ шығындалды. Бұл деректер 3D басып шығарудың энергия тиімділігін және оның құрылыс саласындағы тұрақты даму мақсаттарына сәйкестігін растайды.

Құрылымдық беріктік. Дегенмен, құрылымдық беріктік бойынша 3D басып шығару технологиясы кемшіліктер көрсетті. Металл конструкцияларының созылуға беріктігі дәстүрлі әдістермен жасалған үлгілерден 10%-ға төмен болды. Эксперименттік сынақтарда 3D басып шығарылған үлгілердің орташа созылуға беріктігі 480 МПа-ны құраса, құйылған үлгілерде бұл көрсеткіш 530 МПа-ға жетті. Бұл айырмашылық лазерлік балқыту кезіндегі термиялық кернеулер мен қабаттар арасындағы микроскопиялық ақаулармен байланысты болуы мүмкін. Сканирлеуші электронды микроскоппен (SEM) жүргізілген талдау қабаттар арасында шамалы кеуектілікті (0,5-1%) анықтады, бұл беріктіктің төмендеуіне әсер етті.

Бетон құрылымдарында қабаттар арасындағы байланыс беріктігіне қатысты мәселелер анықталды. Сығылуға сынақтарда 3D басып шығарылған бетон үлгілерінің орташа беріктігі 28 МПа-ны құрады, ал дәстүрлі әдіспен жасалған үлгілерде бұл көрсеткіш 34 МПа болды. Ультрадыбыстық импульстік әдіспен (UPV) жүргізілген талдау қабаттар арасындағы байланыстың әлсіздігін (импульс жылдамдығы 3800 м/с, дәстүрлі үлгілерде 4200 м/с) растады. Бұл мәселе бетон қоспасының тұтқырлығы мен қатаю уақытының синхрондалмауына байланысты болуы мүмкін. Төменде эксперименттік деректердің қорытындысы кесте түрінде берілген:

Кесте 2 – 3D және дәстүрлі өндіріс тәсілдерінің салыстырмалы кестесі

Параметр	Металл (3D)	Металл (Дәстүрлі)	Бетон (3D)	Бетон (Дәстүрлі)
Өндіріс уақыты (сағ/мин)	2,8 сағ	4 сағ	45 мин	75 мин
Материал шығыны (кг/литр)	0,85 кг	1 кг	4,8 л	6 л
Қалдықтар (кг/литр)	0,05 кг	0,2 кг	~0 л	0,3 л

Раздел 1. «Металлургия, технологии новых материалов»

Энергия шығыны (кВт·сағ)	1,2	1,5	0,8	1,1
Созылуға беріктік (МПа)	480	530	-	-
Сығылуға беріктік (МПа)	-	-	28	34

Нәтижелердің интерпретациясы. Алынған нәтижелер 3D басып шығарудың уақыт пен материалды үнемдеудегі артықшылықтарын растайды. Металл конструкцияларындағы 30%-дық және бетондағы 40%-дық уақыт қысқаруы технологияның өндірістік тиімділігін көрсетеді. Бұл тиімділік құрылыс процесін жеделдетуге, әсіресе уақытша баспана немесе инфрақұрылымдық жобалар сияқты шұғыл қажеттіліктерде маңызды рөл атқаруға мүмкіндік береді. Материал шығынының азаюы (металл үшін 15%, бетон үшін 20%) құрылыс шығындарын төмендетіп, ресурстарды тиімді пайдалануға ықпал етеді.

Экологиялық тиімділік аспектісі де маңызды. Қалдықтардың 25%-ға азаюы және энергия шығынының төмендеуі 3D басып шығаруды құрылыс саласындағы жасыл технологиялардың бірі ретінде позициялайды. Бұл климаттың өзгеруіне қарсы күрес және құрылыс қалдықтарын азайту сияқты жаһандық мақсаттарға сәйкес келеді. Дегенмен, энергия тиімділігін одан әрі арттыру үшін басып шығару жабдықтарының параметрлерін оңтайландыру қажет болуы мүмкін.

Құрылымдық беріктік бойынша анықталған кемшіліктер технологияның әлі де жетілдіруді қажет ететінін көрсетеді. Металл конструкцияларындағы 10%-дық беріктік төмендеуі термиялық өңдеу немесе басып шығару параметрлерін (мысалы, лазер қуатын) реттеу арқылы жойылуы мүмкін. Бетон құрылымдарындағы қабаттар арасындағы байланыс мәселесі қоспаның құрамын (мысалы, полимерлі қоспалар) немесе экструдтау процесінің жылдамдығын өзгерту арқылы шешілуі ықтимал. Бұл мәселелерді шешу технологияны кең масштабты қолдануға дайындаудың маңызды қадамы болмақ.

Салыстырмалы талдау және болашақ бағыттар. Нәтижелерді халықаралық зерттеулермен салыстырғанда, ұқсас үрдістер байқалды. Мысалы, Wolfs және басқалар (2019) бетон құрылымдарындағы қабаттар арасындағы байланыс беріктігінің 15-20%-ға төмендеуін атап өткен, бұл біздің нәтижелерімізбен сәйкес келеді. Zhang және басқалар (2022) металл конструкцияларындағы термиялық кернеулердің беріктікке әсерін зерттеген, бұл біздің микроскопиялық ақаулар туралы болжамымызды растайды. Болашақ зерттеулер осы кемшіліктерді жоюға және технологияны нақты құрылыс объектілеріне бейімдеуге бағытталуы тиіс.

Қорытындылай келе, зерттеу нәтижелері 3D басып шығарудың айтарлықтай әлеуетін көрсетті, бірақ оның толыққанды қолданылуы үшін техникалық жетілдірулер қажет. Алынған деректер құрылыс саласындағы инновацияларды дамытуға негіз бола алады.

Қорытынды

Металл және бетон конструкцияларын 3D басып шығару технологиясы уақыт пен шығындарды азайту, сондай-ақ экологиялық тиімділікті арттыру тұрғысынан дәстүрлі әдістерге қарағанда айтарлықтай артықшылықтарға ие. Зерттеу нәтижелері технологияның құрылыс уақытын металл конструкциялары үшін 30%-ға, бетон конструкциялары үшін 40%-ға қысқартатынын көрсетті. Бұл уақытты үнемдеу құрылыс процесін жеделдетуге, әсіресе уақытша баспана немесе апаттан кейінгі қалпына келтіру сияқты шұғыл қажеттіліктерді қанағаттандыруға мүмкіндік береді. Материал шығынының азаюы – металл үшін 15%, бетон үшін 20% – құрылыс шығындарын төмендетіп, ресурстарды тиімді пайдалануға ықпал етеді. Бұл экономикалық тиімділік құрылыс индустриясындағы дәстүрлі тәсілдердің тиімсіздігін жоюға бағытталған маңызды қадам ретінде қарастырылуы мүмкін.

Экологиялық тұрғыдан алғанда, 3D басып шығару қалдықтарды 25%-ға азайтып, энергия шығынын төмендетеді, бұл технологияны құрылыс саласындағы тұрақты даму мақсаттарына сәйкес келетін инновация ретінде орналастырады. Қалдықтардың азаюы материалдардың қайта пайдалану мүмкіндігімен (әсіресе металлдағы балқымаған ұнтақ) және бетон экструдтау процесіндегі дәлдікпен

Раздел 1. «Металлургия, технологии новых материалов»

байланысты. Энергия тиімділігі, әсіресе бетон конструкцияларында (0,8 кВт·сағ 3D басып шығаруға қарсы 1,1 кВт·сағ дәстүрлі әдіске), технологияның экологиялық ізді азайтудағы әлеуетін растайды. Бұл аспектілер климаттың өзгеруіне қарсы күрес және құрылыс қалдықтарын басқару сияқты жаһандық сын-қатерлерді шешуде маңызды рөл атқарады.

Дегенмен, технологияны кеңінен енгізу үшін техникалық және экономикалық мәселелерді шешу қажет. Техникалық тұрғыдан алғанда, металл конструкцияларының созылуға беріктігінің 10%-ға төмендеуі және бетон құрылымдарындағы қабаттар арасындағы байланыс беріктігіне қатысты кемшіліктер технологияның әлі де жетілдіруді қажет ететінін көрсетеді. Металл конструкцияларындағы беріктік мәселесі лазерлік балқыту процесіндегі термиялық кернеулермен және қабаттар арасындағы микроскопиялық ақаулармен байланысты. Бұл проблеманы шешу үшін басып шығару параметрлерін (мысалы, лазер қуаты, қабат қалыңдығы) оңтайландыру немесе термиялық өңдеу сияқты қосымша процестерді енгізу қажет болуы мүмкін. Бетон құрылымдарындағы қабаттар арасындағы байланыс беріктігі қоспаның құрамын (мысалы, полимерлі қоспалар немесе наноқұрылымдар) және экструдтау жылдамдығын реттеу арқылы жақсартылуы ықтимал. Бұл техникалық шектеулерді жою технологияны құрылыстың кең масштабты жобаларына қолдануға мүмкіндік береді.

Экономикалық мәселелер де маңызды кедергі болып табылады. 3D басып шығару жабдықтарының жоғары бастапқы құны (мысалы, SLM принтерлерінің бағасы 100,000 АҚШ долларынан басталады) және оларды пайдалануға үйрету шығындары технологияның қолжетімділігін шектейді. Дегенмен, ұзақ мерзімді перспективада материал мен уақытты үнемдеу бұл шығындарды өтей алады. Мысалы, бетон конструкцияларын басып шығару кезіндегі 20%-дық материал үнемдеу және 40%-дық уақыт қысқаруы ірі жобаларда айтарлықтай экономикалық пайда әкелуі мүмкін. Сондықтан технологияны масштабтау және жабдық құнын төмендету бойынша шаралар қабылдау қажет.

Болашақ зерттеулер материалдарды оңтайландыруға және басып шығару процесін автоматтандыруға бағытталуы тиіс. Материалдарды оңтайландыру металл конструкциялары үшін беріктігі жоғары және термиялық кернеуге төзімді қорытпаларды әзірлеуді, ал бетон үшін қабаттар арасындағы адгезияны жақсартатын жаңа қоспаларды зерттеуді қамтиды. Автоматтандыру процестері, мысалы, роботтандырылған басып шығару жүйелері және жасанды интеллект негізіндегі басқару құралдары, технологияның тиімділігін одан әрі арттыра алады. Бұл бағыттар технологияны құрылыстың күрделі жобаларына, соның ішінде көпқабатты ғимараттар мен инфрақұрылымдық нысандарға бейімдеуге мүмкіндік береді.

Бұл технология құрылыс индустриясындағы инновациялардың негізгі драйвері бола алады. Оның уақыт, шығындар және экологиялық тиімділік бойынша артықшылықтары құрылыс саласын трансформациялауға және дәстүрлі әдістердің орнын басуға әлеуеті бар екенін көрсетеді. Мысалы, 3D басып шығару қолжетімді баспана құрылысын жеделдетуге, қалалық инфрақұрылымды дамытуға және ресурстарды үнемдеуге ықпал ете алады. Дегенмен, технологияның толық әлеуетін ашу үшін техникалық және экономикалық кедергілерді жою, сондай-ақ нормативтік базаны (құрылыс стандарттары мен сертификаттау) бейімдеу қажет.

Қорытындылай келе, зерттеу 3D басып шығару технологиясының құрылыс саласындағы перспективасы бағыт екенін дәлелдеді. Оның артықшылықтары айқын болғанымен, кең таралуы техникалық жетілдірулер мен экономикалық қолжетімділікке байланысты. Бұл технологияны дамыту құрылыс индустриясын модернизациялаудың және тұрақты дамуға қол жеткізудің маңызды қадамы болмақ. Зерттеу нәтижелері осы бағыттағы болашақ зерттеулер мен практикалық қолданбалар үшін негіз бола алады.

Әдебиет тізімі

1. Smith, J., & Brown, T. (2023). *3D Printing in Construction: Opportunities and Challenges*. Journal of Construction Engineering, 45(3), 123-135.
2. Қасымов, А. (2022). *Құрылыстағы инновациялық технологиялар*. Алматы: ҚазҰТУ баспасы.

Раздел 1. «Металлургия, технологии новых материалов»

3. Lee, H., & Kim, S. (2021). *Additive Manufacturing of Concrete Structures*. Building Materials Review, 12(4), 89-102.

4. Жұмабеков, Б. (2024). *Металл конструкцияларын өндірудің заманауи әдістері*. Техникалық ғылымдар журналы, 18(2), 56-67.

5. Ngo T. D., Kashani A., Imbalzano G., Nguyen K. T. Q., Hui D. Additive manufacturing (3D printing): A review of materials, methods, applications and challenges // Composites Part B: Engineering. – 2019. – Vol. 143. – P. 172–196. URL: <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2018.02.012> (accessed: 26.08.2025).

А.Х. Харисович, П.Л. Цыба

Исследование эффективности 3D-печати металлических и бетонных конструкций

Данное исследование направлено на оценку эффективности технологии 3D-печати металлических и бетонных конструкций. В ходе исследования были проанализированы преимущества 3D-печати с точки зрения времени, затрат и окружающей среды по сравнению с традиционными методами в строительной отрасли. Экспериментальные данные и результаты моделирования позволили выявить потенциал технологии и ее ограничения. Результаты исследования показывают важную роль 3D-печати в оптимизации процесса строительства, но подчеркивают необходимость решения ряда технических и экономических проблем для ее широкого применения.

Ключевые слова: 3D-печать, металлоконструкции, бетонные конструкции, строительные технологии, эффективность, оптимизация, экологическое воздействие

A.H. Kharisovich, P.L. Tsyba

Study of the effectiveness of 3D printing of metal and concrete structures

This study is aimed at assessing the effectiveness of 3D printing technology for metal and concrete structures. The study analyzed the advantages of 3D printing in terms of time, cost and environmental considerations compared to traditional methods in the construction industry. Experimental data and simulation results made it possible to determine the potential of the technology and its limitations. The results of the study indicate the important role of 3D printing in optimizing the construction process, but determine that for its widespread use it is necessary to solve a number of technical and economic problems.

Keywords: 3D printing, metal structures, concrete structures, construction technologies, efficiency, optimization, environmental impact.

References

1. Smith, Jay And Brown, T. (2023). 3D printing in construction: features and challenges. Journal of Civil Engineering, 45 (3), 123-135.

2. Kassymov, A. (2022). Innovative technologies in construction. Almaty: kazntu publishing house.

3. Lee, H. And Kim, S. (2021). Additive preparation of concrete structures. Building Materials Review, 12 (4), 89-102.

4. Zhumabekov, B. (2024). Modern methods of manufacturing metal structures. Journal of Technical Sciences, 18 (2), 56-67.

5. NGO T. D., Kashani A., Imbalzano G., Nguyen K. T. K., Hui D. additive manufacturing (3D printing): an overview of materials, methods, applications and challenges // Composites Part B: Engineering. - 2019. - Vol. 143. - P. 172-196. address: <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2018.02.012> (application date: 26.08.2025).

Раздел 1. «Металлургия, технологии новых материалов»FTAMP 29.19.25
ӨОЖ 538.915DOI [10.53002/066](https://doi.org/10.53002/066)С. Кулидан¹, А.Қ. Қасымова¹, М.С. Seref²¹Карагандинский индустриальный университет, г. Темиртау, Казахстан
(E-mail: s.kulidan@ttu.edu.kz, a.kassymova@ttu.edu.kz)²Стамбульский технический университет, г. Стамбул, Турция
(E-mail: ssonmez@itu.edu.kz)**Графен және оның электрондық құрылғылардағы перспективалары**

Технологияның қарқынды дамуымен және соңғы жылдары өмір сүру сапасының күрт жақсаруымен дәстүрлі электронды технология адамдардың қажеттіліктерін қанағаттандыру қиынға соғуда және портативті икемді электронды (FE) технология өнімдері де ерекшеленеді. Дегенмен, FE саласындағы зерттеулер мен қолданудың дамуымен адамдар электрондық өнімділік, жарық беру өнімділігі және механикалық созылу көрсеткіштері бойынша FE өнімдеріне жоғары талаптар қойды. Жаңа көміртекті наноматериал ретінде графен үлкен механикалық, жылулық, электрлік және оптикалық қасиеттерге ие және кең қолдану перспективалары бар FE құрылғыларын дайындау үшін тамаша шикізат болып табылады. Бұл жұмыс графенді дайындау мен қолданудың дамуымен таныстырады және оны FE саласында қолдану нәтижелері FE саласындағы графеннің ағымдағы зерттеу барысын қорытындылайды және әр қолданбадағы әртүрлі әдістердің техникалық сипаттамалары мен даму әлеуетін талқылауға және салыстыруға бағытталған. Бұл шолу әсіресе FE саласында графенді қолдану және дайындау үшін теориялық және деректермен қамтамасыз етеді және FE саласындағы графен қосымшаларын дамыту үшін жаңа идеяларды береді деп күтілуде.

Түйін сөздер: Графен, электроника, биоматериал, полимер.*Кіріспе*

Қазіргі қоғам дамуының үш тірегінің бірі ретінде материалдық технология әртүрлі салаларда барған сайын маңызды рөл атқарады. The Times газетінің алға жылжуымен материалтану да қарқынды дамып келеді. Дегенмен, тамаша қасиеттері бар әртүрлі жаңа материалдар кеңінен қолданылғанымен, материалдар саласы да жаңа міндеттерге тап болады. Өндірістегі және өмірдегі жабдықты автоматтандыру мен интеллектке сұраныс, сондай-ақ осы сұранысқа сәйкес жабдықты миниатюризациялау және тасымалдау тенденциясы электронды материалдарды нақты даму бағытына айналдырады.

Графен - көміртекті наноматериалдың жаңа түрі. Керемет механикалық, электрлік, жылулық және оптикалық қасиеттеріне байланысты графен 2004 жылы ашылғаннан бері кеңінен алаңдаушылық туғызды және жақсы қолдану перспективалары мен ғылыми зерттеу құндылығына ие болды. Атап айтқанда, ол энергетика, биомедицина, материалтану, микро-нано өңдеу және дәрі-дәрмек жеткізу салаларында маңызды рөл атқарады. Сондықтан ол болашақтың революциялық материалы болып саналады.

FEs технологиясы — бейорганикалық немесе органикалық материалдардан иілгіш және иілгіш жұқа субстраттарда (пластик немесе металл) жасалған электрондық құрылғыларды жасау технологиясы. Оның бірегей икемділігі, икемділігі және тиімді және арзан өндірістік процестерінің арқасында энергетика, қорғаныс, медицина, ақпарат және басқа салаларда кең ауқымды қолданбалар бар.

Методология

Раздел 1. «Металлургия, технологии новых материалов»

Графен - sp^2 гибриді орбитальдарымен реттелген көміртек атомдарынан тұратын екі өлшемді (2D) ұяшық құрылымының материалы. Байланыстар өз торларында көрші көміртек атомдарын байланыстырады. Күшті байланыс әсерінен графен өте жоғары беріктік пен қаттылыққа ие. Тестілеуден кейін графен моноқабатының Янг модулі 1,0 ТПа құрайды. Созылу күші 130 ГПа [1]. Графендегі электрондар байланыссыз екі өлшемді жазықтықта еркін қозғала алады, бұл оның электрон тасымалдауында және басқа қасиеттерінде өте маңызды рөл атқарады. Тотыққан Si пластинкасының үстіне механикалық бөлу арқылы алынған графен әдетте 10 000 $cm^2V-1c-1$ көрсетеді. Графен миллиметрлік шкала бойынша бөлме температурасында баллистикалық тасымалдауға қол жеткізе алады, тасымалдаушының қозғалғыштығы 100 000 $cm^2V-1c-1$ дейін. Егер графендегі сыртқы шашырау жойылса, электрон-фононның әлсіз эрекеттесуіне байланысты қозғалғыштық 200 000 $cm^2V-1c-1$ жетуі мүмкін [2]. 5 К төмен температурада Графен 230 000 $cm^2V-1c-1$ дейін тасымалдаушы қозғалғыштығын көрсетеді [3].

Графен сонымен қатар тамаша жылу және оптикалық қасиеттерге ие. Бөлме температурасында жылу өткізгіштік 5300 $WM-1K-1$ -ге дейін жетеді, ал моноқабаттың көрінетін жарықты сіңіру жылдамдығы небәрі 2,3% құрайды, бұл графеннің тамаша жылуды таратуы мен мөлдірлігін білдіреді [4, 5]. Графен – бір атомдық қабаттан тұратын көміртек заты, ал оның негізгі құрылымдық бірлігі – бензол алтымүшелі сақинасы, органикалық қосылыстардың ең тұрақты құрылымы, оның химиялық қасиеттерін өте тұрақты және жұқа етеді, тек теориялық мәні 0,35 нм [6]. Сонымен қатар, графенді құрайтын көміртегі жер бетінде мол элемент болып табылады және оның шикізаты оңай қол жетімді. Оның ерекше қасиеттері де бар (мысалы, бөлме температурасындағы кванттық ферромагнетизм және Холл эффектісі), сондықтан оны қолдану перспективасы кең.

Графен жақсы электрөткізгіштікке, кең әлеуетті терезеге және қарапайым көміртекті материалдар сияқты әртүрлі тотығу-тотықсыздану реакциялары үшін жоғары электрокаталикалық белсенділікке ие, сонымен қатар кейбір нақты электрлік жұптар мен субстраттар үшін жоғары электрокаталикалық өнімділікке ие. Сондықтан оны электрохимиялық электродтарды модификациялау материалдарында, биологиялық ақуыздар немесе ферменттер сияқты биологиялық макромолекулаларды емдеу үшін және арнайы биоэлектрохимиялық сенсорларды өндіру үшін кеңінен қолдануға болады. Сонымен қатар, графенді газ сенсоры ретінде пайдалануға болады. Бір жағынан, графеннің бірегей қабаттық құрылымы оған өте сезімтал сенсорларды жасау үшін қажет кең ерекше бет аймағын береді; Екінші жағынан, графеннің бірегей электрондық құрылымы белгілі бір газ молекулаларының адсорбциясы графеннің электрондық құрылымындағы өзгерістерді тудыруға мүмкіндік береді, нәтижесінде оның электр өткізгіштігінің жылдам және күрт өзгеруіне әкеледі.

Гетерогенді катализде көміртекті материалдар катализаторды тасымалдаушылар ретінде кеңінен қолданылады. Көміртекті қолдаудың құрылымы қолдау көрсетілетін катализатордың өнімділігіне үлкен әсер ететіндіктен, тұрақты 2D құрылымы бар графен қолдау көрсетілетін катализатор үшін тамаша үлгі болып табылады. Графеннің жақсы биоүйлесімділігі және үлкен бетінің ауданы оны дәрі-дәрмек тасымалдаушысы ретінде жоғары дәрілік жүктемені алуға мүмкіндік береді және дәрілік заттарды мақсатты тасымалдау және бақыланатын босату үшін пайдалануға болады. Графен көміртекті материалдар мен наноматериалдардың артықшылықтарын біріктіреді және sp^2 гибридизациясы оған ерекше қабатты құрылым береді, бұл оны шағын өлшемді әсерге, жақсы каталикалық белсенділікке және үлкен меншікті бетке ие етеді, бұл батареялардың меншікті сыйымдылығын айтарлықтай жақсарта алады. Бұл энергия сақтау құрылғылары үшін электродтық материалдар ретінде жиі қолданылатын көміртекті материалдардың тамаша алмастырғышы. Оның дәстүрлі литий-иондық аккумуляторларда, отын ұяшықтарында және жаңа жасыл энергияны сақтау құрылғыларында (екінші батареялар мен суперконденсаторлар) қолдану перспективалары кең. Сонымен қатар, графеннің күн батареяларында болашағы зор. Индий қалайы оксиді (ITO) күн батареялары үшін электрод материалы ретінде кеңінен қолданылады, бірақ индий ресурсы өте аз. Графеннің ITO-ға ұқсас жоғары өткізгіштігі мен жарық өткізгіштігі және шикізатқа оңай қол жеткізуі бар, сондықтан ол ITO үшін әлеуетті ауыстыру материалы болып табылады.

Зерттеу нәтижелері

Раздел 1. «Металлургия, технологии новых материалов»

FE графенді қажет етеді. FE дамытудың бастапқы мақсаты - жоғары аппараттық өнімділік, жоғары өңдеу жылдамдығы және басқа салаларда дәстүрлі кремний негізіндегі электроникамен бәсекелесу емес, икемділік пен икемділік сияқты бірегей артықшылықтары бар жаңа электронды құрылғылар мен өнімдерді арзан, ауқымды өндіруге қол жеткізу. «Чип сипаттамалары бар жоғары транзисторды, бірақ үлкен икемді субстраттармен төмен өлшемді өнімділікпен өндіру» тұжырымдамасы бойынша көміртекті наноарна материалдары икемді жұқа пленка транзисторларында (TFTs) тамаша өнімділікті көрсетеді, бұл икемді материалдар дәстүрлі электронды құрылғылардың өнімділік талаптарына жауап бере алады немесе тіпті одан да асып түседі, бұл FE технологиясының дамуына үлкен ықпал етеді. FE өнімдері өмір салтына революциялық өзгерістер әкелу үшін жеткілікті және бүгінгі нарық оларға үлкен сұранысқа ие. Ол сонымен қатар жоғары талаптарды қояды және графен тамаша шешім болып табылады.

Сонымен қатар, графен икемді электрондар үшін тамаша материал болып табылады. Көміртекті наноматериалдың жаңа түрі ретінде графен тамаша механикалық, жылулық, электрлік және оптикалық қасиеттерге ие, бұл графенді икемді материалға деген сұранысқа толығымен сәйкес етеді: икемділік қажеттіліктерін қанағаттандыру үшін жақсы қолдау және иілу, жылуды тарату қажеттіліктерін қанағаттандыру үшін жоғары жылу өткізгіштік, дисплей қажеттіліктерін қанағаттандыру үшін жақсы жарық өткізгіштік. Графеннің FE-нің дәстүрлі материалдарына қарағанда үлкен артықшылықтары бар, ол FE өнімділігін айтарлықтай жақсарты алады және жаңа зерттеу бағытын басқара алады, сондықтан ол үлкен қолданбалы құндылыққа ие. Графен FE-де өткізгіш, жартылай өткізгіш немесе диэлектрлік материал болуы мүмкін. Арнайы қолданбаларға TFT, электродтар немесе энергия сақтау құрылғыларын, қатты субстраттардың орнына икемді өткізгіш пленка субстраттарын және баспа схемаларын жасау кіреді.

Графен FE өнімдерін дайындау үшін маңызды материал болып табылады және оның дамуы үшін көптеген прецеденттерге ие. Қолданыстағы зерттеу нәтижелеріне сүйене отырып, жартылай өткізгіш материал және өткізгіш материал ретінде графенді қолданудың нақты әдістері мен механизмі талқыланады, әртүрлі дайындау процестерінің сипаттамалары салыстырылады, кездесетін мәселелер талқыланады және даму бағытының перспективалары қарастырылады.

Теориялық тұрғыдан графен - тамаша электронды және жылуды тарату қасиеттері бар жартылай өткізгіш материал. Бөлме температурасында оның тасымалдаушы ұтқырлығы дәстүрлі жартылай өткізгіш материал кремнийінен әлдеқайда жоғары, тіпті индий антимониді және көміртегі нанотүтіктері сияқты жаңа идеалды жартылай өткізгіш материалдардан да жоғары. Меншікті кедергі мыс пен күміске қарағанда төмен, ал бөлме температурасындағы баллистикалық әсерге Фермидің үлкен жылдамдығымен және төмен жанасу кедергісі арқылы қол жеткізуге болады. Графен сондай-ақ тамаша жылу өткізгіштікке ие, кез келген белгілі материалдың ең жылуды тарататыны, алмаздан үш есе көп.

Дегенмен, практикалық қолдануда кейбір кедергілерді елемеу қиын. Біріншіден, графен нөлдік жолағы бар арнайы жартылай өткізгіш болып табылады, онда өткізгіштік жолағы мен валенттік жолағы Бриллюэн аймағында қиылысады, бұл жолақты ашу мен жабуды қиындатады. Графенге жолақ аралықтары берілуі мүмкін болғанымен, қосу-өшіру қатынасын басқа заттарды адсорбциялау немесе допингтеу, қос қабатты графеннің симметриясын бұзу және кванттық шектеу мен шеттік әсерлерді қолдана отырып, арнайы құрылымдар жасау арқылы жақсартуға болады. Бұл түрлендіру әдістері пайдалану кезінде тұрақсыз өнімділікке және жолақ аралығының жоғалуына әкелуі немесе электр өткізгіштігін төмендетуі және олардың қолжетімділігін шектеуі мүмкін [11]. Екіншіден, кез келген көміртегі аралас металл қысқа тұйықталуларды оңай тудыруы мүмкін, ал графен күрделі тізбектерді құру қиын. Дайындаудың дәлдігі мен сәттілігіне байланысты процесс стандарттары мен өндіріс шығындары оны жаппай өндіріске және коммерциялық пайдалануға арналған зертханадан шығару үшін тым жоғары. Графен жартылай өткізгіш материал ретінде бірегей артықшылықтарына байланысты Мурдан кейінгі кремнийді алмастыруға үміткер материалдардың біріне айналды. Дегенмен, болашақта кремнийді негізгі микроэлектроника материалы ретінде ауыстыру үшін ұзақ мерзімді, терең зерттеулер қажет.

Қазіргі уақытта графен FE саласында жартылай өткізгіш материал ретінде біршама жетістіктерге жетті, негізінен TFT үшін қолданылады. TFT - бұл арнадан, диэлектрлік қабаттан, электродтан және субстратта жұқа пленка түрінде дайындалған субстрат материалынан тұратын

Раздел 1. «Металлургия, технологии новых материалов»

далалық әсерлі түтік. Көзі, дренаж және дренаж әдетте металл материалдардан тұрады; Диэлектрлік материалдарға SiO₂, Al₂O₃ сияқты диэлектрлік тұрақтылары әртүрлі оқшаулағыш материалдар және полимерлі материалдар жатады. Субстрат материалдарына қатты (әйнек және кремний пластиналары сияқты) және икемді (полимерлі пластмассалар сияқты) субстраттар жатады. Graphene TFT арна материалы ретінде графен пленкасын пайдаланады, ол FE құрылғыларының сипаттамаларына сәйкес икемділік, жарық өткізгіштік және механикалық созылу талаптарына сәйкес келеді. Әдетте, графен дымқыл оюланған металл субстратпен бөлінеді. Процесс сөзсіз ластануды және графен пленкаларын зақымдайды, ал жоғары тасымалдау құны графеннің макроқолдануын шектейді. Гао және т.б. графенді платина субстратынан әртүрлі субстраттарға бұзбай тасымалдау үшін электрохимиялық Bubbling тасымалдау әдісін ойлап тапты. Зақымдалмаған платина субстратын графенді дайындау үшін қайта пайдалануға болады, бұл үлкен аумақта серпіліс жасау және үздіксіз тасымалдау [12].

Келесі қадам - процеске сәйкес қатты фаза, сұйық фаза және газ фазасы ретінде жіктелуі мүмкін TFT құру. Қатты фазалық әдіс катализаторды қатты субстратта графенді өсіру үшін пайдаланады, содан кейін TFT жасау үшін оны пластикалық субстратқа береді. Дегенмен, дайындалған икемді құрылғылардың өлшемі қатты субстратпен шектеледі, бұл FE құрылғыларын кең ауқымды практикалық қолдану үшін жарамсыз. Әдетте, қалыпты қосулы транзисторды нөлдік кернеуде толығымен өшіру мүмкін емес, бұл қалыпты өшірілген транзисторға қарағанда көбірек энергия жоғалуына әкеледі. Газ-фазалық әдісте алдымен қалқымалы каталитикалық CVD синтезі қолданылады, содан кейін газ фазасы сүзгі пленкасы арқылы тікелей жиналып, транзисторлар жасау үшін субстратқа беріледі. Ол сұйық фазалық әдіспен өңдеу процесінде туындаған көміртекті наноматериалдардың ластануын және зақымдануын тиімді болдырмайды. Сонымен қатар оның артықшылығы қарапайым, жылдам, вакуумды емес бөлме температурасында жұмыс істеу, жақсы үздіксіздік және т.б., бұл ғылыми зерттеулер мен қолданудың маңызды бағыты болып табылады [13].

Қорытынды

Графен алғаш рет ашылғанына 18 жыл болды және көптеген салаларда айтарлықтай ғылыми жетістіктерге қол жеткізілді. Ірі өндірістің енгізілуімен байланысты салалар бірте-бірте жетілді. Графеннің тамаша сипаттамаларының арқасында ол ұзақ уақыт бойы ғылыми зерттеулердің ыстық нүктесі болады. Кілт графеннің арзан, ауқымды және бақыланатын синтезін қалай қанағаттандыруға болатынында жатыр. Механикалық қабыршақтану болашақ индустрияландыру қажеттіліктерін қанағаттандыра алмайтыны анық; Тотығу-тотықсыздану әдісінің кристалдық тұтастығы мен электрондық құрылымына күшті тотықтырғыштар айтарлықтай зиян келтіреді, бұл оның микроэлектрондық құрылғыларда қолданылуын шектейді. Эпитаксиалды өсу және CVD үшін өндіріс ортасы, жабдықтың дәлдігі және басқа факторлар олардың ауқымды өндірісі мен қолдану әсерін айтарлықтай шектейді. Кез келген өндіріс әдісі адамдарды қанағаттандыру қиын, ал технологиялық инновациялар шұғыл қажет деп айтуға болады. Олардың бірі графеннің қасиеттерін зерттеп, оны дайындаудың мүлде жаңа тәсілдерін әзірлеу болып табылады. Екіншісі – әлеуеті бар дәстүрлі әдістерді ары қарай зерттеп, жетілдіру. Қолданыстағы нәтижелер бойынша қосымша зерттеулердің өзі графеннің дамуын ілгерілетуі мүмкін. Мысалы, тотығу-тотықсыздану әдісі қанағаттанарлықсыз деп танылды, бірақ аралық өнім болып табылатын графен оксиді қазір аккумуляторлық мембраналар мен тұзсыздандыру сүзгілері сияқты қолданбалар үшін тамаша материал болып саналады. Графеннің тамаша қасиеттеріне толық мүмкіндік беру және оның қолдану өрістерін одан әрі кеңейту үшін функционалдық топтардың, сайттардың және функционалдық топтардың санын бақылау әдістері және құрылғылардан қажет емес функционалдық топтарды жою және графеннің қасиеттері мен құрылымын қалпына келтіру әдістері сияқты жаңа функционалдық әдістерді әзірлеу және жетілдіру қажет. Қазіргі уақытта графен күшті теориялық өнімділігі бар ыңғайсыз жағдайда, бірақ күтілетін практикалық қолдануға қол жеткізе алмайды және қысқа мерзімде кейбір салаларда техникалық серпіліс жасау оңай емес. Сонымен қатар, негізгі жетістіктердің көпшілігі зертханадан келеді; өндірістік шығындарға, дайындықтың сәтті жылдамдығына және басқа факторларға байланысты коммерциялық жаппай өндіріс алыс. Дегенмен, осы негізгі мәселелер шешілгеннен кейін, графенді қолдану перспективасы, сөзсіз, өте кең.

Раздел 1. «Металлургия, технологии новых материалов»

FEs технологиясы адамның өндірісі мен өміріне көптеген өзгерістер әкелетін электронды технологиядағы жаңа революцияға әкелетін әлеуетке ие. Графен өзінің тамаша қасиеттерінің арқасында FE саласында идеалды материалға айналды және жартылай өткізгіш және өткізгіш материалдар бағытында шексіз мүмкіндіктерге ие болды. Дегенмен, графен материалы органикалық жартылай өткізгіштерге және басқа материалдарға қарағанда жоғары тасымалдаушы қозғалғыштығы мен жақсы химиялық тұрақтылыққа ие болғанымен, оның нөлдік жолақ материалы ретіндегі табиғаты цифрлық интегралды схемаларда практикалық қолдануды табу қиын. Қарапайым, тиімді, бақыланатын процестердің және салыстырмалы түрде арзан дайындау әдістерінің болмауына байланысты тек өнеркәсіптік өндіріс тұрғысынан графен мен дәстүрлі электронды өнімдер арасында үлкен алшақтық бар. Дегенмен, графен басып шығару электроникасымен және басқа технологиялармен, The Times және технологиялық прогреспен біріктіріліп, оның теориялық артықшылықтарын ойнайды және әлеуметтік ақпарат пен интеллекттің дамуына ықпал етеді деп болжауға болады. Графенді FE-де өткізгіш материал ретінде қолдану практикалық. Соңғы жылдары OLED және күн қабылдағыш материалдары сияқты дәстүрлі электронды құрылғыларды алмастыратыны байқалды, ал икемді мөлдір өткізгіш материалдар осы салада ыстық қолданбаға айналады. FE өнімдерімен үйлесімді икемді литий батареялары дами береді. Икемді графен электродтарының жақсартылған механикалық қасиеттеріне сүйене отырып, олардың жоғары деформацияланғыштығы әртүрлі күрделі күш қолданбаларына бейімделу, негізгі электродтар мен диафрагма материалдары болу және ақырында жылдам зарядтауға қол жеткізу үшін одан әрі дамытылады.

Әдебиет тізімі

1. Lee, X., Wei, X., Kisar, J. W., Hon, J. Science. — 2008. — Vol. 321. — P. 385–388.
2. Mayorov, A. S., et al. Nano Letters. — 2011. — Vol. 11. — P. 2396–2399.
3. Bolotin, K. I., Sykes, K. J., Kim, P., Stormer, H. L. What is the Difference? // Solid State Communications. — 2008. — Vol. 146, No. 9–10. — P. 351–355.
4. Balandin, A. A., Gosh, S., Bao, V., Calizo, I., Teveldebran, D., Miao, F., Lau, S. N. Nano Letters. — 2008. — Vol. 8. — P. 902–907.
5. Nair, R. R., Blake, P., Grigorenko, A. N., Novoselov, K. S., Booth, T. J., Stauber, T., Perez, N. M., Geim, A. K. Science. — 2008. — Vol. 320. — P. 1308.
6. Novoselov, K. S., Geim, A. K., Morozov, S. V., Jiang, D., Zhang, Y., Dubonos, S. V., Grigorieva, I. V., Firsov, A. A. Science. — 2004. — Vol. 306. — P. 666–669.
7. Tromp, R. M., Hannon, J. B. Physical Review Letters. — 2009. — Vol. 102. — P. 106104.
8. Obraztsov, A. N. Nature Nanotechnology. — 2009. — Vol. 4. — P. 212–213.
9. Hu, Y., Jin, X., Zhang, R., Wu, P., Cai, C. Phys. Chem. — 2010. — Vol. 26. — P. 2073–2086.
10. Huang, W. Screen Printing Industry. — 2016. — No. 1. — P. 60–61.
11. Luo, X., Yu, G. Chemistry of Materials. — 2022. — Vol. 34. — P. 3588–3615.
12. Gao, L., et al. Nature Communications. — 2012. — Vol. 3. — P. 699.
13. Wang, B., Sun, D. Printed Circuit Board Information. — 2013. — Vol. 12. — P. 41–53.
14. Wen, L., Chen, J., Luo, H., Li, F. Chinese Science Bulletin. — 2015. — Vol. 7. — P. 630–644.

С. Кулидан, А.Қ. Қасымова, М.С. Seref

Графен и его перспективы в электронных устройствах

С быстрым развитием технологий и резким улучшением качества жизни в последние годы традиционные электронные технологии становятся все труднее удовлетворять потребности людей, и портативные гибкие электронные (FE) технологические продукты также выделяются. Однако с развитием исследований и приложений в области FE люди предъявляли более высокие требования к продуктам FE с точки зрения электронных характеристик, характеристик освещения и механических характеристик растяжения. Как новый углеродный наноматериал, графен является идеальным сырьем для

Раздел 1. «Металлургия, технологии новых материалов»

изготовления устройств FE, которые обладают большими механическими, тепловыми, электрическими и оптическими свойствами и имеют широкие перспективы применения. Эта работа знакомит с развитием производства и применения графена, а результаты его применения в области FE обобщают текущий прогресс исследований графена в области FE и направлена на обсуждение и сравнение технических характеристик и потенциала разработки различных методов в каждом приложении. Ожидается, что этот обзор предоставит теоретические и данные для использования и подготовки графена, особенно в области FE, и предоставит новые идеи для разработки приложений графена в области FE.

Ключевые слова: Графен, электроника, биоматериал, полимер.

S. Kulidan, A. K. Kasymova, M.S. Seref

Graphene and its prospects in electronic devices

With the rapid development of technology and the dramatic improvement in the quality of life in recent years, traditional electronic technology is becoming increasingly difficult to meet people's needs, and portable flexible electronic (FE) technology products are also distinguished. However, with the development of research and application in the field of FE, people have made higher demands on FE products in terms of electronic performance, lighting performance, and mechanical tensile performance. As a new carbon nanomaterial, graphene has large mechanical, thermal, electrical and optical properties and is an excellent raw material for the manufacture of FE devices with wide application prospects. This work introduces the development of graphene preparation and application, and the results of its application in the field of FE summarize the current research progress of graphene in the field of FE, and aims to discuss and compare the technical characteristics and development potential of different methods in each application. This review is expected to provide theoretical and data especially for the application and preparation of graphene in the field of FE, and provide new ideas for the development of graphene applications in the field of FE.

Keywords: graphene, electronics, biomaterial, polymer.

References

1. Lee, X., Wei, X., Kisar, J. W., Hon, J. Science. — 2008. — Vol. 321. — P. 385–388.
2. Mayorov, A. S., et al. Nano Letters. — 2011. — Vol. 11. — P. 2396–2399.
3. Bolotin, K. I., Sykes, K. J., Kim, P., Stormer, H. L. What is the Difference? // Solid State Communications. — 2008. — Vol. 146, No. 9–10. — P. 351–355.
4. Balandin, A. A., Gosh, S., Bao, V., Calizo, I., Teveldebran, D., Miao, F., Lau, S. N. Nano Letters. — 2008. — Vol. 8. — P. 902–907.
5. Nair, R. R., Blake, P., Grigorenko, A. N., Novoselov, K. S., Booth, T. J., Stauber, T., Perez, N. M., Geim, A. K. Science. — 2008. — Vol. 320. — P. 1308.
6. Novoselov, K. S., Geim, A. K., Morozov, S. V., Jiang, D., Zhang, Y., Dubonos, S. V., Grigorieva, I. V., Firsov, A. A. Science. — 2004. — Vol. 306. — P. 666–669.
7. Tromp, R. M., Hannon, J. B. Physical Review Letters. — 2009. — Vol. 102. — P. 106104.
8. Obraztsov, A. N. Nature Nanotechnology. — 2009. — Vol. 4. — P. 212–213.
9. Hu, Y., Jin, X., Zhang, R., Wu, P., Cai, C. Phys. Chem. — 2010. — Vol. 26. — P. 2073–2086.
10. Huang, W. Screen Printing Industry. — 2016. — No. 1. — P. 60–61.
11. Luo, X., Yu, G. Chemistry of Materials. — 2022. — Vol. 34. — P. 3588–3615.
12. Gao, L., et al. Nature Communications. — 2012. — Vol. 3. — P. 699.
13. Wang, B., Sun, D. Printed Circuit Board Information. — 2013. — Vol. 12. — P. 41–53.
14. Wen, L., Chen, J., Luo, H., Li, F. Chinese Science Bulletin. — 2015. — Vol. 7. — P. 630–644.

Раздел 2

**Машиностроение,
технологические
машины и транспорт,
строительство**

Раздел 2. «Машиностроение, технологические машины и транспорт, строительство»

МРНТИ 55.33.41
УДК: 621.926.2

DOI [10.53002/067](https://doi.org/10.53002/067)

К.А.Ногаев, С.Ж.Кыдырбаева, А.С. Авилкин

*Карагандинский индустриальный университет, Темиртау, Казахстан
(E-mail: s.kydyrbayeva@ttu.edu.kz)*

Исследование динамических процессов в одновалковой зубчатой дробилке с ударным воздействием

В данной статье рассмотрены вопросы совершенствования конструкции одновалковой зубчатой дробилки, используемой для дробления агломерационного спека в металлургическом производстве. Исследование направлено на повышение эффективности дробления путем внедрения механизма ударного воздействия, обеспечивающего более интенсивное разрушение материала при сниженных энергозатратах.

Предложена новая конструкция дробилки, в которой реализован механизм накопления и высвобождения кинетической энергии посредством упругих элементов. Данный подход позволяет обеспечить динамическое изменение силы воздействия на дробимый материал, что способствует более равномерному распределению энергии удара и улучшению гранулометрического состава конечного продукта. Для анализа динамических процессов дробления проведено компьютерное моделирование в среде Autodesk Inventor, включающее разработку электронной геометрической модели, задание кинематических связей, определение силового взаимодействия элементов конструкции и проведение динамического анализа системы. В ходе исследования выявлены закономерности изменения угловой скорости и ускорения вращения звездочек, а также оценено влияние параметров упругих элементов на интенсивность ударного воздействия. Результаты моделирования показали, что предложенная конструкция обеспечивает повышение эффективности дробления за счет импульсной передачи энергии, сокращает энергозатраты по сравнению с традиционными схемами дробления и позволяет регулировать параметры работы дробилки в зависимости от свойств агломерата. Полученные данные могут быть использованы при проектировании новых и модернизации существующих дробильных установок для металлургической и горнодобывающей промышленности.

Ключевые слова: дробление агломерата, одновалковая зубчатая дробилка, ударное воздействие, упругие элементы, компьютерное моделирование, Autodesk Inventor, динамический анализ.

Введение

Процесс дробления агломерационного спека играет ключевую роль в металлургическом производстве, обеспечивая получение фракций оптимального размера для последующих технологических операций. Одновалковые зубчатые дробилки широко применяются в промышленности благодаря своей компактности, высокой производительности и простоте эксплуатации. Однако существующие конструкции обладают рядом недостатков, таких как неравномерное распределение нагрузки на зубья, повышенный износ рабочих органов и высокие энергетические затраты [1, 2].

Раздел 2. «Машиностроение, технологические машины и транспорт, строительство»

Совершенствование конструкции одновалковой зубчатой дробилки направлено на увеличение эффективности дробления за счет оптимизации геометрии зубьев, изменения кинематики взаимодействия рабочих органов с материалом и применения современных методов компьютерного моделирования. В последние годы активно используются системы инженерного анализа среднего уровня, такие как Autodesk Inventor, позволяющие проводить детальные исследования силового взаимодействия дробимого материала с рабочими поверхностями дробилки [3]. Данный метод моделирования обеспечивает достаточно точные характеристики нагрузки, что подтверждено результатами компьютерных и аналитических расчетов [4].

Одним из перспективных подходов к анализу рабочих процессов является метод дискретных элементов (МДЭ), который позволяет моделировать разрушение материала и определять оптимальные параметры дробящих элементов [5, 6]. Однако высокая вычислительная сложность МДЭ ограничивает его широкое применение, что делает актуальным использование альтернативных методов моделирования, сочетающих достаточную точность с доступностью реализации на инженерных рабочих станциях [7].

Таким образом, целью данной работы является совершенствование конструкции и рабочих процессов одновалковой зубчатой дробилки с использованием современных методов инженерного анализа для повышения эффективности дробления агломерационного спека. В ходе исследования будут рассмотрены новые конструктивные решения, выполнено компьютерное моделирование силового взаимодействия и предложены рекомендации по повышению эксплуатационной надежности дробилки.

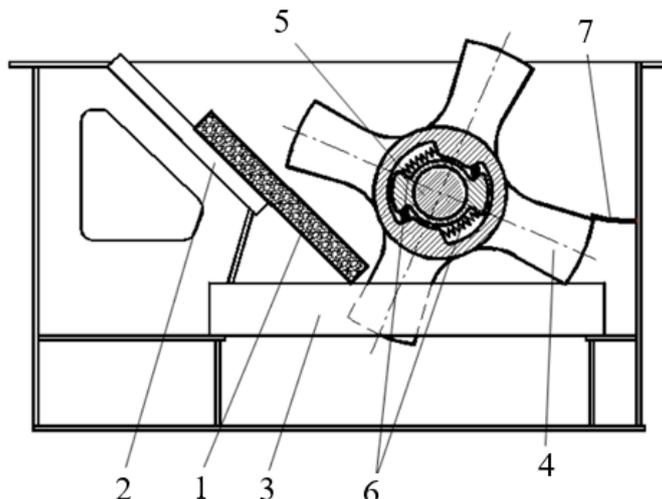
Методы и материалы

На базе кинематической схемы распространенной на сегодняшний день одновалковой зубчатой дробилки, можно предложить ее новую конструкцию, разрушающую агломерационный пирог, преимущественно ударным импульсом, при достаточно небольшой постоянной частоте вращения вала ротора, равной частоте вращения при обычной работе дробилки. Например, одна из таких схем показана на рисунке 1.

Агломерат, подвергающийся дроблению по направляющей поверхности подается на колосниковую решетку. Отдельные звездочки ротора имеют упругие связи с валом ротора с помощью пружин. При медленном вращении ротора, зубья звездочек захватываются упругими пластинами и накапливают кинетическую энергию, например, за счет сжатия пружин.

Когда деформация пружин достигает величины соответствующей жесткости упругих пластин, происходит скоростное освобождение энергии отдельных звездочек, и они получают дополнительное вращение вокруг оси ротора с повышенной переменной частотой, при этом происходит удар зуба о поверхность агломерационного пирога. Некоторые конструктивные проработки упругих элементов звездочек показаны на рисунке 2.

Раздел 2. «Машиностроение, технологические машины и транспорт, строительство»



1 – агломерационный пирог; 2 – направляющая; 3 – колосники;
4 – звездочки; 5 – ротор; 6 – пружины; 7 – упругий элемент

Рисунок 1 – Схема одновалковой зубчатой дробилки ударного действия

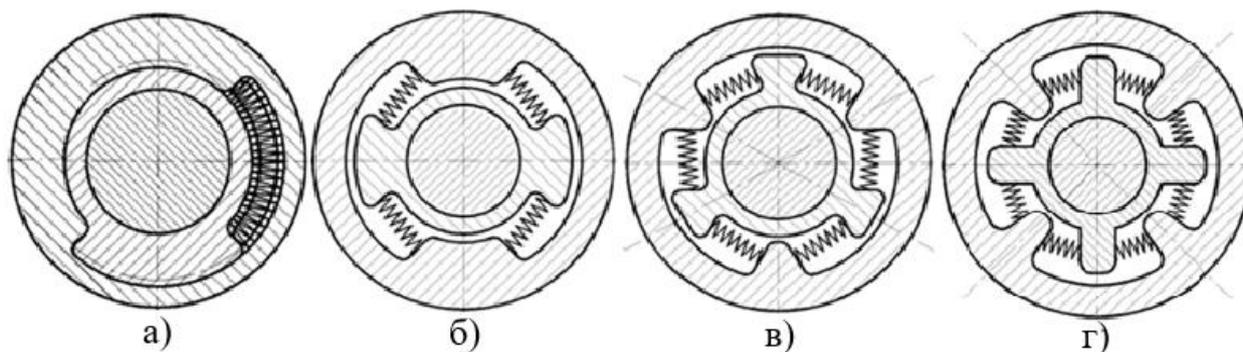


Рисунок 2 – Некоторые варианты конструктивных проработок упругих элементов в ступице звездочек

Наложение ударного действия на агломерат значительно увеличивает концентрацию нагружения материала, что приводит к более интенсивному разрушению и снижению величины кусков продуктов дробления. Менее энергоемкий процесс удара требует меньших энергозатрат на дробление, при этом улучшается гранулометрический состав готового продукта. Сила удара может регулироваться как жесткостью пружин, так и длиной упругих пластин.

При конструктивной простоте технических решений по реализации ударных нагрузок в одновалковых зубчатых дробилках их динамика и динамика ударных процессов в них оказываются весьма сложными. Для успешной работы такого оборудования необходимо изучение с единой точки зрения определенного комплекса теоретических методов анализа, практических сведений и рекомендаций. Современное развитие информационных технологий и систем инженерного анализа позволяет эффективно проводить исследование ударных процессов в дробилках путем имитационного моделирования их работ.

В качестве основного инструмента моделирования в данной работе выбран программный комплекс Autodesk Inventor, который предоставляет широкие возможности для анализа динамических процессов и силового взаимодействия рабочих элементов дробилки [3].

Процесс моделирования включает несколько этапов: создание электронной геометрической модели дробилки, задание кинематических связей между деталями, определение силового взаимодействия, а также проведение динамического анализа системы. В Autodesk Inventor реализована методика, позволяющая проводить исследование рабочих характеристик дробилки с учетом

Раздел 2. «Машиностроение, технологические машины и транспорт, строительство»

воздействия ударных нагрузок и параметров упругих элементов. Данная методика включает операции построения 3D-моделей, назначение кинематических пар, задание внешних сил и выполнение динамического анализа системы [3].

Для исследования динамических процессов в одновалковой зубчатой дробилке была создана электронная геометрическая модель в программном комплексе Autodesk Inventor. Основным этапом включал моделирование 3D-объектов путем построения эскизов и их последующего преобразования с использованием булевых операций. Были разработаны 3D-модели ключевых деталей, включая ротор, звездочку (рисунок 3) и неподвижные элементы дробилки.

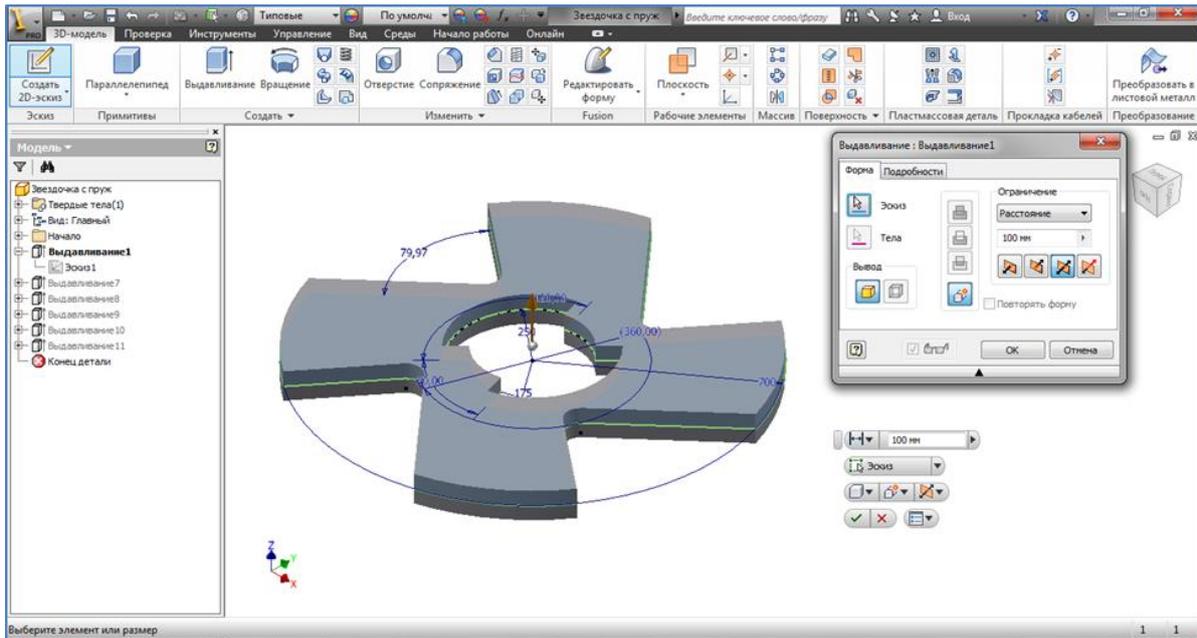
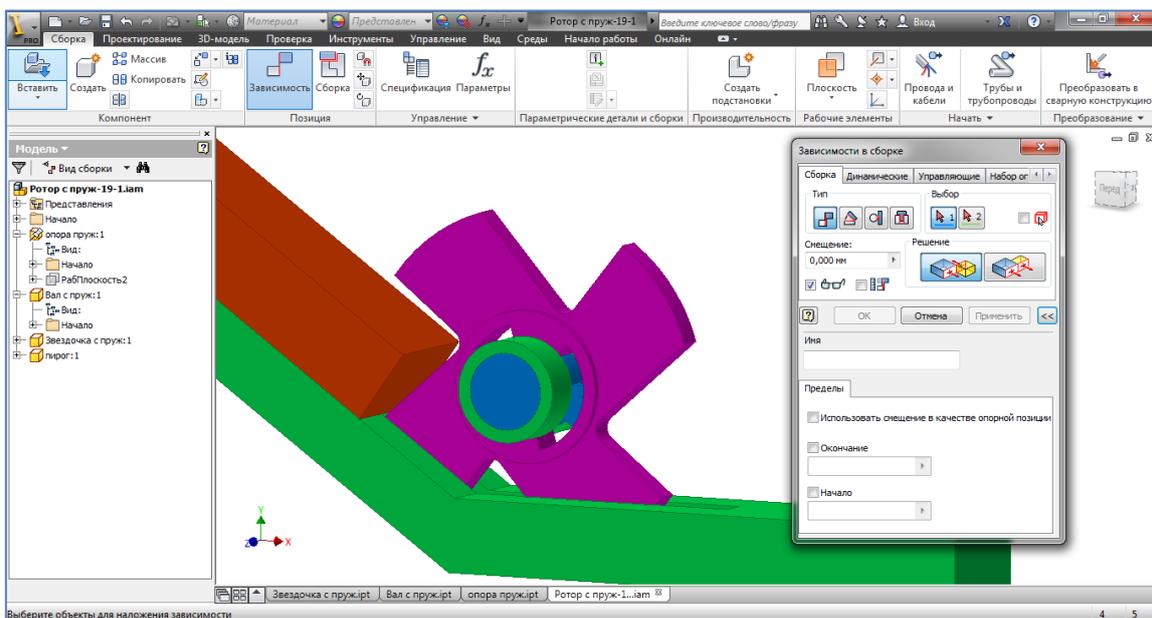


Рисунок 3 – Создание 3D модели звездочки

На следующем этапе осуществлено сборочное моделирование с назначением кинематических связей, определением параметров соединений и наложением внешних нагрузок (рисунок 4).



Раздел 2. «Машиностроение, технологические машины и транспорт, строительство»

Рисунок 4 – Создание электронной геометрической модели одновалковой зубчатой дробилки

В динамическом анализе использовались кинематические пары («Вращение», «Скольжение»), а также силовые соединения для имитации упругих элементов. Для оценки рабочих нагрузок задавалось вынужденное движение ротора и внешнее воздействие на зубья звездочки, моделируемое переменной силой по заданному закону изменения (рисунок 5).

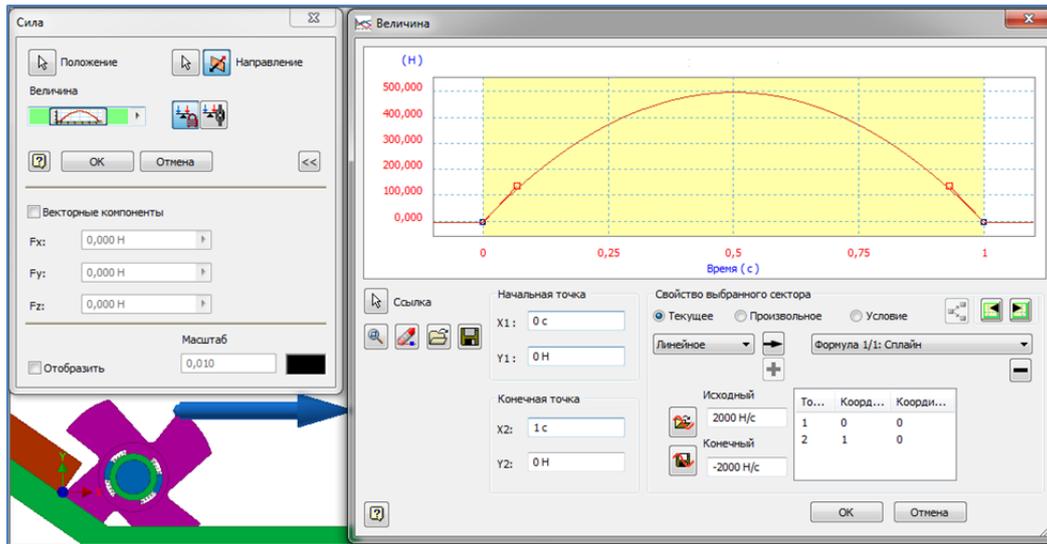


Рисунок 5 – Моделирование захвата зубьев звездочки упругими пластинами внешней силой

Продолжительность симуляции работы одновалковой зубчатой дробилки задали 30 секунд, что соответствует 1 обороту ротора при скорости его вращения 2 об/мин. На звездочке и вале ротора назначили точки трассировки, по значениям скоростей которых устанавливали моменты сжатия пружин и последующее реализация ими ударных нагрузок. После запуска расчета результаты моделирования отображается в устройстве графического вывода (рисунок 6).

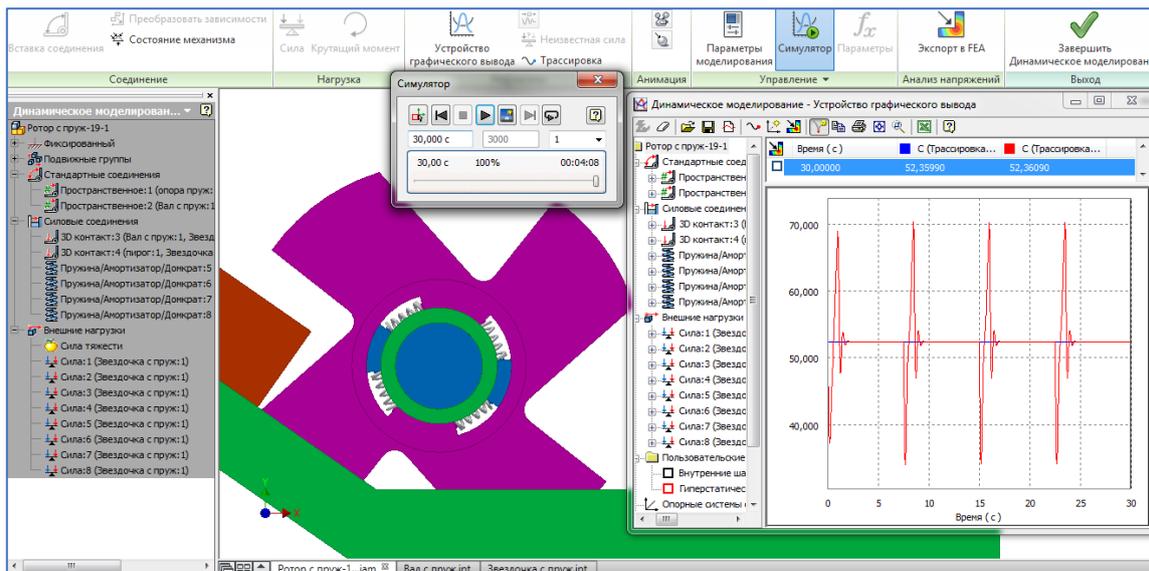


Рисунок 6 – Моделирование работы одновалковой зубчатой дробилки в модуле «Динамическое моделирование» программы Autodesk Inventor

Раздел 2. «Машиностроение, технологические машины и транспорт, строительство»

Основные результаты исследования и их обсуждение

В ходе моделирования вычислены значения скорости и ускорения подвижных компонентов, длины пружин и реактивных сил в пружинах, внешней силы в каждом зубе звездочки.

В процессе вращения ротора зубья звездочек входят в контакт с упругими пластинами, установленными в конструкции дробилки (рисунок 1). В результате захвата каждого из зубьев звездочки упругой пластиной, реализованной в модели внешней силой (рисунок 7), происходит постепенное сжатие пружин, соединяющих звездочки с валом ротора. В этот момент наблюдается снижение скорости вращения звездочек (рисунок 8), так как часть кинетической энергии системы преобразуется в потенциальную энергию упругих элементов (рисунок 9).

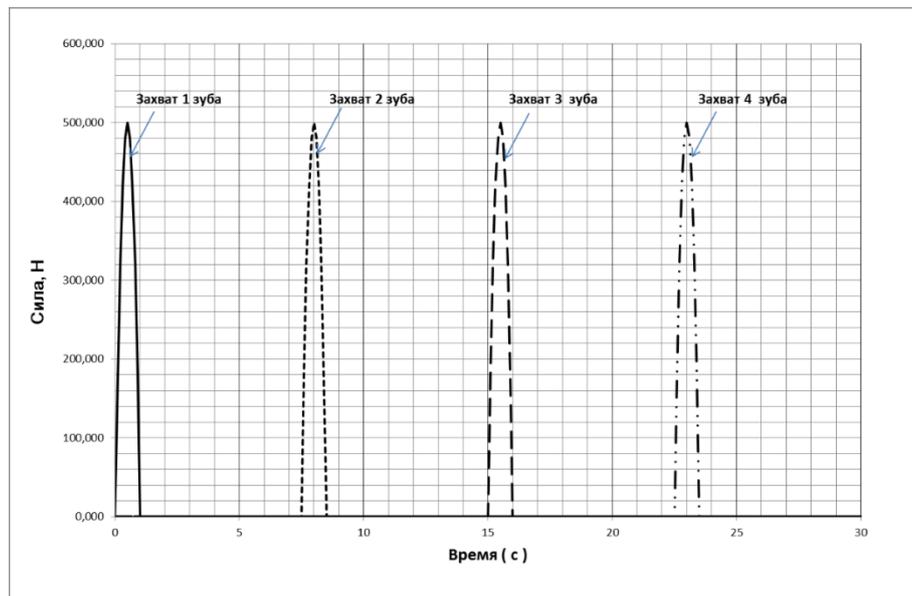


Рисунок 7 – Действие внешней силы, моделирующая действие упругой пластины на зубья звездочки

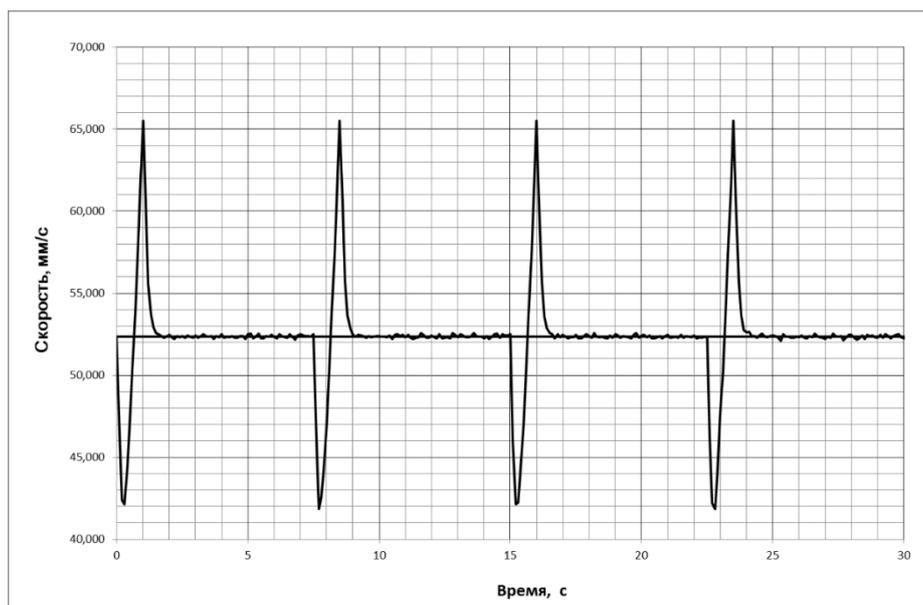


Рисунок 8 – Изменение скорости в точках трассировки звездочки и вала ротора

Раздел 2. «Машиностроение, технологические машины и транспорт, строительство»

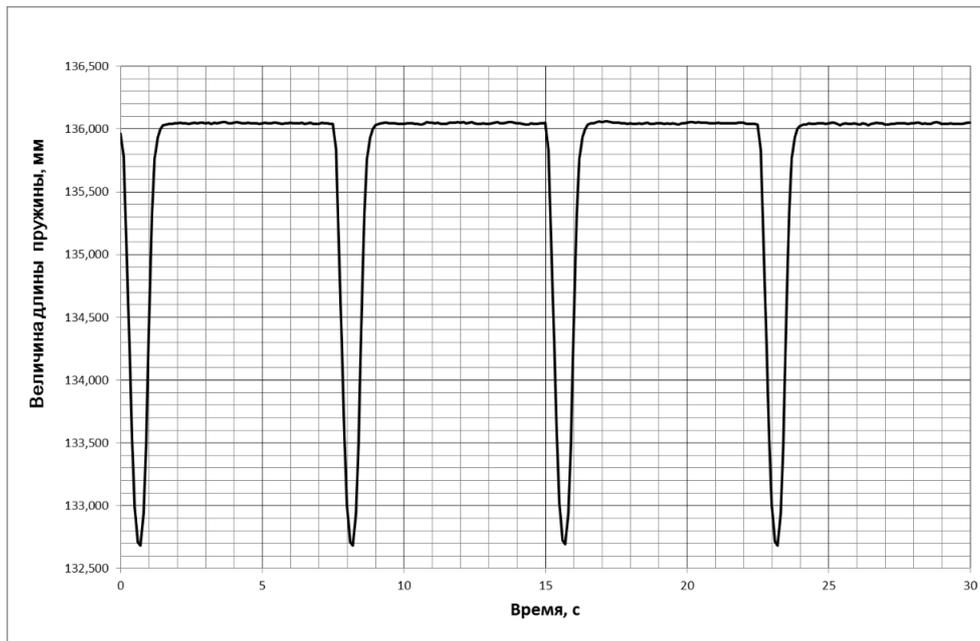


Рисунок 9 – Изменение величины длины пружины в результате действия внешней силы, моделирующее действие упругой пластины на зубья звездочки

По мере увеличения деформации пружин их упругие силы нарастают, пока не достигается предельное значение, соответствующее жесткости пластин. В этот момент пружины начинают разжиматься, высвобождая накопленную энергию. Это приводит к резкому увеличению угловой скорости звездочек, что сопровождается скачкообразным ускорением их вращения (Рисунок 10). Таким образом, в механизме дробилки реализуется периодическая цикличность замедления и резкого ускорения звездочек, что создает условия для формирования ударных нагрузок на агломерат.

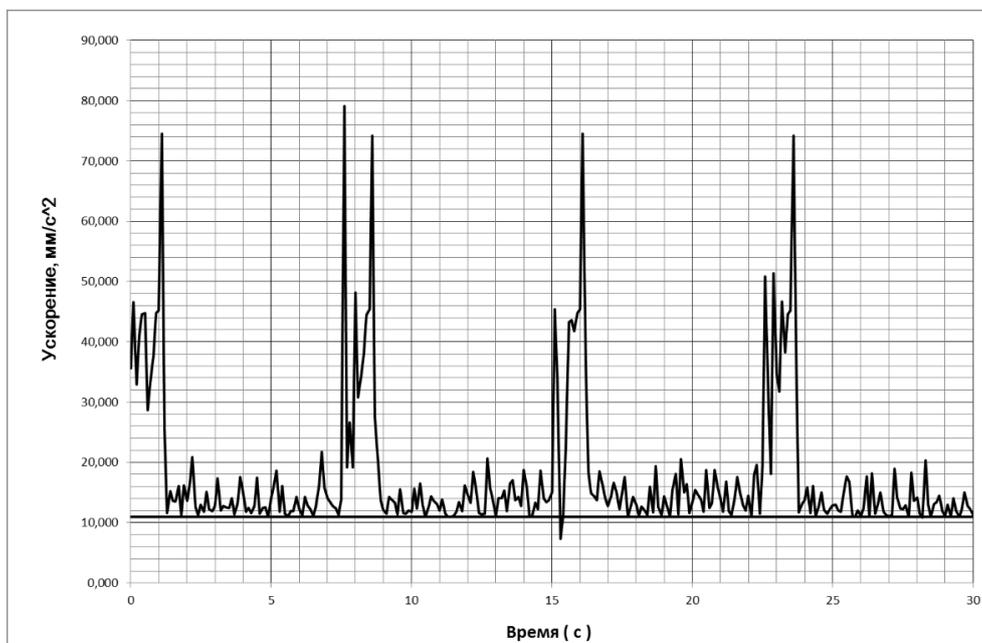


Рисунок 10 – Изменение ускорения в точках трассировки звездочки и вала ротора

Раздел 2. «Машиностроение, технологические машины и транспорт, строительство»

Возникающая в результате разжатия пружин импульсная передача энергии приводит к интенсивному механическому воздействию на агломерат. При достижении критического уровня накопленной энергии происходит резкое вращение звездочек, сопровождающееся ударом их зубьев о поверхность агломерационного пирога.

В отличие от традиционных способов дробления, использующих постоянное механическое давление, предложенная методика позволяет добиться динамического изменения силы воздействия. Ударные нагрузки способствуют не только разрушению крупных фрагментов агломерата, но и обеспечивают более равномерное распределение энергии по всей зоне контакта. Это позволяет уменьшить вероятность образования крупных недроблённых частиц и улучшить фракционный состав конечного продукта.

Дополнительно анализ результатов моделирования показывает, что распределение энергий в системе влияет на амплитуду и частоту возникающих ударных нагрузок. За счет варьирования параметров упругих элементов можно регулировать интенсивность дробления, адаптируя конструкцию для различных типов агломератов.

Динамическое моделирование позволило детально проанализировать закономерности движения звездочек в процессе дробления. При взаимодействии зубьев с упругими пластинами скорость вращения звездочек изменяется нелинейно (Рисунок 8). В момент сжатия пружин наблюдается замедление, а в момент их разжатия – резкое ускорение (Рисунок 10).

Кинематические характеристики звездочек показывают, что процесс сопровождается значительными изменениями углового ускорения, что подтверждает импульсный характер движения. Данное поведение обусловлено особенностями конструкции, в которой используется комбинация упругих элементов и внешнего силового воздействия.

Также анализ динамических параметров системы позволяет прогнозировать величины нагрузок, действующих на конструктивные элементы дробилки. Это важно с точки зрения оценки ресурса деталей и выбора оптимальных материалов, обладающих необходимыми прочностными

Выводы

1. Предложена новая конструкция одновалковой зубчатой дробилки с механизмом накопления и высвобождения кинетической энергии посредством упругих элементов. В отличие от традиционных дробильных установок, данное техническое решение позволяет реализовать ударное воздействие на агломерат, что способствует более эффективному разрушению материала при сниженных энергозатратах.

2. Выполнено компьютерное моделирование динамических процессов дробления в программном комплексе Autodesk Inventor. В ходе исследования проанализированы кинематические и динамические характеристики подвижных элементов дробилки, определены закономерности изменения угловых скоростей и ускорений звездочек, а также выявлено влияние параметров упругих элементов на интенсивность ударных нагрузок.

3. Показано, что применение ударного механизма способствует более равномерному распределению энергии разрушения, снижению вероятности образования крупных недроблённых частиц и улучшению гранулометрического состава конечного продукта. Кроме того, регулирование жесткости пружин и длины упругих пластин позволяет адаптировать работу дробилки к различным свойствам агломерата, повышая универсальность установки.

4. Выявлены закономерности взаимодействия зубьев звездочек с упругими пластинами, определены критические параметры сжатия пружин и их влияние на импульсную передачу энергии. Доказано, что циклическое изменение угловой скорости звездочек приводит к формированию периодических ударных нагрузок, повышающих эффективность разрушения агломерационного спека.

5. Полученные результаты могут быть использованы при проектировании и модернизации дробильных установок для металлургической и горнодобывающей промышленности. Применение

Раздел 2. «Машиностроение, технологические машины и транспорт, строительство»

современных методов инженерного анализа позволяет повысить надежность оборудования, уменьшить износ рабочих элементов и сократить эксплуатационные затраты.

Список литературы

1. Johansson, M., Bengtsson, M., Evertsson, M., & Hulthén, E. A fundamental model of an industrial-scale jaw crusher. // *Minerals Engineering*, 2017, 105, pp. 69–78. <https://doi.org/10.1016/j.mineng.2017.01.012>.
2. Legendre, D., & Zevenhoven, R. Assessing the energy efficiency of a jaw crusher. // *Energy*, 2014, 74, pp. 119–130. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2014.04.036>.
3. Younis, W. The Dynamic Simulation Environment. Up and Running with Autodesk Inventor Simulation 2011, 2010, pp. 1–96. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-382102-7.10001-7>.
4. Beloglazov, I. I., & Ikonnikov, D. A. Computer Simulation Methods for Crushing Process in a Jaw Crusher. // *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 2016, 142, 012074. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/142/1/012074>.
5. Refahi, A., Aghazadeh Mohandesi, J., & Rezai, B. Discrete element modeling for predicting breakage behavior and fracture energy of a single particle in a jaw crusher. // *International Journal of Mineral Processing*, 2010, 94(1-2), pp. 83–91. <https://doi.org/10.1016/j.minpro.2009.12.002>.
6. Белоглазов И. И., Иконников Д. А. Применение метода дискретных элементов для моделирования процесса измельчения горных пород в щековой дробилке. // *Известия высших учебных заведений. Приборостроение*. – 2016. – №9 – С.780-786.
7. Dowding, C. H., & Lytwynshyn, G. Point load—deformation relationships and design of jaw crusher plates. *Powder Technology*, 1982, 31(2), 277–286.
8. Younis, W. The Dynamic Simulation Environment. Up and Running with Autodesk Inventor Simulation 2011, 2010, pp. 1–96. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-382102-7.10001-7>.

К.А.Ногаев, С.Ж., Кыдырбаева, А.С.Авилкин

Бір білікті соққылы ұсатқыштағы динамикалық процестерді зерттеу

Бұл мақалада металлургиялық өндірісте агломерациялық агломерацияны ұсақтау үшін қолданылатын бір білікті тісті ұсатқыштың конструкциясын жетілдіру мәселелері қарастырылды. Зерттеу энергия шығынын азайта отырып, материалды неғұрлым қарқынды жоюды қамтамасыз ететін әсер ету механизмін енгізу арқылы ұсақтау тиімділігін арттыруға бағытталған. Серпімді элементтерді пайдалана отырып кинетикалық энергияны жинақтау және босату механизмін жүзеге асыратын жаңа ұсатқыш конструкциясы ұсынылады. Бұл тәсіл ұнтақталған материалға әсер ету күшінің динамикалық өзгеруіне мүмкіндік береді, бұл соққы энергиясын біркелкі бөлуге және соңғы өнімнің гранулометриялық құрамын жақсартуға ықпал етеді. Ұсақтау процестерін динамикалық талдау үшін Autodesk Inventor ортасында компьютерлік модельдеу орындалды, оның ішінде электронды геометриялық модельді жасау, кинематикалық байланыстарды тағайындау, құрылымдық элементтердің күш әсерлесуін анықтау және жүйенің динамикалық талдау жүзеге асырылды. Зерттеу барысында бұрыштық жылдамдықтың өзгеру заңдылықтары және жұлдызшалардың айналуының үдеулері анықталды, серпімді элементтердің параметрлерінің әсер ету қарқындылығына әсері бағаланды. Модельдеу нәтижелері ұсынылған жобаның импульстік энергияны беру есебінен ұсату тиімділігін арттыруды қамтамасыз ететінін, дәстүрлі ұсақтау схемаларымен салыстырғанда энергия шығындарын азайтатынын және агломераттың қасиеттеріне байланысты ұсатқыштың жұмыс параметрлерін реттеуге мүмкіндік беретінін көрсетті. Алынған мәліметтерді металлургия және тау-кен өнеркәсібі үшін

Раздел 2. «Машиностроение, технологические машины и транспорт, строительство»

жаңа ұсақтау қондырғыларын жобалау және жұмыс істеп тұрғандарын жаңғырту кезінде пайдалануға болады.

Түйін сөздер: агломератты ұсақтау, бір орамды тісті уатқыш, соққы әрекеті, серпімді элементтер, компьютерлік модельдеу, Autodesk Inventor, динамикалық талдау.

K.A.Nogayev, S.Zh Kydyrbayeva., A.S.Avilkin

Study of Dynamic Processes in a Single-Roll Gear Crusher with Impact Action

This paper addresses the improvement of the design of a single-roll gear crusher used for crushing agglomerate sinter in metallurgical production. The study aims to enhance the crushing efficiency by implementing an impact mechanism that enables more intense material fragmentation while reducing energy consumption.

A novel crusher design is proposed, incorporating a mechanism for accumulating and releasing kinetic energy through elastic elements. This approach allows for dynamic variation in the applied impact force, ensuring a more uniform energy distribution and improving the granulometric composition of the final product.

To analyze the dynamic crushing processes, computer modeling was performed in the Autodesk Inventor environment. The study included the development of a digital geometric model, the definition of kinematic constraints, the determination of force interactions between structural elements, and a dynamic system analysis. The investigation identified patterns in the variation of angular velocity and acceleration of the crusher's star wheels and evaluated the influence of elastic element parameters on impact intensity.

The simulation results demonstrate that the proposed design improves crushing efficiency by utilizing impulse energy transmission, reduces energy consumption compared to conventional crushing schemes, and allows for the adjustment of crusher operation parameters based on agglomerate properties. The obtained data can be applied in the design of new and modernization of existing crushing equipment for the metallurgical and mining industries.

Key words: agglomerate crushing, single-roll gear crusher, impact action, elastic elements, computer modeling, Autodesk Inventor, dynamic analysis.

References

1. Johansson, M., Bengtsson, M., Evertsson, M., & Hulthén, E. A fundamental model of an industrial-scale jaw crusher. // *Minerals Engineering*, 2017, 105, pp. 69–78. <https://doi.org/10.1016/j.mineng.2017.01.012>.
2. Legendre, D., & Zevenhoven, R. Assessing the energy efficiency of a jaw crusher. // *Energy*, 2014, 74, pp. 119–130. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2014.04.036>.
3. Younis, W. The Dynamic Simulation Environment. Up and Running with Autodesk Inventor Simulation 2011, 2010, pp. 1–96. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-382102-7.10001-7>.
4. Beloglazov, I. I., & Ikonnikov, D. A. Computer Simulation Methods for Crushing Process in a Jaw Crusher. // *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 2016, 142, 012074. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/142/1/012074>.
5. Refahi, A., Aghazadeh Mohandesi, J., & Rezai, B. Discrete element modeling for predicting breakage behavior and fracture energy of a single particle in a jaw crusher. // *International Journal of Mineral Processing*, 2010, 94(1-2), pp. 83–91. <https://doi.org/10.1016/j.minpro.2009.12.002>.
6. Beloglazov I. I., Ikonnikov D. A. Primenenie metoda diskretny`x e`lementov dlya modelirovaniya processa izmel`cheniya gorny`x porod v shhekovej drobilke. // *Izvestiya vy`sshix uchebny`x zavedenij. Priborostroenie*. – 2016. – №9 – S.780-786.

Раздел 2. «Машиностроение, технологические машины и транспорт, строительство»

7. Dowding, C. H., & Lytwynyshyn, G. Point load—deformation relationships and design of jaw crusher plates. *Powder Technology*, 1982, 31(2), 277–286.

8. Younis, W. The Dynamic Simulation Environment. Up and running with Autodesk Inventor Simulation 2011, 2010, pp. 1–96. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-382102-7.10001-7>.

Раздел 2. «Машиностроение, технологические машины и транспорт, строительство»

FTAMP 14.35.07
ӨОК: 378.147

DOI [10.53002/068](https://doi.org/10.53002/068)

К.А. Азимбаев¹, А.Р. Камарова²

¹Қарағанды индустриалық университеті, Теміртау қ., Қазақстан
²Теміртау жоғары политехникалық колледжі, Теміртау қ., Қазақстан
(E-mail: k.azimbayev@ttu.edu.kz)

Инновациялық технологиялардың маңызы бейінді пәндерді оқытуда

Жұмыста жаңа әлеуметтік-экономикалық жағдайда адамның интеллектуалды, жеке және рухани қасиеттерін дамыту қажеттілігі қарастырылады. Бейіндік пәндерді оқытудағы инновациялық технологиялардың маңыздылығы мамандарды даярлау сапасын арттыру болып табылады. Инновациялық технологиялар маманның білімі, дағдылары мен дағдыларының функционалдық кәсіби міндеттерге ғана емес, еңбек нарығының қажеттіліктеріне де сәйкестігін қамтамасыз етеді.

Танымдық дағдылар мен шығармашылық ойлауды дамыту. Инновациялық технологияларды енгізу білім алушылардың зерттелетін тақырыптың практикалық маңыздылығын түсіну, қорытынды жасау, талдау қабілетін дамытуға ықпал етеді.

Әр студентті белсенді танымдық қызметке тарту. Бұл сыни ойлауды, диалогтық сөйлеуді, дәлелдеу қабілетін дамытуға ықпал етеді. Студенттер ынтымақтастық, шешімдерді ұжымдық іздеу дағдыларын игереді, оқуға белсенді қатысады және өз білімдерін басқаларға береді.

Инновациялық әдістер мен формалар білім алушылардың танымдық іс-әрекетте дербестігін дамытуға және қолда бар білімді оқу процесінде қолдануға мүмкіндік береді.

Түйінді сөздер: студент, маман, кәсіпқойлық, көлік, сапа, қасиет, инновация, ақпараттық-коммуникациялық технологиялар, ғылым, технология, ынтымақтастық.

Kipicne

Білім беру үдерісіндегі инновациялық технологиялардың маңыздылығы білім алушылардың зерттелетін тақырыптың практикалық маңыздылығын талдау, қорытынды жасау және түсіну қабілетін дамытуға ықпал етеді, өйткені мұндай технологиялар белсенді, шығармашылық тұлғаны қалыптастыруға бағытталған [1].

Оқытушының жетекшілігімен сабақтарда білім алушылардың оқу мәселелерін шешу бойынша дербес іздестіру қызметі ұйымдастырылады. Сабақ барысында студенттер проблеманы көріп қана қоймай, оны шешу жолдарын біртіндеп, бұрыннан белгілі нәрсені ескере отырып анықтауға үйренеді. Нәтижесінде білім алушылар ақпаратпен сауатты жұмыс істеуді үйренеді: белгілі бір мәселені шешу үшін қажетті фактілерді жинау, оларды талдау, проблемаларды шешу гипотезаларын ұсыну, қажетті жалпылау, ұқсас немесе балама шешімдермен салыстыру.

Әдістер мен материалдар

Бүгінгі таңда көптеген бейіндік пәндердің оқытушылары студенттердің оларға берілетін ең көп нәрсені игеруі үшін заманауи сабақ қандай болуы керек деген сұрақтар қояды.

Қазір жаңа сапалы маман даярлау қажет, қоғамға тек сауатты қызметкер ғана емес, өзін-өзі тәрбиелеуге қабілетті, іске шығармашылық көзқарасқа бағдарланған, ойлау мәдениеті жоғары, көпжақты дамыған адам қажет.

Раздел 2. «Машиностроение, технологические машины и транспорт, строительство»

Біз студентке өмір бойы білім алу қабілетін үйретуіміз керек, ол үшін оқытушы әдістемелерді үнемі жаңартып отыруға, жаңа буынмен ынтымақтасуға, үнемі өзгеріп отыратын ортаға сәйкес келуге, өз студенттерінде пәнге шығармашылық көзқарасты ынталандыруға, ол үшін оқытудың әртүрлі дәстүрлі емес формалары мен әдістерін, инновациялық технологияларды қолдануға қабілетті болуы қажет.

Инновация — бұл теориялық негізделген, мақсатты және тәжірибеге бағытталған инновация.

Инновациялық білім берудің мақсаттары:

- студенттің зияткерлік-тұлғалық және рухани дамуының жоғары деңгейін болашақтың білім беру ортасына қамтамасыз ету;

- ғылыми ойлау стилінің дағдыларын игеру үшін жағдай жасау;

- әлеуметтік-экономикалық және кәсіптік салалардағы инновациялар әдіснамасын оқыту [1].

Жоғары оқу орындарындағы дәстүрлі білім беру процесі студенттерге білім береді, бірақ бұл білімді белгілі бір кәсіби қызметке байланыстыру эпизодтық түрде орын алады, мысалы, курстық жұмыс орындауда, диплом алдындағы немесе өндірістік тәжірибе өту кезінде. Бұл жағдайда студентті нақты кәсіби біліммен және сапамен қамтамасыз ету өте күрделі екені анық. Инновациялық білім инновациялық динамиканы игеру процесінде кәсіби білім мен сапаны қалыптастыруға бағытталған, мысалы, электронды оқулық арқылы типтік инновацияларды игеру процесінде, онда осы кәсіби қызмет саласының даму барысын көрсететін типтік инновациялар ұсынылған, интегралды түрде кәсіби міндеттер жинақталған. Осылайша, кәсіпқойлық ұғымы түлектің интегралды сапасына айналады, ол оны оқу процесінде өзі синтездейді. Студенттің өзін кәсіби маман ретінде тануы білім беру процесінің нәтижесіне әсер етеді, өйткені ол өзін-өзі дамыту мотивациясын белсендіреді, бұл өз кезегінде оқу процесін дамып келе жатқан тұлғаның қажеттіліктерін қанағаттандыру көзіне айналдырады. Нәтижесінде студент формальды-құқықтық (студент білім беру субъектісі ретінде) нақты антропоцентризм жағдайына (студент — өз өмірінің субъектісі) нақты ауысуды жүзеге асырады.

Тұлғаға бағытталған технологияларға ерекше назар аударылады — ынтымақтастықта оқыту, жоба әдісі, даралау және саралау технологиялары, көп деңгейлі оқыту.

Даралау технологиясы курстық жобамен, дипломдық жобалаумен пәндер сабақтарын өткізуде кеңінен қолданылады. Курстық немесе дипломдық жобаларды қорғаудағы студенттердің жетістіктері жұмыстың нәтижелілігін айғақтайды.

Ұжымдық оқыту технологиясы сабақтарды өткізуде семинарлар, әңгімелер, пікірталастар, диалог түрінде қолданылады, нәтижесінде студенттің алдына қойылған проблемалық жағдайдың шешімі, мысалы, көлік техникасында шешіледі.

Ынтымақтастықта оқыту бейіндік цикл пәндері бойынша зертханалық және тәжірибелік жұмыстар жүргізу кезінде жүзеге асырылады.

Оқытылатын пәнге қызығушылықты ояту, оқушылардың шығармашылық белсенділігін белсендіру, олардың өзіндік танымдық іс — әрекетін қалыптастыру дәстүрлі емес түрде — ТТК сабағы, конкурс сабағы, екілік сабақ өткізу кезінде қол жеткізіледі [2].

Құрылым мен мінезді оқытудың екілік формасы оқытудың басқа түрлерінен, дәстүрлі теориялық және өндірістік сабақтардан айтарлықтай ерекшеленеді. Бұл теорияның практикамен біртұтас байланысын ғана емес, сонымен қатар технологиялық сипаттағы бірнеше арнайы пәндердің тірек білімінің тақырыптарын біріктіреді.

Екілік оқытудың негізі студенттердің танымдық және тәжірибелік қызметін кезең-кезеңімен ұйымдастыру болып табылады. Мұндай сабақтар студенттердің жоғары белсенділігі жағдайында жанды, эмоционалды түрде өтеді және бірнеше пәннің материалын қамтиды.

Жүйе студенттердің өндірістік практикадан (технологиялық және диплом алдындағы) өту қорытындысы бойынша мамандық апталары кезеңінде конференциялар өткізу болды, оған мамандықтың үшінші және төртінші курс студенттері қатысады. Конференцияда студенттер тәжірибеде алған әсерлерімен бөлісіп қана қоймай, тәжірибе мамандық бойынша кәсіби қызметті игеруге бағытталғанын растайды; арнайы цикл пәндерін оқу кезінде алған білімдерін бекіту, кеңейту, тереңдету және жүйелеу, бастапқы практикалық тәжірибе алу, кәсіби ойлауды дамыту, өз бетінше еңбек қызметіне кәсіби дайындығын тексеру, көлік кәсіпорындарында қозғалыс қауіпсіздігі мен

Раздел 2. «Машиностроение, технологические машины и транспорт, строительство»

енбекті қорғауды қамтамасыз ету жөніндегі жұмысты зерделеу. Олар өздерінің теориялық білімдерін ұйымдар мен мекемелер мамандарының нақты тапсырмаларын орындау кезінде жиі қолдануға мәжбүр болды, олар кіші курс студенттеріне қоштасу сөздерін айтады.

Инновациялық технологиялар призмасының астында студенттердің арнайы пәндерді білуін тексеру жүйесі өзгеруде. Компьютерлік технологияларды (компьютерлік тестілеу) қолдануға бағытталған және қазіргі заманның шындығына толық жауап беретін студенттердің дайындық деңгейін өлшеудің заманауи әдістері түбегейлі жаңа мүмкіндіктер береді, оқытушы қызметінің тиімділігін арттырады. Бұл технологиялардың маңызды артықшылығы, олар студентке де жаңа мүмкіндіктер береді. Оқу объектісінен шыққан студент оқу процесіне саналы түрде қатысатын және онымен байланысты шешімдерді өз бетінше қабылдайтын оқу субъектісіне айналады. Сонымен қатар, егер дәстүрлі бақылау кезінде студенттердің дайындық деңгейі туралы ақпаратты тек оқытушы ғана иеленсе және оған толық иелік етсе, онда ақпаратты жинау мен талдаудың жаңа компьютерлік әдістерін қолданған кезде ол білім алушыларға да қол жетімді болады. Бұл оларға оқу процесінің барысына байланысты саналы түрде шешім қабылдауға, студенттер мен оқытушыларды нәтижелеріне бірдей қызығушылық танытатын маңызды істе серіктес етуге мүмкіндік береді. Компьютерлік тестілік білімді бақылаудың күшті жағы — тестілеу процесінде материалдың үлкен көлемін қамту және сол арқылы тестіленіп жатқан студенттің білімі туралы шынымен кең түсінік алу мүмкіндігі, бұл оқу процесінің нәтижелерін бағалаудың объективтілігін, егжей-тегжейін және дәлдігін айтарлықтай арттыруға мүмкіндік береді [2, 3].

Арнайы пәндерді оқытудағы инновациялық технологиялардың объектісі ретінде оқу-зерттеу қызметі студенттер мен оқытушылардың бірлескен жұмыс процесі ретінде маңызды рөл атқарады, ол зерттеуге тән негізгі кезеңдерден тұрады:

- проблеманы қою;
- осы мәселе бойынша теорияны зерттеу;
- зерттеу әдістерін таңдау және оларды практикалық игеру;
- материал жинау, оны талдау және жалпылау;
- қорытындылар. Осылайша, біз оқу-зерттеу қызметі ғылыми сипатта екенін көреміз. Ғылыми-зерттеу қызметі — бұл ғылыми жұмысты жүргізудің нақты нысаны, яғни объектіні, процесті, құбылысты, олардың құрылымын, байланыстары мен қатынастарын олар туралы әлі белгісіз білім алу және осы білімді практикалық қызметте одан әрі пайдалы пайдалану мақсатында ғылымда жасалған таным принциптері мен әдістеріне негізделген жан-жақты, сенімді зерттеу.

Зерттеу жобалары мен тапсырмаларын орындау барысында студент белгілі бір зерттеу дағдыларын игереді:

- ғылыми әдебиеттермен жұмыс істеу, қажетті ақпаратты іріктеу және талдау, зерттеу мәселесін көру, гипотеза жасау, ұғымдарға анықтама беру, ойларды жазбаша және ауызша түрде дәлелді және қисынды түрде жеткізу, қызмет алгоритмдерін дербес құру, егжей-тегжейлі дәлелдер келтіру;
- олардың жетістіктерін объективті бағалау;
- жыл сайынғы ғылыми-практикалық конференцияларға қатыса отырып, күш-жігерді алынған қызмет нәтижелерімен байланыстыру, жеке дүниетанымдық көзқарастарды қорғау.

Бейнематериалдарды, компьютерлік презентацияларды пайдалана отырып, арнайы пәндер сабақтарын өткізу — оқудағы қуатты ынталандыру. Осындай сабақтар арқылы студенттердің психикалық процестері белсендіріледі:

- қабылдау, зейін, есте сақтау, ойлау;
- танымдық қызығушылықтың қозуы әлдеқайда белсенді және тезірек жүреді.

Ақпараттық технологиялар ақпаратты әртүрлі нысандарда ұсынады және осылайша оқу процесін тиімдірек етеді. Белгілі бір материалды зерттеуге кететін уақытты үнемдеу орташа есеппен 30 % құрайды, ал алынған білім жадта едәуір ұзағырақ сақталады. Осылайша, ақпараттық-коммуникациялық технологияларды (АКТ) дұрыс тандалған оқыту технологияларымен бірге қолдану оқыту сапасының, өзгергіштігінің, дифференциациясының және даралануының қажетті деңгейін жасайды [3, 4].

Раздел 2. «Машиностроение, технологические машины и транспорт, строительство»

Осыған байланысты келесі тұжырымдар жасауға болады және мұндай сабақтың қарапайымға қарағанда бірқатар артықшылықтарын атап өтуге болады:

- жаңа материалды игеру жақсарады, өйткені көрнекі-бейнелі ойлаудың басым болуының нәтижесінде студенттер осылайша берілген ақпаратты оңай қабылдайды;
- жұмыс барысында студенттерде кеңістіктік және логикалық ойлау қалыптасады;
- табиғи түрде білім алушылардың жұмыс қарқынын оңтайландыруға қол жеткізіледі;
- компьютерлік анимацияның көмегімен сабақта проблемалық жағдай туғызуға мүмкіндік бар, нәтижесінде сабақ оқу ойынының сипатына ие болады және студенттердің көпшілігі оқу іс-әрекетінің мотивациясын арттырады.

Кәдімгі сабақты компьютермен біріктіру оқытушыға өз жұмысының бір бөлігін компьютерге ауыстыруға мүмкіндік береді, сонымен бірге оқу процесін қызықты, әртүрлі, қарқынды етеді. Атап айтқанда, анықтамаларды, тапсырмаларды және материалдың басқа да маңызды бөліктерін жазу процесі жылдамырақ болады, өйткені мұғалім мәтінді бірнеше рет қайталамауы керек (ол оны экранға шығарды), студент өзіне қажет фрагменттің қайталануын күтудің қажеті жоқ. Мұның бәрі компьютерлік презентацияларды қолданатын сабақтың әдеттегі сабаққа қарағанда тиімділігі жоғары екенін көрсетеді [4].

Жоғары білім берудің негізгі міндеті — студенттерді алдағы еңбек қызметіне, оның ішінде жоғары буын басшысына даярлау.

Жұмысқа дайындық, бір жағынан, білім негіздерімен қарулануды, екінші жағынан — кәсіби дағдыларды қалыптастыруды қамтиды. Маман өз жұмысын жоспарлай білуі, қазіргі жағдайды талдау негізінде жедел шешімдер қабылдай білуі, есептеулер жүргізе білуі, өз жұмысының барысы мен нәтижелерін бақылай білуі керек.

Іскерліктер іс-әрекет процесінде қалыптасады. Осы немесе басқа шеберлікті дамыту үшін әрекеттерді, жаттығуды бірнеше рет қайталау қажет. Дағдыларды қалыптастыру студенттердің тиісті тапсырмаларды бірнеше рет орындау процесінде жүреді: тапсырмалар, жаттығу сынақтары, әртүрлі есептеулер, жағдайларды талдау.

Дағдыларды қалыптастыруға бағытталған инновациялық технологиялардың мәні студенттердің осындай міндеттерді орындауын қамтамасыз ету болып табылады, оларды шешу барысында олар қызмет тәсілдерін игереді.

Мұның бәрі инновациялық оқытудың жетекші функциялары деп санауға болады деген қорытынды жасауға мүмкіндік береді:

- студент пен оқытушы тұлғасының қарқынды дамуы;
- олардың бірлескен қызметі мен қарым-қатынасын демократияландыру;
- оқу-тәрбие процесін ізгілендіру;
- шығармашылық оқытуға және белсенді оқытуға бағдарлану, студенттің өзін болашақ маман ретінде қалыптастырудағы бастамасы;
- болашақ маманның инновациялық ойлауын қалыптастыруға ықпал ететін оқыту құралдарын, әдістерін, технологияларын мен материалдық базасын жаңғырту [5].

Нәтижелер және талқылау

Инновациялық білім беру технологиялары күрделі объектілер болып табылады, оларды негізгі қасиеттер біріктіреді: жүйелілік, күрделілік, тұтастық және ғылым. Сондай-ақ, заманауи білім беру технологиялары дамушы сипатқа ие, құрылымы мен иерархиясы бар.

Қорытындылар

Осылайша, инновациялық технологияларды қолдану студенттерді белсенділікті арттыруға, олардың пәнді оқуға қызығушылығы мен қызығушылығын арттыруға ынталандыруға мүмкіндік береді, өзін-өзі тәрбиелеуге және шығармашылық әлеуетті ашуға ықпал етеді, нәтижесінде оқытудың

Раздел 2. «Машиностроение, технологические машины и транспорт, строительство»

тиімділігі артады, сонымен қатар практикалық іс-әрекет дағдыларын қалыптастыруға, коммуникативтік дағдыларды дамытуға, кәсіби дайындық деңгейін арттыруға ықпал етеді.

Әдебиеттер тізімі

1. Митина Л.М. Жаңа әлеуметтік-экономикалық жағдайларда адамның жеке және кәсіби дамуы. Психология: тұлға және бизнес. [Электрондық ресурс]. Қол жеткізу режимі: <https://hr-portal.ru/article/lichnostnoe-i-professionalnoe-razvitiye-cheloveka-v-novyh-socialno-ekonomicheskikh-sloviyah>
2. Педагогикалық шеберлік және педагогикалық технологиялар: Оқу құралы / Ред. Л.К. Гребенкиной, Л.А. Байковой. – 3-ші бас., түзет. және қос. – М.: Ресейдің педагогикалық қоғамы, 2000. – 187 с.
3. Исаев И.Ф. Оқытушының кәсіби-педагогикалық мәдениеті / И.Ф. Исаева. – Жоғары оқу орын. арнал. оқу құралы. – Академия, 2004. – 218 с.
4. Никулина Н.Ф. Оқытушының инновациялық қызметін қалыптастыру / Н.Ф. Никулина / Маман. – 2002. – 178 с.
5. Шумилова Н.Н. Мамандарды даярлау сапасын басқару / Н.Н. Шумилова / Маман. – 2007. – 189 с.

К.А. Азимбаев, А.Р. Комарова

Значение инновационных технологий в преподавании профильных дисциплин

В работе рассматривается необходимость развития интеллектуальных, личностных и духовных качеств человека в новых социально-экономических условиях. Важность инновационных технологий в преподавании профильных дисциплин заключается в повышении качества подготовки специалистов. Инновационные технологии обеспечивают соответствие знаний, умений и навыков специалиста не только функциональным профессиональным задачам, но и потребностям рынка труда.

Развитие познавательных навыков и творческого мышления. Внедрение инновационных технологий способствует развитию у обучающихся умения понимать практическую значимость изучаемой темы, делать выводы, анализировать.

Вовлечение каждого студента в активную познавательную деятельность. Это способствует развитию критического мышления, диалогической речи, способности аргументировать. Студенты приобретают навыки сотрудничества, коллективного поиска решений, активно участвуют в обучении и передают свои знания другим.

Инновационные методы и формы позволяют развивать самостоятельность обучающихся в познавательной деятельности и применять имеющиеся знания в учебном процессе.

Ключевые слова: студент, специалист, профессионализм, транспорт, качество, достоинство, инновации, информационно-коммуникационные технологии, наука, технологии, сотрудничество.

А.К. Azmbayev, A.R. Komarova

The importance of innovative technologies in teaching specialized disciplines

The paper considers the need to develop intellectual, personal and spiritual qualities of a person in new socio-economic conditions. The importance of innovative technologies in teaching specialized disciplines lies in improving the quality of specialist training. Innovative technologies ensure that the knowledge, skills and abilities of a specialist correspond not only to functional professional tasks, but also to the needs of the labor market.

Раздел 2. «Машиностроение, технологические машины и транспорт, строительство»

Development of cognitive skills and creative thinking. The introduction of innovative technologies contributes to the development of students' ability to understand the practical significance of the topic being studied, draw conclusions, and analyze.

Involvement of each student in active cognitive activity. This contributes to the development of critical thinking, dialogical speech, and the ability to argue. Students acquire skills of cooperation, collective search for solutions, actively participate in learning and transfer their knowledge to others.

Innovative methods and forms make it possible to develop students' independence in cognitive activity and apply existing knowledge in the educational process.

Keywords: student, specialist, professionalism, transport, quality, dignity, innovation, information and communication technologies, science, technology, cooperation.

References

1. Pedagogical skills and pedagogical technologies: A textbook / Edited by L.K. Grebenkina, L.A. Baykova. – 3rd ed., ispr. and add. – M.: Pedagogical Society of Russia, 2000. – 187 s.
2. Isaev I.F. Professional and pedagogical culture of a teacher / I.F. Isaeva. – Textbook for higher education. Head of the Academy, 2004. – 218 s.
3. Nikulina N.F. Formation of innovative activity of a teacher / N.F. Nikulina / Specialist. – 2002. – 178 s.
4. Shumilova N.N. Quality management of specialist training / N.N. Shumilova / Specialist. – 2007. – 189 s.

Раздел 2. «Машиностроение, технологические машины и транспорт, строительство»

FTAMP 62.59.29
ӨОЖ: 622.276:004.9

DOI [10.53002/069](https://doi.org/10.53002/069)

К.Н. Муртазаев¹, А.Е. Майкенов¹, А.В. Сладковский²

¹*Қарағандинский индустриальный университет, Темиртау, Казахстан*
(E-mail: k.murtazayev@ttu.edu.kz)

²*Silesian University of Technology, Польша*
(E-mail: aleksander.sladkowski@polsl.pl)

Мұнай баллондарын басқарудағы ақылды технологиялар

Гидравликалық цилиндрлер өнеркәсіптік жабдықтар мен жұмыс машиналарында кеңінен қолданылады. Олардың сөзсіз артықшылықтарына беріліс механизмдерінің ықшам конструкциясымен жоғары күшке немесе айналу моментіне қол жеткізу, әртүрлі экологиялық жағдайларда жұмыс істеу мүмкіндігі, ұзақ мерзімділік пен сенімділік, өрт қауіпсіздігінің жоғары деңгейі жатады.

Түйін сөздер: бағдарламалық қамтамасыз ету, әзірлеу, гидравликалық, цилиндрлер, үлкен өлшемдер, оңтайландыру.

Kipicne

Гидравликалық цилиндрлер, гидравликалық жүйелердің негізгі құрамдас бөліктері гидравликалық энергияны механикалық қозғалысқа айналдырады. Бұл құрылғылар құрылыс, өндіріс және аэроғарыш өнеркәсібін қоса алғанда, көптеген салаларда маңызды рөл атқарады, мұнда олар әртүрлі машиналар мен құрылымдарға сызықтық күш пен қозғалысты қамтамасыз етеді [1-3]. Гидравликалық цилиндрлердің негізгі жұмысы цилиндрлік камерада поршеньді жылжытатын күшті жасау үшін қысымды гидравликалық сұйықтықты, әдетте майды пайдалану болып табылады. Бұл қарапайым, бірақ күшті механизм ауыр машина жасау мен автоматтандыруды дамытуда маңызды рөл атқарды және өнеркәсіптік прогреске елеулі үлес қосты.

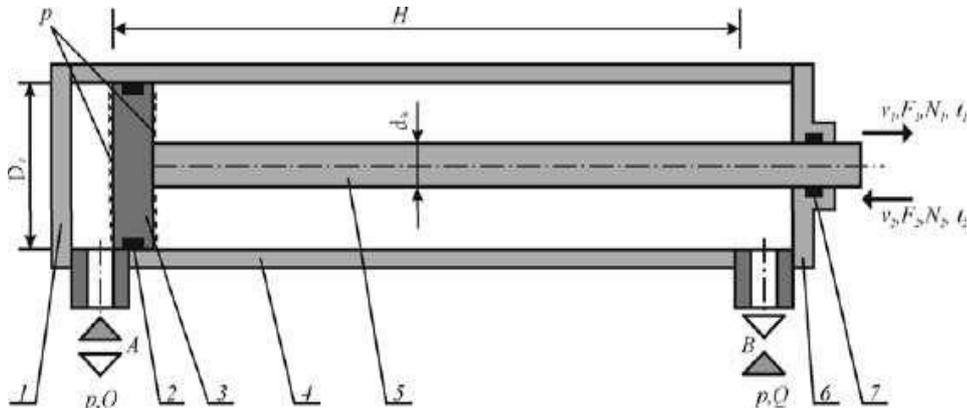
Интеллектуалды сенсорлар мен басқару жүйелерін гидравликалық цилиндрлерге біріктіру соңғы жылдары айтарлықтай жетістік болды. Бұл интеллектуалды жүйелер қысым, температура және жүктеме сияқты жұмыс жағдайларын нақты уақытта бақылауға мүмкіндік береді. Бұл деректерді жинау және талдау арқылы зерттеушілер нақты уақытта цилиндр жұмысын оңтайландыратын адаптивті басқару алгоритмдерін жасай алады. Бұл тек тиімділікті ғана емес, сонымен қатар қауіпсіздік пен сенімділікті арттырады, профилактикалық қызмет көрсетуге және ықтимал ақауларды ерте анықтауға мүмкіндік береді. Оңтайландырудың тағы бір бағыты - экологиялық таза гидравликалық сұйықтықтарға көшу. Зерттеушілер дәстүрлі минералды майлармен салыстырылатын өнімділік сипаттамаларын ұсынатын биологиялық ыдырайтын және улы емес гидравликалық сұйықтықтарды әзірлеуде. Бұл экологиялық таза сұйықтықтар қоршаған ортаға әсерді азайтады және гидравликалық жүйелердің ұзақ қызмет ету мерзімін арттырады. Сонымен қатар, сұйықтықтың тұтқырлығы мен жылу қасиеттерін оңтайландыру гидравликалық цилиндрдің тиімділігі мен жауап беру уақытын жақсартуға мүмкіндік береді.

Гидравликалық цилиндрлердің дизайнын оңтайландыру материалдардағы, өндірістегі, есептеу талдаулары мен интеллектуалды жүйелердегі инновациялар арқылы айтарлықтай жетістіктерге жетті. Бұл әзірлемелер тиімдірек, берік және экологиялық таза гидравликалық цилиндрлерге әкелді.

Зерттеулер жалғасуда, цифрлық технологиялар мен тұрақты тәжірибелерді біріктіру гидравликалық жүйелердің өнімділігі мен ұзақ мерзімділігін одан әрі жақсартады, олардың заманауи өнеркәсіптік қолданбалардағы рөлін арттырады. 1-суретте электр берілісінің негізгі схемасы көрсетілген. Гидростатикалық күш (P, Q) байланыстырушы саңылауларға (A, B) кезекпен беріледі.

Раздел 2. «Машиностроение, технологические машины и транспорт, строительство»

Механикалық қуаттың берілуі (F , N) қозғалыстың екі бағытында да, поршень бетіндегі айырмашылыққа (айырмаға) байланысты, әртүрлі жылдамдықта (v_1 , v_2) және бірдей жылдамдықта, гидравликалық жүйеде қосымша құрылғылар орнату арқылы жүзеге асырылады. Соңғы позицияларда қозғалысты біркелкі тоқтату үшін, әсіресе үлкен күштерді беру кезінде амортизатор элементтерін орнату қажет.



1-сурет. (1) Артқы қақпак. (2) Поршеньді тығыздағыш. (3) Поршень. (4) Цилиндрлік түтік. (5) Поршеньдік штанга. (6) Алдыңғы қақпак. (7) Поршеньдік штанганың тығыздағышы.

2-суретте су электр станцияларындағы гидравликалық жүйелер үлкен вентильдер мен құрылымдарды дәл жылжыту үшін дәл бақылауды қажет етеді. Діріл гидравликалық цилиндрлердің бірқалыпты жұмысына кедергі келтіріп, тайғақ немесе дәл емес қозғалыстарды тудыруы мүмкін. Бұл су ағынын бақылайтын клапандарды дәл орналастыру кезінде әсіресе қиын болуы мүмкін.



Сурет 2. Тұтқаны бар сегменттік құлыптау цилиндры.

Бөгет жайылымдарындағы 5 сегменттік қақпаларды және құрылымға кіре берістегі 4 жоғары жылдамдықты турбиналық қақпаларды басқарудың электрогидравликалық жүйелері.

Тұрақты діріл гидравликалық жетек жүйесінің құрылымдық бөліктерінің шаршауын тудыруы мүмкін. Уақыт өте келе бұл жүйенің құрылымдық тұтастығын әлсіретіп, оны жарықтар мен істен шығуға бейім етеді. Бұл әсіресе клапанның немесе құрылымның істен шығуы қауіпсіздік пен пайдаланудың елеулі салдары болуы мүмкін су электр станцияларында өте маңызды.

Раздел 2. «Машиностроение, технологические машины и транспорт, строительство»

Діріл гидравликалық жүйелерде шудың пайда болуына ықпал етеді. Су электр станцияларындағы шамадан тыс шу жұмысшылардың қауіпсіздігі мен жайлылығы үшін ғана емес, сонымен қатар экологиялық себептерге байланысты, әсіресе шудың ластануы минималды болуы керек табиғи ортада орналасқан қондырғыларда қолайсыздық тудыруы мүмкін [4].

Сондықтан поршеньді сорғы дірілінің әсерін бақылау су электр станцияларындағы гидравликалық цилиндрлердің тиімді және сенімді жұмысы үшін өте маңызды. Дизайнды жетілдірудің, техникалық қызмет көрсету әдістерінің және жетілдірілген бақылаудың үйлесімі арқылы ауыр есіктер мен құрылымдардың қауіпсіз және тиімді қозғалысын қамтамасыз ете отырып, дірілдің теріс әсерін айтарлықтай азайтуға болады.

Діріл гидравликалық жүйедегі сұйықтық динамикасына әсер етуі мүмкін. Олар қысым мен ағынның ауытқуын тудыруы мүмкін, бұл кавитацияға әкелуі мүмкін - гидравликалық сұйықтықта ауа көпіршіктерінің пайда болуы. Кавитация ішкі компоненттерді зақымдауы және гидравликалық цилиндрлердің жұмысын нашарлатуы мүмкін.

Қазіргі заманғы гидравликалық жүйелер гидравликалық цилиндрлердің жұмысын басқару үшін жиі күрделі басқару жүйелерін пайдаланады. Діріл сенсорлардың жұмысына кедергі келтіруі және кері байланыс тудыруы мүмкін, бұл басқару жүйесіндегі тұрақсыздыққа әкеледі. Бұл қозғалатын есіктер мен құрылымдардың тұрақсыз жұмысына әкелуі мүмкін.

Гидравликалық сорғылар гидравликалық цилиндрлердің жұмысын қамтамасыз ететін маңызды компоненттер болып табылады, әсіресе үлкен және қуатты жүйелерде. Олар қажетті гидравликалық қуатты өндіреді, сұйықтықтың ағыны мен қысымын реттейді, әртүрлі салалардағы гидравликалық жабдықтың тиімді және сенімді жұмысын қамтамасыз етеді.

Қорытындылар

Қорытындылай келе, гидравликалық цилиндрлер заманауи техника мен өндірістің ажырамас бөлігі болып қала береді. Олардың сенімділігі, жоғары қуаттылығы және дәлдігі көптеген салалардағы күрделі инженерлік міндеттерді шешуге мүмкіндік береді. Соңғы жылдардағы интеллектуалды сенсорлар мен басқару жүйелерін енгізу, экологиялық таза сұйықтықтарға көшу және дірілге қарсы жаңа технологияларды пайдалану гидравликалық жүйелердің тиімділігі мен ұзақ мерзімділігін айтарлықтай арттыруда. Бұл бағыттағы зерттеулер мен инновациялар тек өндірістік өнімділікті жақсартып қана қоймай, сонымен бірге қауіпсіздік деңгейін көтеруге, экологиялық әсерді азайтуға және энергетикалық ресурстарды үнемдеуге ықпал етеді. Демек, гидравликалық цилиндрлерді жетілдіру бойынша ғылыми және инженерлік ізденістер өнеркәсіптің тұрақты дамуы мен технологиялық прогресінің негізгі факторларының бірі болып табылады.

Әдебиеттер тізімі

14. Криссолоурис, Г. Производственные системы: теория и практика, Springer Science and Business Media, Inc.: Нью-Йорк, США, 2006;
15. Банашек, А., Петрович, Р., Анджелкович, М., Радосавлевич, М. Концепция эффективности двухнасосного гидравлического силового агрегата с насосами, оснащенными регуляторами постоянного давления с различными линейными рабочими характеристиками. Энергии 2022, 15, 8100;
16. Лесневский, Т., Стосяк, М., Любецкий, М., Кравчик, Дж. Износостойкость некоторых противоутечных покрытий, используемых в многокомпонентных композитных гидроцилиндрах. Авиация 2022, 26, 3

К.Н. Муртазаев, А.Е. Майкенов, А.В. Сладковский

Умные технологии в управлении нефтяными баллонами

Раздел 2. «Машиностроение, технологические машины и транспорт, строительство»

Гидроцилиндры широко используются в промышленном оборудовании и рабочих машинах. К их несомненным достоинствам можно отнести достижение высокой силы или крутящего момента при компактной конструкции зубчатых механизмов, возможность работы в различных экологических условиях, долговечность и надежность, высокий уровень пожарной безопасности.

Ключевые слова: программное обеспечение, разработка, гидравлические, цилиндры, большие размеры, оптимизация.

K.N. Murtazaev, A.E. Maikenov, A.V. Sladkovsky

Smart technologies in oil cylinder management

Hydraulic cylinders are widely used in industrial equipment and working machines. Their undoubted advantages include the achievement of high strength or torque with a compact design of transmission mechanisms, the ability to work in various environmental conditions, durability and reliability, a high level of fire safety.

Keywords: software, development, hydraulic, cylinders, large dimensions, optimization.

References

1. Krissolouris, G. Production Systems: Theory and Practice, Springer Science and Business Media, Inc.: New York, USA, 2006;
2. Banashek, A., Petrovich, R., Angelkovich, M., Radosavljevic, M. Efficiency concept of a two-pump hydraulic power unit with pumps equipped with constant pressure regulators with various linear operating characteristics. *Energy* 2022, 15, 8100;
3. Lesnevsky, T., Stosyak, M., Lyubetsky, M., Kravchik, J. Wear resistance of some anti-leakage coatings used in multicomponent composite hydraulic cylinders. *Aviation* 2022, 26, 3

Раздел 2. «Машиностроение, технологические машины и транспорт, строительство»

FTAMP 53.59.11
ӨОЖ: 621.771

DOI [10.53002/070](https://doi.org/10.53002/070)

Ж.А.Ашкеев¹, Н.Ж. Аманжолов¹

¹Қарағанды индустриялық университеті, Теміртау қ., Қазақстан
(E-mail.ru: Jashkeev@mail.ru)

Металдарды қысыммен өңдеу үрдістерінде күш-энергия параметрлерін анықтау үшін шекті айырмашылық әдісін қолдану

Мақалада металдарды қысыммен өңдеу (МҚӨ) үрдістерін әзірлеуде және талап етілетін жабдықтарды таңдауда деформацияланатын дененің түйіскен бетінде нормальді кернеулердің таралуын анықтау және талап етілетін жабдықтарды таңдау үшін шекті айырмашылық әдісі қолдануы қарастырылды. Отырғызу үрдісі кезінде нормальді кернеулердің таралуын анықтауда дифференциалдық тепе-теңдік теңдеулерімен және пластикалық шартты біріктіріп жуықтап шешу әдісімен қоса шекті айырмашылық әдісі (ШАӨ) қолданды. Шекті айырмашылық әдісі арқылы дифференциалдық теңдеулерінің шешімін алғанда теңдеуді шекті айырмашылық түріне келтірілген жеткілікті. Сонда кернеулердің мәндерін тізбектеп есептеп жеңіл анықтауға болады, күрделі математикалық интегралдау және дифференциалау тәсілдерін қолданбай. Осы екі әдіспен немесе дифференциалдық тепе-теңдік теңдеулерімен және пластикалық шартты біріктіріп жуықтап шешу және ШАӨ арқылы алынған нәтижелерінің айырмашылығы өте аз және 1-2 % аспайды. Сондықтан осы екі әдісті МҚӨ үрдістерінің күш-энергия параметрлерін анықтауда тең құқықты қолдануға болады.

Түйін сөздер: металдарды қысыммен өңдеу, шекті айырмашылық әдісі, дайындама, аспап, кернеулер, деформация.

Kipicne

Металдарды қысыммен өңдеу (МҚӨ) үрдістерін әзірлеуде және талап етілетін қажет жабдықтарды таңдауда деформацияланатын дене аспаппен түйісетін бетінде күштерді немесе нормальді кернеулердің таралуын білу қажет. Осы кернеулердің қосындысын алып, толық күшін анықтап және келесі сипатамалары бойынша: претің номиналды күші, илемдеу станың қозғалтқыштарының қуаты және т.б. көрсеткіштері бойынша қажет жабдықтарды таңдауға болады.

Деформациялайтын күшін анықтау үшін МҚӨ теориясында кеңінен аналитикалық және тәжірибелік әдістерін қолданады. Бірінші теоретикалық жағдайда әсер ететін күштер деформацияланатын металмен түйісетін аспап бетінде нормальді және жанама кернеулерін таралуын орнатып анықтайды.

Міне осы аналитикалық ең кең таралған әдістерінің бірі дифференциалдық тепе-теңдік теңдеулерімен және пластикалық шартты біріктіріп жуықтап шешу әдісі болып табылады.

Бұл әдіс келесілерге негізделген:

1. кернеулі-деформациялық күйі жазық немесе оске симметриялы етіп қабылданады. Сонда теңдеулер санымен оның белгісіз мәндері қысқарады. Ол үшін күрделі пішінді денені деформациялауда оны шартты түрде элементарлы көлемдеріне бөледі, аймағында кернеулі-деформациялық күйін жазық немесе оске симметриялы етіп қабылданды.
2. Жазықтық есептердің дифференциалдық тепе-теңдік теңдеулері нормальді және жанама кернеулері екі координатасына тәуелді етіп қабылданады, нәтижесінде сәйкес екі дифференциалдық теңдеулері ғана қалады.

Раздел 2. «Машиностроение, технологические машины и транспорт, строительство»

Бірақ осы қабылданған шарттар деформацияланатын дененің бойындағы кез келген нүктедегі кернеулерін анықтауға мүмкіндік бермейді, мысалы сырғу сызықтары әдісімен салыстырғанда. Сондықтан берілген әдіспен деформациялайтын аспап пен дененің түйіскен бетіндегі кернеулерді және осы мәндердің қосындысын алып талап ететін күшін анықтауға болады [1-2].

Негізгі бөлім

Енді алдымен дифференциалдық тепе-теңдік теңдеулерімен және пластикалық шарты біріктіріп жуықтап шешу әдісін ені $2b$ және биіктігі $2h$ тең, ал ұзындығы шексіз деп қабылдап алынған дайындаманың (жолақтың) екі кедір бұдыр плита арасында отрығызылғанда мысал ретінде қарастырып кетейік [1-2].

Жоғары келтірілген екінші шартына сәйкес σ_x және σ_y кернеулері z координатасынан тәуелсіз, дайындаманың биіктігі бойынша тұрақты және x координатасына ғана тәуелді етіп қабылдаймыз. Сонда дифференциалдық тепе-теңдік теңдеулерінің үшінші теңдеуі нөлге айналады, нәтижесінде теңделуер саны ықшамдалынып және белгісіз шамалары азаяды. Жанама τ_{xy} кернеулері дайындаманың ені мен биіктігі бойынша ауыспалы және дене мен аспаптың түйісу бетіндегі τ_k мәніне жетеді. Осы τ_{xy} мәні түйісу бетінен қашықтағанда азаяды және отырғызу үрдісі симметриялығынан дайындаманың биіктігінің ортасында нөлге айналады. Сонда, τ_{xy} мәні дайындаманың h биіктігіне орталығына салыстырмалы тәуелді етіп қабылдауға мүмкіндік береді немесе:

$$\tau_{xy} = \frac{\tau_k}{h} y.$$

Осы теңдеудің y бойынша туындысын алып бірінші дифференциалдық теңдеуіне қойсақ, нәтижесінде келесіні аламыз:

$$\frac{d\sigma_x}{dx} + \frac{\tau_k}{h} = 0.$$

Енді осы дифференциалдық теңдеуді σ_x бойынша шешу үшін τ_k мәнін σ_x немесе x координатасы бойынша өрнектеу керек, x және σ_x тәуелсіз етіп қабылдап.

Ол үшін келесі шарттарды қарастырып кетейік:

1. Түйіскен бетіндегі үйкеліс кернеуі Амонтон заңына бағынады деп қабылдайық, онда $\tau_k = f\sigma_y$, мұнда τ_k және σ_y мәндерінің таңбалары бірдей.

Жазықтық деформациялық күйде пластикалық шартының теңдеуі келесі түрде жазылады:

$$\sigma_x - \sigma_y = \pm 2k \sqrt{1 - \left(\frac{\tau_{xy}}{k}\right)^2}.$$

Сонда, нормальді кернеулерінің айырмашылығы жанама кернеуінен тәуелді екенін байқауға болады. Егер, τ_{xy} нормальді кернеулерінен тәуелсіз болса, онда нормальді кернеулерінің айырмашылығы тұрақты болады. Мысалы, τ_{xy} және τ_k нөлге тең болса, онда σ_x және σ_y кернеулері бас кернеулеріне айналады және пластикалық шарты келесі түрінде жазылады: $\sigma_x - \sigma_y = \pm 2k$. Егер, τ_{xy} мәні $\tau_k = k$ максималды мәнінен жетсе, онда $\sigma_x - \sigma_y = 0$ болады. Сонда соңғы теңдеуді дифференциалдық түрінде жазуға болады: $d\sigma_x = d\sigma_y$.

Осы қатынасты дифференциалдық теңдеуіне қойсақ, нәтижесінде келесіні аламыз:

$$\frac{d\sigma_y}{dx} + \frac{f\sigma_y}{h} = 0.$$

Ауыспалы мәндерін бөліп интегралын алған соң:

$$\ln \sigma_y = -\frac{f}{h} x + C, \text{ осыдан, } \sigma_y = C_1 e^{-\frac{fx}{h}}.$$

Мұндағы C_1 интегралдау тұрақтылығын келесі шекаралық шартынан анықтаймыз: $x=b$, $\sigma_y = -\beta\sigma_T = -\sigma_T^*$. осыдан,

$$C_1 = -\sigma_T^* e^{\frac{fb}{h}} \text{ және } \sigma_y = -\sigma_T^* e^{-\frac{f(b-x)}{h}}, \text{ сәйкесінше жанама кернеуі:}$$

$$\tau_k = f\sigma_y = -f\sigma_T^* e^{-\frac{f(b-x)}{h}}.$$

Раздел 2. «Машиностроение, технологические машины и транспорт, строительство»

Осы алынған теңдеулері бойынша σ_y және τ_k кернеулерінің таралу эпюрасын тұрғызуға болады және түйіскен бетіндегі нормальді кернеулерінің қосындысын алып, дайындаманың бірлік ұзындығына толық күшін анықтауға болады немесе:

$$P=2\int_0^b \sigma_y dx=2\sigma_T^* \int_0^b e^{-\frac{f(b-x)}{h}} dx=\sigma_T^* \frac{2h}{f} (e^{\frac{fb}{h}}-1).$$

Толық Р күшін 2b түйісу ауданына бөліп меншікті р күшін анықтаймыз:

$$p=\frac{P}{2b}=\sigma_T^* \frac{h}{fb} (e^{\frac{fb}{h}}-1).$$

Осы алынған теңдеуді талдасак түйісу кернеулері дайындаманын шетінен бастап орталығына қарай көрсеткіштер қисығы бойынша өзгеруін және жанама кернеулері $0,5\sigma_T^*$ мәнінен асып кетпеуін байқауға болады.

Нормальді кернеулер, толық және меншікті күштер материалдың тегінен, физикалық күйінен немесе температура, деформация дәрежесі мен жылдамдығынан және $\frac{fb}{h}$ параметрінен тәуелді. Соңғы параметр кернеулі күйінің әсерін көрсетеді және дайындаманың өлшемдерінің қатынасымен, үйкеліс коэффициентінен байланысты. Дайындаманың үйкеліс коэффициенті мен өлшемдерінің қатынасы неғұрлым көп болса, соғұрлым меншікті және толық күші көп болады.

2. Дәл осылай Зибель шартын ($\tau_k = -f\sigma_T^*$) және түйіскен жанама кернеулері τ_k дайындаманың түйісу бетіндегі ортылығын сызықты заңы бойынша кесіп өтеді деп қабылдап сәйкес теңдеулерін алып нормальді және жанама кернеулерінің эпюрасын салып толық және меншікті күштерін анықтауға болады.

Сонымен, дайындаманың түйіскен бетіндегі нормальді кернеулерін таралуын орнатып дайындаманы отырғызу кезінде толық күшін анықтауға болады.

Осы әдістен басқадай әдістерін қолдануға болады, мысалы сырғу сызықтары, жұмыс әдісі және т.б. осылардың ішінде тағы бір өте тиімді ыңғайлы әдісіне тоқтап кетейік.

Шекті айырмашылық әдісі

Енді жоғарғы келтірілген дифференциалдық тепе-теңдік әдісін шекті айырмашылық әдісі арқылы шешімін алайық.

Осы ШАӘ әдісі арқылы дифференциалдық теңдеулерін айырмашылық қатынастары арқылы келтіруге мүмкіндік береді. Мысалы, $f(x)$ функциясы берілген деп қабылдайық. Егер, тіркелген аргумент өсімшесінің мәнін Δx етіп қабылдасак, онда $\Delta f(x)$ функциясының өсімшесі аргумент Δx мәніне өзгергенде келесі түрінде жазылады:

$$\Delta f(x) = f(x+\Delta x) - f(x).$$

Міне осы $\Delta f(x)$ мәні $f(x)$ функцияның бірінші шекті айырмашылығы болып табылады. Осыған сәйкес n тәртібі бойынша шекті айырмашылығын жазуға болады:

$$\Delta^n f(x) = \Delta(\Delta^{n-1} f(x)), \text{ мұнда } n \geq 2.$$

Егер, екінші шекті айырмашылығын жазсақ, онда:

$$\Delta^2 f(x) = \Delta[f(x+\Delta x) - f(x)] = [f(x+2\Delta x) - f(x+\Delta x)] - [f(x+\Delta x) - f(x)] = f(x+2\Delta x) - 2f(x+\Delta x) + f(x).$$

Сонда, n тәртібінің $\Delta^n f(x)/dx^n$ туындысын шекті айырмашылық арқылы жуықтап келесі түрінде өрнектеуге болады:

$$\frac{d^n}{dx^n} f(x) \approx \frac{\Delta^n f(x)}{(\Delta x)^n}.$$

Осыдан бірінші және екінші туындысын жаза аламыз:

$$\frac{df(x)}{dx} \approx \frac{\Delta f(x)}{\Delta x} = \frac{f(x+\Delta x) - f(x)}{\Delta x};$$

$$\frac{d^2 f(x)}{dx^2} = \frac{f(x+2\Delta x) - 2f(x+\Delta x) + f(x)}{(\Delta x)^2}.$$

Енді осы әдісті жоғары мысал ретінде келтірілген отырғызу үрдісіне пайдаланып нормальді σ_y кернеуінің таралуын анықтау үшін қолданып және Амонтон заңының негізі бойынша дифференциалдық теңдеуінің шешімін алып көрейік:

Раздел 2. «Машиностроение, технологические машины и транспорт, строительство»

$$\frac{d\sigma_y}{dx} + \frac{\tau_k}{h} = 0, \text{ мұнда } \tau_k = f\sigma_y.$$

Ол үшін дайындаманың енін n тең бөліктеріне бөліп және әрбір аралықты (интервалды) s арқылы белгілейік, мұнда $s = \frac{b}{n}$ тең, ал дифференциалдық теңдеуді шекті айырмашылық түрінде келтіруге болады:

$$\left(\frac{d\sigma_y}{dx}\right)_i = \frac{\sigma_{yi} - \sigma_{y(i-1)}}{s} = -\frac{f}{h}\sigma_{yi},$$

мұнда σ_{yi} -қарастырылған i нүктесіндегі нормальді кернеуінің мәні. Нәтижесінде дифференциалдық теңдеуді алгебралық жүйесіне келтіріп жазуға болады:

Мысалы берілген отырғызу үрдісінде $n=3$, $s = \frac{b}{n}$ қабылдайық, мұнда b -дайындаманың ені сонда алгебралық теңдеу жүйесін келесі түрінде жазуға болады:

$$\begin{cases} \frac{3}{b}(\sigma_{y3} - \sigma_{y2}) = -\frac{f}{h}\sigma_{y3}; \\ \frac{3}{b}(\sigma_{y2} - \sigma_{y1}) = -\frac{f}{h}\sigma_{y2}; \\ \frac{3}{b}(\sigma_{y1} - \sigma_{y0}) = -\frac{f}{h}\sigma_{y1}. \end{cases}$$

Міне осы жүйеден жоғары келтірілген дифференциалдық теңдеуінің ең қарапайым шешімін алуын байқауға болады. Шекаралық шартынан немесе дайындаманың шетінде $\sigma_{y3} = -\sigma_T^*$ қабылдап келтірілген жүйенің бірінші теңдеуінен σ_{y2} мәнін анықтай аламыз.

Мысалы, $b=h=30$ мм, $f=0,3$, $\sigma_T^* = -20$ МПа қабылдайық, сонда жоғары келтірілген алгебралық теңдеулер жүйесінің бірінші теңдеуінен $\sigma_{y2} = -22$ МПа тең болады. Жүйенің екінші теңдеуінен $\sigma_{y1} = -24,2$ МПа мәнін, ал соңғы үшінші теңдеуден $\sigma_{y0} = -26,6$ МПа шамасын анықтаймыз.

Енді осы алынған нәтижелерді жоғары келтірілген Е.Унксов формуласы арқылы есептеп салыстырып көрейік:

$$x=0, \text{ болғанда, } \sigma_y = -\sigma_T^* e^{\frac{f(b-0)}{h}} = -26,99 \approx -27 \text{ МПа};$$

$$x=10 \text{ мм, болғанда, } \sigma_y = -\sigma_T^* e^{\frac{f(b-10)}{h}} = -24,4 \text{ МПа};$$

$$x=20 \text{ мм, болғанда, } \sigma_y = -\sigma_T^* e^{\frac{f(b-20)}{h}} = -22,1 \approx -22 \text{ МПа};$$

$$x=30 \text{ мм, болғанда, } \sigma_y = -\sigma_T^* e^{\frac{f(b-30)}{h}} = -20 \text{ МПа}.$$

Дәл осылай тізбектеп Зибель заңы орын алғанда немесе $\tau_k = -f\sigma_T^*$ берілгенде және τ_k мәні орталықтан сызықты өткен жағдайында шекті айырмашылық жүйесін құрып нормальді кернеулерінің таралуын анықтауға болады. Егер узель арасындағы (i нүктелер арасындағы) аралықты азайтсақ, онда дәлдігі көбейеді және екі әдіспен алынған нәтижелерінің айырмашылығы мәнді азаяды.

Сонымен, шекті айырмашылық әдісімен және Е.Унксов формулаларымен алынған нормальді кернеулерінің айырмашылығы өте аз немесе 1-2 % аспайды, сондықтан отырғызу және т.б МҚӨ үрдістерінде күш-энергия параметрлерін анықтауда осы әдісті қолданған өте ықшамды және ыңғайлы болады деп есептеп және меншікті, толық күштерін анықтауда осы екі әдіс тең құқықты деуге болады және басқадай [3-4] МҚӨ үрдістерінде күш-энергия параметрлерін анықтауда қолдануға болады.

Қолданылған әдебиеттер тізімі

1. Теория обработки металлов давлением: учебник для вузов / В.А. Голенков, С.П. Яковлев, С.А. Головин, С.С. Яковлев, В.Д. Кухарь; под ред. В.А. Голенкова, С.П. Яковлева. – М.: Машиностроение, 2009. – 442 с.: ил.
2. Теория пластичности. Аркулис Г.Э., Дорогобид В.Г. Учебное пособие для вузов. М.: Металлургия. 1987.352с.

Раздел 2. «Машиностроение, технологические машины и транспорт, строительство»

3. Ашкеев Ж.А., Андреященко В.А., Абишкенов М.Ж., Буканов Ж.У. Определение напряженного состояния и усилия деформации шарообразных заготовок в закрытой матрице / Вестник ПНИПУ. Механика **4** (2021) 5–12

4. Ашкеев Ж.А., Андреященко В.А., Абдираманов С.Т. Исследование процесса закрытой штамповки, реализующей интенсивные пластические деформации // Обработка материалов давлением. – 2018. – № 1. – С. 88–92.

Ж.А.Ашкеев, Н.Ж. Аманжолов

Применение метода конечных разностей для определения энерго-силовых параметров в обработке металлов давлением

В статье приведены результаты, полученных методом конечных разностей (МКР) для определения распределения контактных напряжений на поверхности полосы и деформируемого инструмента при обработке металлов давлением (ОМД), в частности осадке заготовок и выборе необходимого оборудования. Помимо использования метода совместного решения дифференциальных уравнений равновесия и условия пластичности для определения контактных напряжений при осадке полосы, использован МКР, как альтернативное решение. Для решения дифференциальных уравнений МКР достаточно привести уравнение в конечно-разностный ряд. Таким образом появляется возможность последовательно и легко определить распределение контактных напряжений не прибегая к сложным математическим действиям, как интегрирование и дифференцирование. Расчёты полученные двумя методами, т.е. совместным решением дифференциальных уравнений равновесия и условия пластичности и МКР не превышает 1-2%. Поэтому использования двух методов при определений энергосиловых параметров при ОМД можно считать равноправными.

Ключевые слова: обработка металлов давлением, метод конечных разностей, заготовка, инструмент, напряжения, деформация.

Zh.A. Ashkeyev, N. Zh.Amanzholov

Application of the finite difference method for determining energy and power parameters in metal pressure treatment

The article discusses the use of the limit Difference Method to determine the distribution of normal stresses on the joint surface of the deformable body and the selection of the required equipment in the development of processes for pressure processing of metals and the selection of the required equipment. In determining the distribution of normal stresses during the planting process, he used the method of marginal difference (SHP), including differential equilibrium equations and the method of solving the plastic condition in combination with an approximate solution. When solving differential equations using the limit difference method, it is enough to bring the equation to the limit difference type. Then the values of the voltages can be easily determined by calculating them in series, without using complex mathematical methods of integration and differentiation. The difference in the results obtained by these two methods or by solving approximations in combination with differential equilibrium equations and the plasticity condition and the ICA is very small and does not exceed 1-2%. Therefore, these two methods can be used equally in determining the strength and energy parameters of PPP processes.

Раздел 2. «Машиностроение, технологические машины и транспорт, строительство»

Keywords: pressure processing of metals, limit difference method, workpiece, tool, stresses, deformation.

References

1. Theory of metalworking by pressure: a textbook for universities / V.A. Golenkov, S.P. Yakovlev, S.A. Golovin, S.S. Yakovlev, V.D. Kukhar; edited by V.A. Golenkov, S.P. Yakovlev. – М.: Mashinostroenie, 2009. – 442 p.: ill.
2. Theory of plasticity. Arkulis G.E., Dorogobid V.G. A textbook for universities. Moscow: Metallurgiya. 1987.352p
3. Ashkeev Zh.A., Andreyashchenko V.A., Abishkenov M.Zh., Bukanov Zh.U. Determination of the stress state and strain force of spherical workpieces in a closed matrix / Bulletin of PNRPU. Mechanics 4 (2021) 5-12
4. Ashkeev Zh.A., Andreyashchenko V.A., Abdiramanov S.T. Investigation of the closed stamping process that implements intense plastic deformations // Pressure treatment of materials. – 2018. – No. 1. – pp. 88-92.

Раздел 3

**IT-технологии,
энергетика,
автоматизация и
вычислительная
техника**

Раздел 3. «Информационно-коммуникационные технологии»

FTAMP 50.47.02
 ЭОЖ 681.518.5

DOI: [10.53002/071](https://doi.org/10.53002/071)

А.А. Смайл, К.К. Смагулова, А.О. Романец, В.Д. Барановский, М.Л. Барановская

¹НАО «Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова», Караганда, Казахстан (E-mail.ru: arailym1997s@gmail.com)

²«Запорожский национальный университет», Запорожье, Украина (E-mail: dareyomg@gmail.com)

³«Криворожский национальный университет», г. Кривой Рог, Украина (E-mail.ru: vladislav.baranovskiy4@gmail.com, mila.baranovskaya@gmail.com)

Имитационное исследование управляемого реакторного компенсатора

В статье исследуются вопросы повышения качества электроэнергии во внутрицеховых сетях промышленных предприятий посредством применения управляемых реакторных компенсаторов. Актуальность обусловлена ростом энергоёмкости технологических процессов, увеличением числа силовых преобразователей и возросшими требованиями к надёжности электроснабжения. Рассмотрены существующие методы компенсации реактивной мощности. Новизна работы заключается в разработке принципиальных схем и математических моделей однофазных и трёхфазных схем реакторных компенсаторов с использованием полупроводниковых ключей, обеспечивающих плавное регулирование реактивной мощности. Предложена математическая модель в MATLAB/SimScope/Electrical, приведены результаты математического моделирования с асинхронным двигателем большой мощности. Установлено, что компенсатор стабилизирует коэффициент мощности, снижает колебания напряжения и повышает надёжность. В дальнейшем планируется разработка систем автоматического управления управляемых реакторных компенсаторов.

Ключевые слова: компенсация реактивной мощности, математическое моделирование, реактивная мощность, устойчивость энергосистемы, ПИД-регулятор, система управления, переходные процессы.

Введение

Современный этап развития промышленности характеризуется ростом уровня автоматизации, широким применением силовой электроники и увеличением доли электроприводов переменной и постоянной скорости. В таких условиях качество электроэнергии во внутрицеховых сетях электроснабжения становится критически важным фактором стабильности технологических процессов, энергоэффективности производства и надёжности электрооборудования. Ухудшение параметров электроэнергии в цеховых сетях приводит к снижению производительности технологического оборудования, увеличению энергопотребления и росту затрат на ремонт и техническое обслуживание.

Одним из ключевых аспектов обеспечения надлежащего качества электроэнергии является компенсация реактивной мощности (КРМ). Наличие в сети значительных потоков реактивной энергии вызывает дополнительные потери в электрических сетях, уменьшение пропускной способности линий, увеличение падения напряжения и, как следствие, нарушение режимов работы электроприемников. В промышленных условиях, особенно на крупных предприятиях с энергоёмкими технологиями, этот фактор приобретает решающее значение.

Качество электроэнергии определяется совокупностью параметров, характеризующих отклонения напряжения, частоты, симметрии фаз и гармонического состава от номинальных значений. В соответствии с международными и национальными стандартами (IEC 61000, EN 50160, ДСТУ EN 50160:2014), основными показателями являются:

- отклонения и колебания напряжения;

Раздел 3. «Информационно-коммуникационные технологии»

- коэффициент несинусоидальности (гармонические искажения);
- несимметрия напряжения и тока;
- быстрые изменения напряжения;
- провалы, перенапряжения, перерывы питания.

Для большинства промышленных технологий допустимые пределы отклонений напряжения составляют $\pm 5... \pm 10$ % от номинала, а коэффициент несинусоидальности не должен превышать 5-8 %.

В цеховых сетях электроснабжения ухудшение качества электроэнергии часто связано именно с высокой долей индуктивной нагрузки - электродвигателей, сварочных аппаратов, трансформаторов, индукционных печей, потребляющих реактивную мощность.

Реактивная мощность (Q) не выполняет полезной работы, но необходима для создания электромагнитного поля в индуктивных элементах электрических цепей. Ее наличие обуславливает увеличение полной мощности (S) и токов в сети, что приводит к дополнительным потерям активной мощности (P) в линиях и трансформаторах.

Компенсация реактивной мощности позволяет уменьшить токовые нагрузки, стабилизировать напряжение, снизить потери энергии и повысить эффективность работы электроустановок. В зависимости от условий, применяют различные технические решения:

- стационарные батареи конденсаторов (БК) - для стабильной нагрузки;
- автоматические установки КРМ - для переменных графиков потребления;
- синхронные компенсаторы - для высокой гибкости и улучшения режимов;
- управляемые тиристорные компенсаторы (STATCOM, TCR) - для быстрой реакции в динамических режимах.

Экономическая эффективность КРУ подтверждается значительным снижением штрафов за низкий коэффициент мощности, уменьшением затрат на энергию и повышением ресурса оборудования.

В отличие от магистральных и распределительных сетей высокого напряжения, цеховые сети работают в непосредственной близости к электроприемникам. Это делает их более чувствительными к колебаниям нагрузки и локальным источникам искажений.

Недостаточный уровень компенсации реактивной мощности в цеховых сетях приводит к ощутимым экономическим потерям:

- прямые потери энергии: повышенный нагрев кабелей и трансформаторов увеличивает затраты активной энергии на 5-15 %;
- косвенные потери: уменьшение производительности оборудования, остановки технологических процессов, увеличение затрат на ремонт;
- штрафы и повышенные тарифы от энергоснабжающих компаний за низкий коэффициент мощности;
- ускоренное старение оборудования: изоляционные материалы и обмотки электродвигателей деградируют быстрее из-за перегрева и нестабильного напряжения.

По оценкам, на предприятиях тяжелой промышленности внедрение современных систем КРМ окупается в течение 1-3 лет за счет уменьшения потерь и штрафных санкций.

В соответствии с ДСТУ EN 50160:2014 и Правилами устройства электроустановок (ПУЭ), в промышленных сетях напряжением до 1 кВ рекомендуется поддерживать $\cos \phi$ не ниже 0,9, а для мощных потребителей - не ниже 0,95. Это делает внедрение КРМ не только технически целесообразным, но и нормативно необходимым.

Таким образом, проблема повышения качества электроэнергии в цеховых сетях электроснабжения является актуальной, учитывая растущие требования к энергоэффективности, надежности и стабильности промышленных технологий. Особое значение имеет внедрение эффективных средств компенсации реактивной мощности, обеспечивающих: стабильный уровень напряжения, уменьшение токовых нагрузок, снижение потерь энергии, увеличение ресурса оборудования, выполнение нормативных требований.

Углубленное исследование этой проблематики позволит создать комплексные технические решения, сочетающие современные методы КРМ с системами мониторинга и автоматического регулирования параметров качества электроэнергии, что особенно важно для высокотехнологичных и энергоемких производств.

Раздел 3. «Информационно-коммуникационные технологии»

В современных системах распределения электроэнергии промышленные нагрузки не только потребляют активную мощность, но и создают значительные потоки реактивной мощности, вносят гармонические искажения в напряжения и токи. Эта ситуация связана как с особенностями структуры промышленного оборудования, так и с широким использованием полупроводниковых преобразователей при модернизации существующих систем электроснабжения.

Кроме того, нарушения качества электроэнергии имеют целый ряд негативных последствий для энергосистемы, влияя на ее общую производительность и надежность.

Для решения этих проблем и повышения качества электроэнергии в течение многих лет разрабатывали и совершенствовали силовые активные фильтры электроэнергии (active power filter, APF).

В работе авторов Asit Mohanty et al. [1] проведен всесторонний анализ механизмов управления, предназначенных для улучшения качества электроэнергии в электроэнергетических системах. Также рассматриваются вопросы, связанные с выбором компонентов фильтров с учетом как технических, так и экономических факторов. В статье обсуждаются факторы, влияющие на выбор фильтров, адаптированных для конкретных применений, с целью достижения наилучшей производительности и экономической эффективности.

Для решения проблем повышения качества электроэнергии Khairul Anuar Mohd Nor et al., [2], предлагают использовать активно-пассивный гибридный фильтр гармоник, разработанный для минимизации уровней гармоник в трехфазных электрических системах в соответствии со стандартами IEEE-519. Анализ результатов показал, что предложенный фильтр эффективно снижает гармоническое загрязнение до 58,63%, что значительно улучшает качество электроэнергии и способствует повышению надежности современных энергосистем. Однако это исследование не затрагивает проблем, связанных с другими показателями качества электроэнергии и реактивной мощностью.

Работа авторов Timothy Oluwaseun Araoye et al. [3] посвящена применению последовательного активного фильтра для снижения уровня высших гармоник в трехфазном асинхронном двигателе. Применение метода ANN-Grasshopper optimization Shunt Active filters (ANN-GOSAF) для управления последовательным активным фильтром обеспечивает значительное снижение гармоник тока и напряжения, что приводит к повышению производительности двигателя и энергоэффективности. Однако полученные результаты не могут быть использованы для мощных потребителей других типов.

Авторами M. Karthikeyan et al. [4] описывается использование шунтирующего фильтра активной мощности (SAPF) для компенсации реактивной мощности (Q) и гармоник тока. В работе для оценки параметров трехфазной нагрузки применен нейросетевой алгоритм на основе ADALINE, который может управлять SAPF для поддержания синусоидальных токов источника и единичного коэффициента мощности (PF).

Авторы Abdallah El Ghaly et al. (2024), [5], подчеркивают роль активных фильтров мощности (APFs) в улучшении качества электроэнергии. Авторы добились существенного снижения гармонических искажений напряжения при использовании метода "карандаша матриц" (matrix pencil method, MPM) для более точного извлечения опорного напряжения.

В работе [6] Annu Govind et al описывают системный подход к улучшению качества электроэнергии с помощью активного шунтирующего фильтра мощности (SAPF), призванного снижать гармонические искажения напряжения и тока, вызванные нелинейными нагрузками. Для улучшения управления переключением SAPF в условиях динамических и нелинейных нагрузок авторы применили нейросетевой подход, использующий теорию мгновенной реактивной мощности (IRP). Недостатком работы является ее узкая направленность на снижение гармонических искажений напряжения и тока.

Как показывает анализ рассмотренных литературных источников, практически отсутствуют работы, посвященные анализу влияния реальных производственных условий на работу распределительных сетей промышленных предприятий. Основное внимание исследователей привлекает проблема минимизации высших гармоник, действующих в распределительных сетях, тогда как в реальных производственных условиях задачи управления другими показателями качества электроэнергии могут стоять более остро. Для управления активными компенсирующими устройствами различного типа широко применяются как стандартные системы управления с ПИД-контроллерами, так и различные варианты нейросетевых и нечетких регуляторов.

Раздел 3. «Информационно-коммуникационные технологии»

Методы и материалы

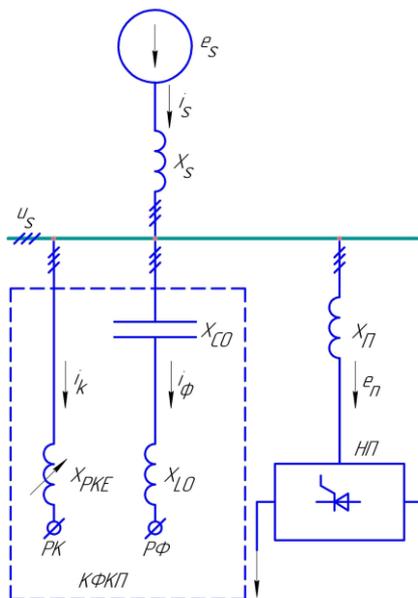
В качестве основного средства обеспечения электромагнитной совместимости цеховых сетей электроснабжения с силовыми полупроводниковыми преобразователями широко распространены сравнительно несложные фильтрокомпенсирующие устройства на базе пассивных индуктивно-емкостных фильтров, которые обеспечивают как улучшение формы тока и напряжения сети, так и компенсацию реактивной мощности [7].

Основным недостатком наиболее распространенных пассивных фильтрокомпенсирующих устройств с фиксированными параметрами элементов является неуправляемость, что приводит при широком диапазоне регулирования нагрузок силовых полупроводниковых преобразователей к возникновению режимов как недокомпенсации реактивной мощности, так и ее перекомпенсации [7]. Такое обстоятельство обуславливает необходимость завышения установленной мощности генераторов и приводит к снижению эффективности и технико-экономических показателей цеховых сетей электроснабжения в целом. Указанные негативные факторы устраняются при использовании управляемых фильтрокомпенсирующих устройств, которые обеспечивают дополнительные преимущества: уменьшение потерь активной мощности и снижение колебаний напряжения сети.

Обобщенная схема цеховой сети электроснабжения с полупроводниковым преобразователем и управляемым фильтрокомпенсирующим устройством приведена на рис. 1. Генератор (сеть питания) представлен источником синусоидальной ЭДС e_s с амплитудой E_m и сопротивлением короткого замыкания X_s , трансформатор или входной реактор полупроводникового преобразователя - сопротивлением X_{Π} . В состав управляемого фильтрокомпенсирующего устройства входит резонансный продольный LC-фильтр, состоящий из сопротивлений X_{L0} , X_{C0} и реакторный компенсатор, условно обозначенный регулируемым эквивалентным сопротивлением на основной гармонике $X_{ПКЕ}$. Порядок частоты настройки резонансного фильтра соответствует нулю частотной характеристики системы и выбирается из условия:

$$\nu_{P\Phi 0} = \omega_{P\Phi 0} / \omega = \sqrt{X_{C0} / X_{L0}} = p - 1 \tag{1}$$

где $\omega_{P\Phi 0}$ – резонансная частота фильтра, ω - круговая частота сети, p - пульсность полупроводникового преобразователя. При снижении высших гармоник, резонансный фильтр одновременно является генератором реактивной мощности на основной гармонике.



Раздел 3. «Информационно-коммуникационные технологии»

Рисунок 1 – Однолинейная структурная схема цеховой сети электроснабжения с полупроводниковым преобразователем и управляемым компенсирующим устройством

На практике наибольшее применение получила схема реактивного компенсатора, выполненная на основе реакторов с индуктивностью L_k , включенных последовательно со встречно-параллельно соединенными однооперационными тиристорами с фазовым управлением (рис. 2) [8].

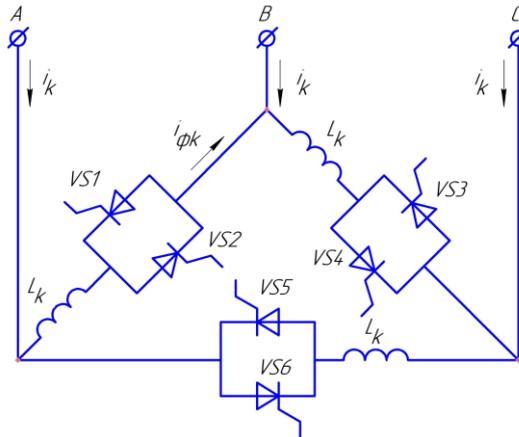
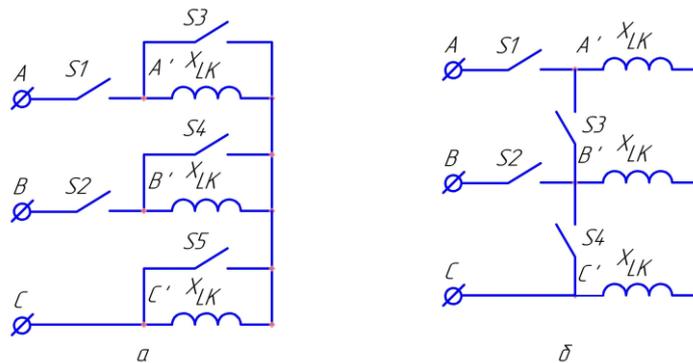


Рисунок 2 – Реакторный компенсатор с тиристорными ключами

Основными недостатками реакторного компенсатора (рис. 2) являются генерация НЧ гармоник тока в питающую сеть, а также существенное время задержки регулирования, составляющее половину периода.

Также могут быть использованы трехфазные реакторные компенсаторы с полупроводниковыми широтно-импульсными регуляторами на базе ключей переменного тока, схемы которых приведены на рис. 3, а, б [8, 10].



Раздел 3. «Информационно-коммуникационные технологии»

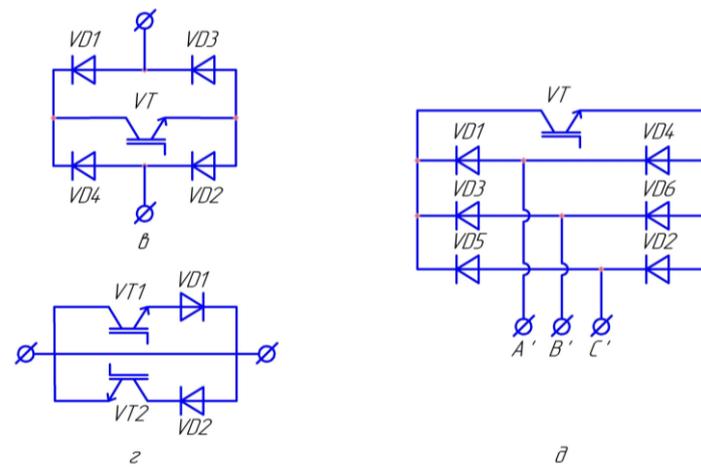


Рисунок 3 - Трехфазный реакторный компенсатор с полупроводниковым широтно-импульсным регулированием: а, б - основные структуры реакторного компенсатора, в, г - полупроводниковые ключи переменного тока, д - короткозамыкатель на одном полупроводниковом ключе постоянного тока

Полупроводниковые ключи переменного тока, выполненные на базе транзисторов и диодов, представлены на рис. 3, в, г. Вместо транзисторов могут быть использованы двухоперационные тиристоры. Вариант ключа на рис. 3, в, лучше, поскольку содержит меньшее количество управляемых элементов.

Наилучшими регулировочными характеристиками обладает быстродействующий реакторный компенсатор с широтно-импульсным регулированием на высокой частоте (рис. 4) [8-10].

Основу схемы составляют три индуктивных элемента L_k и шесть полупроводниковых ключей переменного тока (1-6), условно представленных в виде контактов.

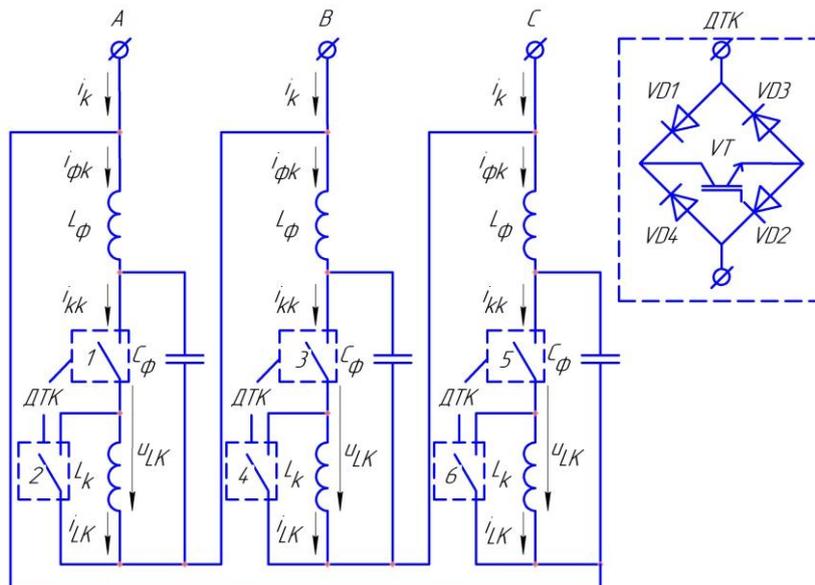


Рисунок 4 – Принципиальная схема трехфазного управляемого реакторного компенсатора

Ключевые элементы могут быть реализованы на базе мостовой диодно-транзисторной схемы (рис. 3, в). В диагональ моста вместо IGBT-транзисторов могут быть включены двухоперационные

Раздел 3. «Информационно-коммуникационные технологии»

тиристоры (GTO, IGCT). В каждой фазе такой схемы реакторного компенсатора имеются два ключа, которые работают в противофазе: один из них соединен последовательно, а другой - параллельно с L_k .

Результаты и обсуждение

Для исследования особенностей работы управляемого реакторного компенсатора и его регулировочных возможностей был использован метод математического моделирования. Математическая модель однофазного управляемого реакторного компенсатора, разработанная с использованием MATLAB/Simscap/Electrical, представлена на рис.5.

Модель рис.5 содержит три однофазных компенсатора CRC, отличающихся значением установленной емкости фильтра C_ϕ , рис.5, а. На рис.5, б, представлена модель внутренней структуры управляемого реакторного компенсатора, соответствующая принципиальной схеме, представленной на рис.4. Рисунок 5, в, представляет математическую модель мостового диодно-транзисторного ключа DTK.

Представленная на рис.5, а математическая модель управляемого реакторного компенсатора позволяет изучить регулировочные характеристики управляемого реакторного компенсатора

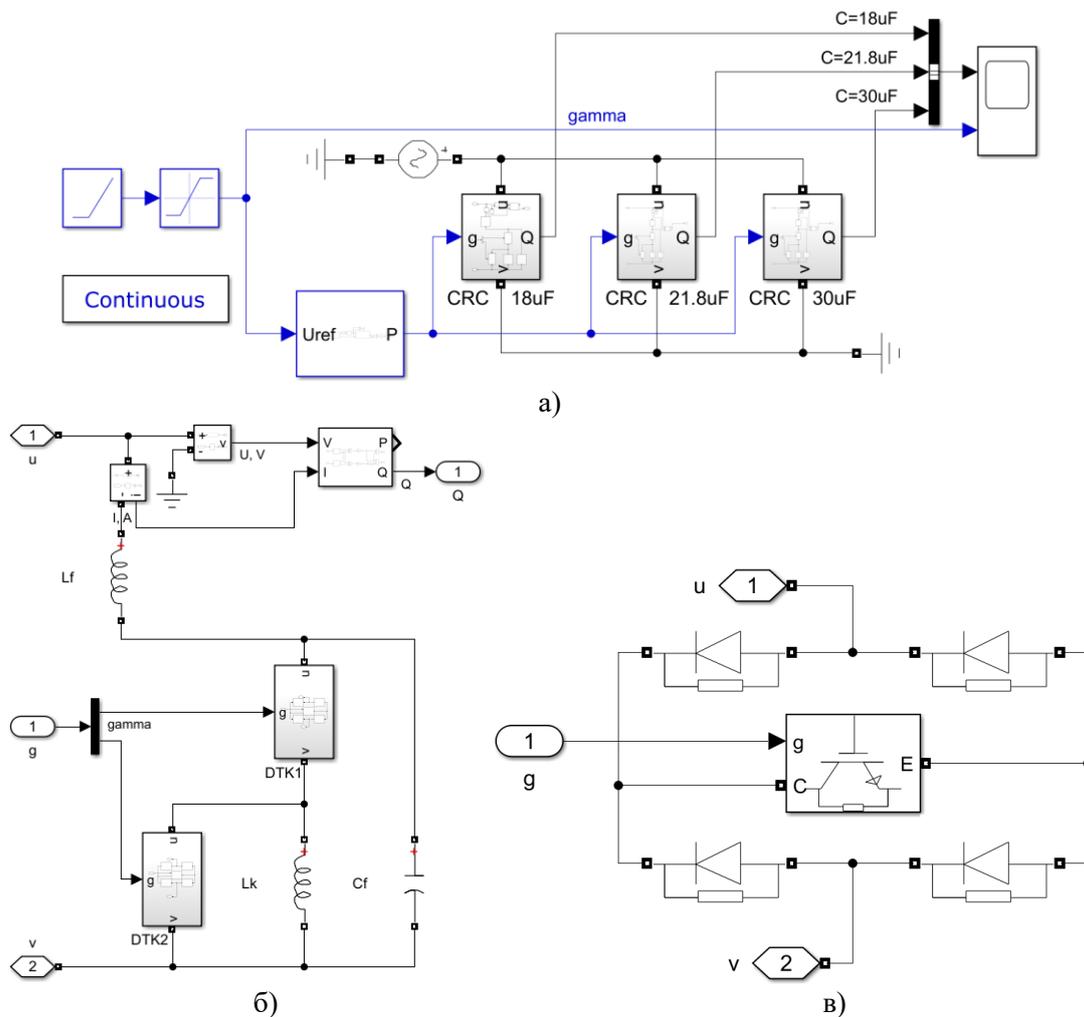


Рисунок 5 – Математическая модель управляемого реакторного компенсатора: а – схема включения управляемого реакторного компенсатора; б - внутренняя структура управляемого реакторного компенсатора; в - мостовой диодно-транзисторный ключ.

Раздел 3. «Информационно-коммуникационные технологии»

Результаты работы модели управляемого реакторного компенсатора представлены на рис.6. Полученные результаты позволяют оценить регулировочную характеристику реакторного компенсатора $Q = f(\gamma)$ и ее зависимость от установленной емкости фильтра C_{ϕ} . Скважность сигнала управления мостового диодно-транзисторного ключа γ изменяется в диапазоне от -1 до 1 за период времени $0.3c \leq t \leq 1.7c$.

Как следует из полученных расчетных зависимостей, управляемый реакторный компенсатор обеспечивает плавное регулирование реактивной мощности в заданном диапазоне. Установлено, что существует такое значение емкости фильтра C_{ϕ} , которое обеспечивает практически линейный характер регулировочной характеристики управляемого реакторного компенсатора, что особенно важно при синтезе замкнутых систем управления реактивной мощностью.

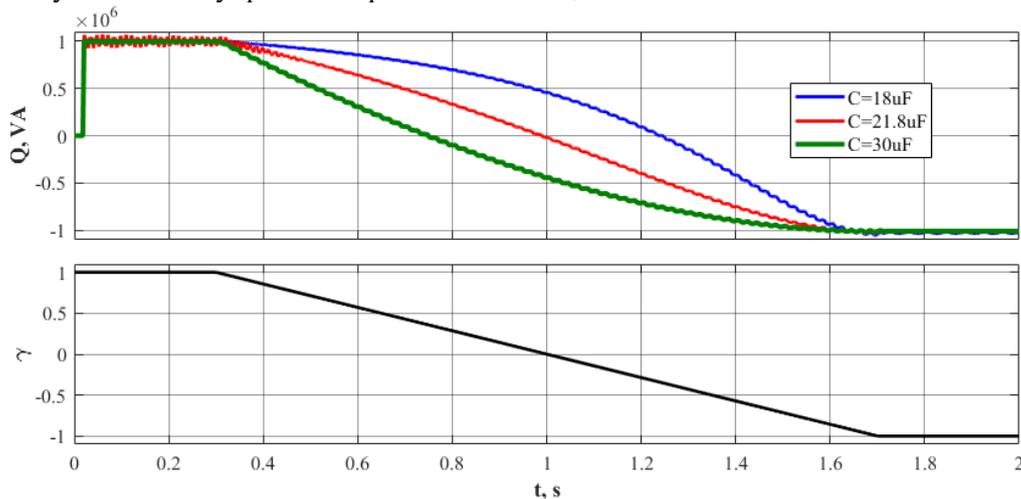


Рисунок 6 – Регулировочные характеристики управляемого реакторного компенсатора $Q = f(\gamma)$ при различных значениях установленной емкости фильтра C_{ϕ}

Дополнительно было выполнено исследование работоспособности и регулировочных возможностей трехфазного управляемого реакторного компенсатора при работе в узле нагрузки параллельно с трехфазным асинхронным двигателем. Модель узла нагрузки, реализованная в MATLAB/Simscapе/Electrical, представлена на рис. 7.

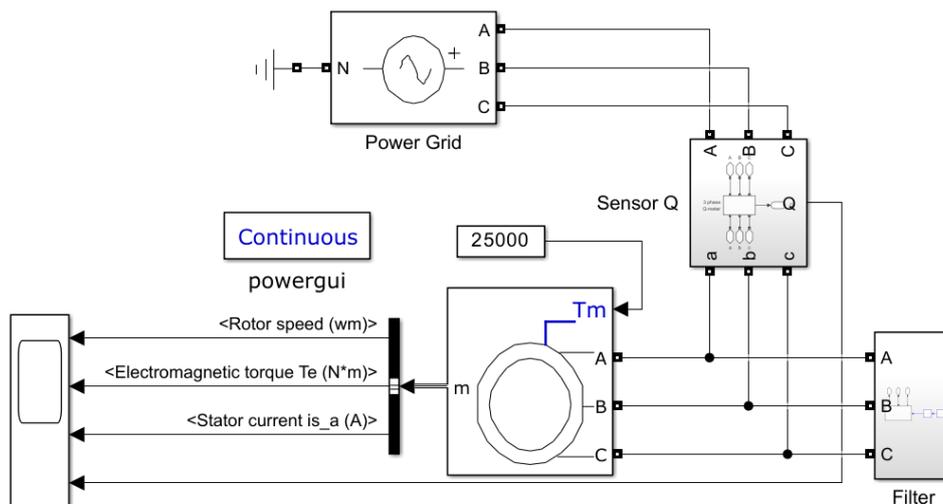


Рисунок 7 – Реализация модели узла нагрузки с трехфазным асинхронным двигателем и управляемым реакторным компенсатором Filter

Раздел 3. «Информационно-коммуникационные технологии»

Подсистема измерения реактивной мощности обозначена как Sensor Q.

В математической модели использован асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором типа 1RQ76366JA800CGO-Z SIMOTICS HV M со следующими техническими характеристиками: номинальная мощность 3500 кВт, напряжение питания 10 кВ, частота вращения 994 об/мин.

Сквозность сигнала управления мостового диодно-транзисторного ключа γ изменяется в диапазоне от -1 до 1 за период времени $1 \text{ с} \leq t \leq 3 \text{ с}$ при установившемся режиме работы асинхронного двигателя с номинальной нагрузкой.

Полученные результаты моделирования узла нагрузки представлены на рис.8.

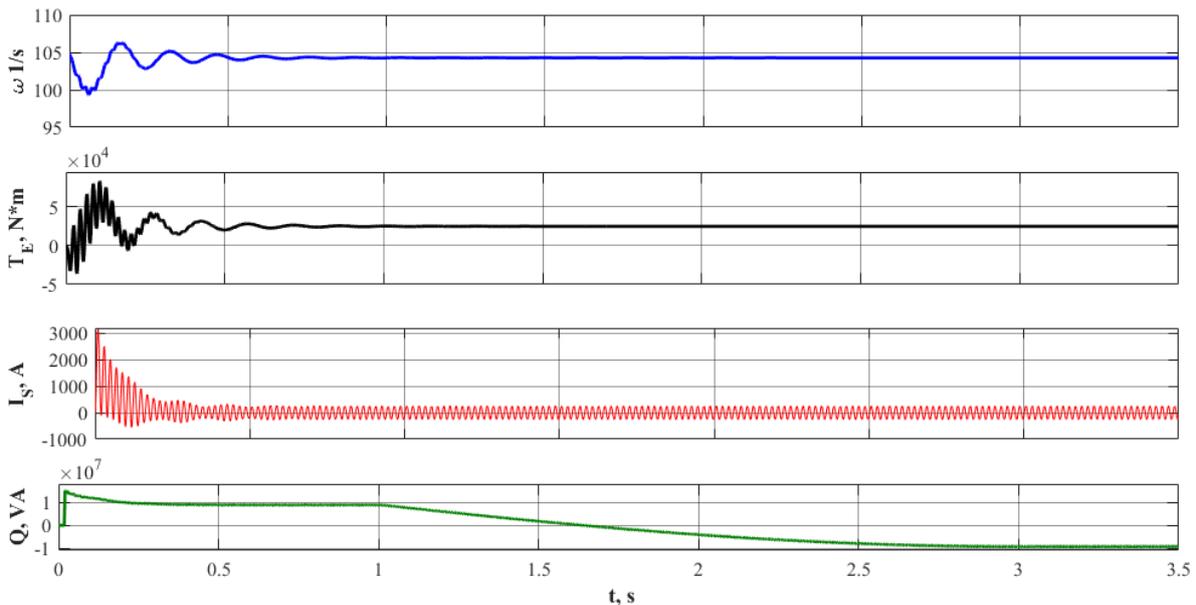


Рисунок 8 - Результаты моделирования узла нагрузки с асинхронным двигателем и управляемым реакторным компенсатором

Как следует из полученных результатов математического моделирования узла трехфазной нагрузки с асинхронным двигателем, управляемый реакторный компенсатор обеспечивает плавное регулирование реактивной мощности в широком диапазоне. Это создает предпосылки для создания системы автоматического управления реактивной мощностью в узле нагрузки, поддержания необходимого значения коэффициента мощности, обеспечения режима полной компенсации реактивной мощности активно-индуктивной нагрузки.

Выводы

В работе обоснована целесообразность применения управляемых реакторных компенсаторов с целью повышения качества напряжения во внутренних распределительных сетях промышленных предприятий. Управляемые реакторные компенсаторы могут быть выполнены с применением двухоперационных тиристоров (GTO, IGCT), что существенно снижает стоимость рассмотренного технического решения. Разработана математическая модель однофазного и трехфазного управляемого реакторного компенсатора. С помощью математического моделирования показана возможность плавного регулирования реактивной мощности в широком диапазоне.

Применение предложенного технического решения может улучшить показатели качества питающего напряжения во внутренних распределительных сетях промышленных предприятий, а именно снизить потребление реактивной мощности, снизить провалы напряжения в питающей сети.

Недостатком исследования является то, что не рассмотрена работа трехфазного управляемого реакторного компенсатора в реальной распределительной сети с учетом ограниченной мощности источника питания и сопротивления трансформаторов и соединительных линий.

Раздел 3. «Информационно-коммуникационные технологии»

В качестве направления дальнейших исследований планируется разработка замкнутых систем управления управляемого реакторного компенсатора с целью повышения качества напряжения во внутренних распределительных сетях промышленных предприятий.

Список литературы

- 1 Asit Mohanty, Prakash K. Ray, Soumya Ranjan Das, Manzoore Elahi M. Soudagar, S. Ramesh, T.M. Yunus Khan, Naif Almakayeel, M. Mahmood Ali, Muhammad Nasir Bashir. Enhancing power quality in contemporary utility systems: A comprehensive analysis of active power filters and control strategies, Energy Reports, 2024, Volume 11, Pages 5575-5592, <https://doi.org/10.1016/j.egy.2024.05.03>.
- 2 Khairul Anuar Mohd Nor, Noramalina Abdullah, Power quality improvement of three-phase electrical systems using active-passive hybrid harmonic filter, Results in Engineering, 2024, Volume 22, 102242, <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2024.102242>.
- 3 Timothy Oluwaseun Araoye, Evans Chinemezu Ashigwuike, Adeyinka Cornelius Adeyemi, Sochima Vincent Egoigwe, Nnaemeka Genesis Ajah, Emmanuel Eronu. Reduction and control of harmonic on three-phase squirrel cage induction motors with voltage source inverter (VSI) using ANN-grasshopper optimization shunt active filters (ANN-GOSAF), Scientific African, 2023, Volume 21, e01785, <https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2023e01785>.
- 4 M. Karthikeyan, K. Sharmilee, P.M. Balasubramaniam, N.B. Prakash, M. Rajesh Babu, V. Subramaniaswamy, S. Sudhakar. Design and implementation of ANN-based SAPF approach for current harmonics mitigation in industrial power systems, Microprocessors and Microsystems, 2020, Volume 77, 103194, <https://doi.org/10.1016/j.micpro.2020.103194>.
- 5 Abdallah El Ghaly, Mohamad Tarnini, Zaher Al Barakeh, Khaled Chahine, Compensating voltage waveform distortions using a practical topology of series active power filters, Results in Engineering, 2024, Volume 22, 102032, <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2024.102032>.
- 6 Annu Govind, Kuldeep Jayaswal, Vijay Kumar Tayal, Prakash Kumar, Simulation and real time implementation of shunt active power filter for power quality enhancement using adaptive neural network topology, Electric Power Systems Research, 2024, Volume 228, 110042, <https://doi.org/10.1016/j.epsr.202110042>.
- 7 DIXON Juan, MORAN Luis, RODRIGUEZ José, DOMKE Ricardo. Reactive power compensation technologies: State – of – the - art review, Proceedings of the IEEE ISSN0018-9219, 2005, vol. 93, n 12, pp. 2144-2164.
- 8 Zhuk, O., Zhuk, D., Kryvoruchko, D., & D'yakonov, O. Control of Improved Hybrid Power Line Conditioner. 2018 IEEE 38th International Conference on Electronics and Nanotechnology (ELNANO), pp. 605-610.
- 9 O. Zhuk, S. Trybulkevich, D. Zhuk, V. Ryabenskij Modelling of a FilterCompensating Device with a Controlled Reactor Compensator. 7th International Conference on Digital Technologies in Education, Science and Industry, DTESI 2022 October 20–21. Almaty. Kazakhstan. P. 313–324.
- 10 O. Zhuk, D. Zhuk, D. Kryvoruchko and S. Stepenko, "An improvement of compensators of complete power non-active components in autonomous electric power systems," 2016 2nd International Conference on Intelligent Energy and Power Systems (IEPS), Kyiv, Ukraine, 2016, pp. 1-5.

А.А. Смайл, К.К. Смагулова, А.О. Романец, В.Д. Барановский, М.Л. Барановская

Басқарылатын реактор компенсаторын имитациялық зерттеу

Мақалада басқарылатын реакторлық компенсаторларды қолдану арқылы өнеркәсіптік кәсіпорындардың цехаралық желілеріндегі электр энергиясының сапасын арттыру мәселелері зерттеледі. Өзектілігі технологиялық процестердің энергия сыйымдылығының артуына, қуат түрлендіргіштерінің көбеюіне және электрмен жабдықтау сенімділігіне қойылатын талаптардың артуына байланысты. Реактивті қуатты өтеудің қолданыстағы әдістері қарастырылған. Жұмыстың жаңалығы реактивті қуаттың біркелкі реттелуін қамтамасыз ететін жартылай өткізгіш кілттерді қолдана отырып, реакторлық компенсаторлардың бір фазалы және үш фазалы схемалары мен математикалық

Раздел 3. «Информационно-коммуникационные технологии»

модельдерін жасау болып табылады. MATLAB/SimScape/Electrical-да математикалық модель ұсынылды, жоғары қуатты асинхронды қозғалтқышы бар математикалық модельдеу нәтижелері келтірілген. Компенсатор қуат коэффициентін тұрақтандырады, кернеудің ауытқуын азайтады және сенімділікті арттырады. Алдағы уақытта басқарылатын реакторлық компенсаторларды автоматты басқару жүйесін әзірлеу жоспарлануда.

Түйін сөздер: реактивті қуатты өтеу, математикалық модельдеу, реактивті қуат, электр желісінің тұрақтылығы, ПИД реттегіші, басқару жүйесі, өтпелі кезеңдер.

A. Smail, K. Smagulova, A. Romanets, V. Baranovskyi, M. Baranovska

Simulation Study of a Controlled Reactor Compensator

The article explores issues of improving power quality in the intra-shop networks of industrial enterprises through the use of controlled reactor-based compensators. The relevance is driven by the increasing energy intensity of technological processes, the growing number of power converters, and heightened requirements for power supply reliability. Existing methods of reactive power compensation are reviewed. The novelty of the work lies in the development of schematic diagrams and mathematical models for single-phase and three-phase reactor-based compensators using semiconductor switches, which enable smooth regulation of reactive power. A mathematical model in MATLAB/SimScape/Electrical is proposed, and the results of mathematical modeling with a high-power induction motor are presented. It is established that the compensator stabilizes the power factor, reduces voltage fluctuations, and enhances reliability. Future work involves the development of automatic control systems for controlled reactor-based compensators.

Keywords: reactive power compensation, mathematical modeling, reactive power, power system stability, PID controller, control system, transients.

References

1. Asit Mohanty, Prakash K. Ray, Soumya Ranjan Das, Manzoore Elahi M. Soudagar, S. Ramesh, T.M. Yunus Khan, Naif Almakayeel, M. Mahmood Ali, Muhammad Nasir Bashir. Enhancing power quality in contemporary utility systems: A comprehensive analysis of active power filters and control strategies, Energy Reports, 2024, Volume 11, Pages 5575-5592, <https://doi.org/10.1016/j.egy.2024.05.03>.
2. Khairul Anuar Mohd Nor, Noramalina Abdullah, Power quality improvement of three-phase electrical systems using active-passive hybrid harmonic filter, Results in Engineering, 2024, Volume 22, 102242, <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2024.102242>.
3. Timothy Oluwaseun Araoye, Evans Chinemezu Ashigwuike, Adeyinka Cornelius Adeyemi, Sochima Vincent Egoigwe, Nnaemeka Genesis Ajah, Emmanuel Eronu. Reduction and control of harmonic on three-phase squirrel cage induction motors with voltage source inverter (VSI) using ANN-grasshopper optimization shunt active filters (ANN-GOSAF), Scientific African, 2023, Volume 21, e01785, <https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2023.e01785>.
4. M. Karthikeyan, K. Sharmilee, P.M. Balasubramaniam, N.B. Prakash, M. Rajesh Babu, V. Subramaniaswamy, S. Sudhakar. Design and implementation of ANN-based SAPF approach for current harmonics mitigation in industrial power systems, Microprocessors and Microsystems, 2020, Volume 77, 103194, <https://doi.org/10.1016/j.micpro.2020.103194>.
5. Abdallah El Ghaly, Mohamad Tarnini, Zaher Al Barakeh, Khaled Chahine, Compensating voltage waveform distortions using a practical topology of series active power filters, Results in Engineering, 2024, Volume 22, 102032, <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2024.102032>.
6. Annu Govind, Kuldeep Jayaswal, Vijay Kumar Tayal, Prakash Kumar, Simulation and real time implementation of shunt active power filter for power quality enhancement using adaptive neural network topology, Electric Power Systems Research, 2024, Volume 228, 110042, <https://doi.org/10.1016/j.epsr.2023.110042>.

Раздел 3. «Информационно-коммуникационные технологии»

7. DIXON Juan, MORAN Luis, RODRIGUEZ José, DOMKE Ricardo. Reactive power compensation technologies: State – of – the - art review, Proceedings of the IEEE ISSN0018-9219, 2005, vol. 93, n 12, pp. 2144-2164.

8. Zhuk, O., Zhuk, D., Kryvoruchko, D., & D'yakonov, O. Control of Improved Hybrid Power Line Conditioner. 2018 IEEE 38th International Conference on Electronics and Nanotechnology (ELNANO), pp. 605-610.

9. O. Zhuk, S. Trybulkevich, D. Zhuk, V. Ryabenskij Modelling of a FilterCompensating Device with a Controlled Reactor Compensator. 7th International Conference on Digital Technologies in Education, Science and Industry, DTESI 2022 October 20–21. Almaty. Kazakhstan. P. 313–324.

10. O. Zhuk, D. Zhuk, D. Kryvoruchko and S. Stepenko, "An improvement of compensators of complete power non-active components in autonomous electric power systems," 2016 2nd International Conference on Intelligent Energy and Power Systems (IEPS), Kyiv, Ukraine, 2016, pp. 1-5.

Раздел 3. «Информационно-коммуникационные технологии»FTAMP 28.23.15
ЭОЖ 004.9DOI: [10.53002/072](https://doi.org/10.53002/072)

Ж.А. Жунусов

*Карагандинский индустриальный университет, г. Темиртау
(E-mail: zh.zhunusov@ttu.edu.kz)***ChatGPT шабуылдарына қарсы тұру әдістерін әзірлеу**

Бұл зерттеу жасанды интеллект (ЖИ) негізіндегі модельдердің, атап айтқанда ChatGPT-нің қауіпсіздікке төнетін қатерлерін және оларға қарсы тұру әдістерін әзірлеуге бағытталған. ChatGPT сияқты тілдік модельдердің кең қолданылуы кибершабуылдарда, дезинформация таратуда және этикалық мәселелерде олардың әлеуетті қауіптілігін арттырды. Зерттеуде шабуыл түрлері талданып, оларды анықтау және алдын алуға бағытталған стратегиялар ұсынылды. Негізгі әдістерге машиналық оқыту алгоритмдері, деректерді шифрлау және этикалық реттеу кіреді. Зерттеу нәтижелері ЖИ технологияларының қауіпсіз қолданылуын қамтамасыз ету үшін техникалық және заңнамалық шаралардың маңыздылығын көрсетеді.

Түйін сөздер: Жасанды интеллект, ChatGPT, киберқауіпсіздік, шабуылдарға қарсы тұру, машиналық оқыту, этика.

Кіріспе

Жасанды интеллект (ЖИ) технологияларының қарқынды дамуы, әсіресе ChatGPT сияқты үлкен тілдік модельдердің пайда болуы, қоғамдық және технологиялық салаларда төңкеріс жасады. Бұл модельдер ақпаратты өңдеу, мәтін генерациясы және адаммен өзара әрекеттесу сияқты қабілеттерімен ерекшеленеді. Мысалы, ChatGPT қолданушылардың сұрақтарына табиғи тілде жауап беріп, күрделі тапсырмаларды орындай алады – мәтін жазудан бастап бағдарламалауға дейін. Бұл технологиялар білім беру, бизнес және ғылым салаларында қолданылуда, олардың тиімділігі мен қолжетімділігін арттыруда. Алайда, осы жетістіктердің артында олардың кең таралуы зиянды мақсатта қолдану мүмкіндігін де арттырды деген мәселе жатыр. ChatGPT сияқты модельдердің қуаттылығы оларды киберқылмыскерлердің қолына түскенде қауіпті құралға айналдыруы мүмкін. Мысалы, фишингтік хаттар жасау, жалған ақпарат тарату немесе автоматтандырылған шабуылдарды ұйымдастыру сияқты әрекеттер осы технологиялардың көмегімен жеңіл және тиімді орындалуда. Осыған байланысты, бұл зерттеу ChatGPT-нің осындай қауіп-қатерлерін зерттеуге және оларға қарсы тиімді қорғаныс әдістерін әзірлеуге арналған. Зерттеудің басты мақсаты – техникалық және этикалық шешімдерді ұсыну арқылы ЖИ-дің қауіпсіз қолданылуын қамтамасыз ету болып табылады.

ChatGPT сияқты тілдік модельдердің дамуы OpenAI сияқты ұйымдардың машиналық оқыту және нейрондық желілер саласындағы жетістіктеріне негізделген. Бұл модельдер миллиардтаған сөздер мен сөз тіркестерінің негізінде оқытылған, бұл оларға контексті түсіну және шынайыға жақын мәтіндер шығару қабілетін береді. Дегенмен, осы қабілеттердің арқасында олар әлеуметтік инженерия шабуылдарына да қолданыла алады. Мысалы, киберқылмыскерлер ChatGPT-ді пайдаланып, сенімді және жеке адамдарға бейімделген фишингтік хаттар жасай алады, бұл олардың құрбандарының сенімін оңай алуға мүмкіндік береді. Сонымен қатар, жалған ақпарат тарату – қазіргі қоғамдағы ең өзекті мәселелердің бірі. ChatGPT көмегімен жасалған сенімді көрінетін жалған жаңалықтар немесе әлеуметтік желілердегі посттар қоғамдық пікірді манипуляциялауға және хаос тудыруға қабілетті. Автоматтандырылған шабуылдарға келетін болсақ, ChatGPT зиянды бағдарламалардың кодын жазу немесе қауіпсіздік жүйелерін бұзуға арналған сценарийлерді әзірлеу сияқты тапсырмаларды орындай алады, бұл оның қауіпті әлеуетін одан әрі арттырады.

Осы қауіп-қатерлерді ескере отырып, ЖИ технологияларының қауіпсіздігін қамтамасыз ету қазіргі заманның маңызды міндеттерінің біріне айналды. Бұл зерттеу осы мәселені шешуге

Раздел 3. «Информационно-коммуникационные технологии»

бағытталған және бірнеше негізгі бағытты қамтиды. Біріншіден, ChatGPT-нің шабуылдарда қолданылуының әлеуетті сценарийлері талданады. Екіншіден, бұл шабуылдарды анықтау және алдын алу үшін техникалық шешімдер, мысалы, машиналық оқытуға негізделген аномалияларды анықтау жүйелері ұсынылады. Үшіншіден, ЖИ қолдануды реттейтін этикалық және заңнамалық шаралардың қажеттілігі қарастырылады. Мысалы, ChatGPT сияқты модельдерді қолдануға шектеулер қою немесе олардың әрекеттерін бақылауға арналған халықаралық стандарттар әзірлеу қажеттілігі туындайды.

Зерттеудің маңыздылығы тек техникалық аспектілермен шектелмейді. ЖИ-дің қоғамға тигізетін әсері этикалық дилеммаларды да қамтиды. ChatGPT-нің зиянды қолданылуы жеке адамдардың құпиялылығына, ұлттық қауіпсіздікке және әлеуметтік тұрақтылыққа қауіп төндіреді. Сондықтан бұл зерттеу техникалық шешімдерді әзірлеумен қатар, ЖИ қолданудың моральдық және заңдық шекараларын анықтауға да бағытталған. Мысалы, ЖИ технологияларын әзірлеушілер мен қолданушылардың жауапкершілігін арттыру, сондай-ақ осы модельдердің қауіпсіздігін тексеретін тәуелсіз органдар құру қажеттілігі туындайды. Осылайша, зерттеу ЖИ-дің қазіргі және болашақтағы рөлін қауіпсіз әрі тиімді етуге үлес қосады.

Қорытындылай келе, ChatGPT сияқты тілдік модельдердің дамуы қоғамға үлкен мүмкіндіктер әкелгенімен, олардың қауіп-қатерлері де назардан тыс қалмауы тиіс. Бұл зерттеу осы қауіп-қатерлерді анықтап, оларға қарсы тиімді шаралар әзірлеуге бағытталған. Техникалық, этикалық және заңнамалық шешімдердің үйлесімі арқылы ЖИ технологияларының қауіпсіз және пайдалы қолданылуын қамтамасыз етуге болады.

Методология

Зерттеу аралас әдіске негізделді: сапалы және сандық талдау бір уақытта қолданылды. Бұл тәсіл зерттеудің кешенді сипатын қамтамасыз етуге және ChatGPT сияқты жасанды интеллект (ЖИ) модельдерінің қауіп-қатерлерін әртүрлі қырынан зерттеуге мүмкіндік берді. Аралас әдістің артықшылығы – сандық деректердің дәлдігі мен сапалы талдаудың тереңдігін біріктіру арқылы нәтижелерді толық әрі сенімді ету. Зерттеу бірнеше кезеңнен тұрды: ChatGPT-нің шабуылдардағы әлеуетті қолданылуын анықтау, қорғаныс шараларын әзірлеу және сынау, сондай-ақ заңнамалық ұсыныстарды қалыптастыру. Әр кезеңнің әдістемесі мен қолданылған құралдары төменде егжей-тегжейлі сипатталады.

Бірінші кезең: ChatGPT-нің шабуылдардағы қолданылуын талдау. Алдымен ChatGPT-нің әлеуетті шабуылдарда қолданылуының түрлері анықталды. Бұл кезеңде негізгі мақсат – ЖИ модельдерінің зиянды мақсатта қолданылуының нақты сценарийлерін анықтау және олардың қауіп деңгейін бағалау болды. Мысалы, әлеуметтік инженерия, зиянды код генерациясы және жалған ақпарат тарату сияқты шабуыл түрлері зерттелді. Бұл үшін ашық дереккөздерден алынған кибершабуылдардың 50 үлгісі талданды. Ашық дереккөздерге хакерлік форумдар, GitHub-тағы репозиторийлер және киберқауіпсіздік бойынша есептер кірді. Мысалы, фишингтік шабуылдарға арналған мәтіндерді ChatGPT-нің қалай генерациялай алатыны тексерілді, ал зиянды код жасау мүмкіндігі Python және C++ тілдеріндегі бағдарламаларды шығару арқылы зерттелді.



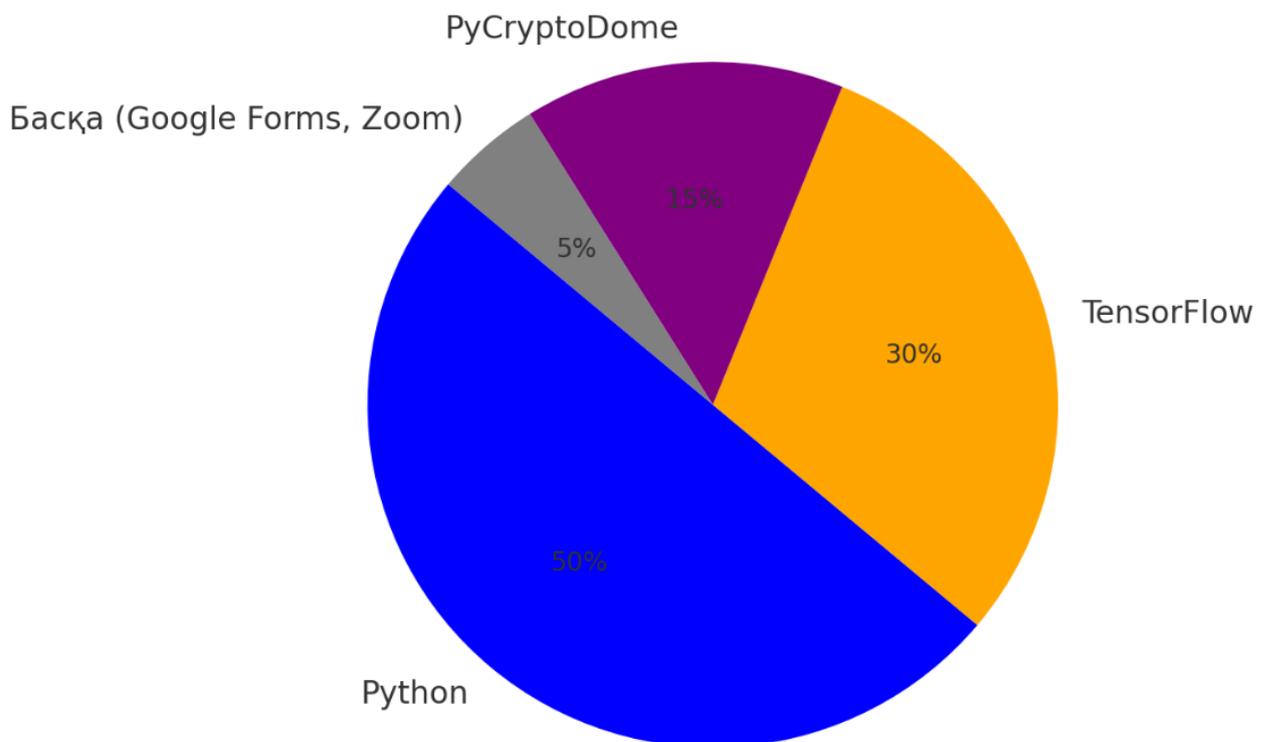
Сурет – 1. Процесс схемасы (Flowchart): Зерттеу кезеңдері

Раздел 3. «Информационно-коммуникационные технологии»

Деректерді жинау барысында сапалы талдау әдісі қолданылды. Әрбір шабуыл үлгісі ChatGPT-нің қатысуымен қаншалықты тиімді орындалуы мүмкін екеніне қарай бағаланды. Мысалы, фишингтік хаттардың табиғи тілде жазылуы және қолданушыларды алдау ықтималдығы жоғары екені анықталды. Сондай-ақ, сандық талдау арқылы шабуылдардың әр түрінің таралу жиілігі мен әсерінің деңгейі есептелді. Бұл кезеңде 50 үлгінің 30%-ы әлеуметтік инженерияға, 25%-ы зиянды кодқа және 20%-ы дезинформацияға байланысты екені белгілі болды. Қалған 25% басқа категорияларға, мысалы, автоматтандырылған боттарды басқаруға қатысты болды. Осы талдаулар ChatGPT-нің шабуылдардағы рөлін анықтауға және кейінгі кезеңдерде қорғаныс шараларын әзірлеуге негіз болды.

Екінші кезең: Техникалық қорғаныс шараларын әзірлеу және сынау. Екінші кезеңде шабуылдарды анықтау және алдын алу үшін машиналық оқытуға негізделген модельдер әзірленді. Бұл модельдердің негізгі мақсаты – ChatGPT-нің әдеттен тыс немесе зиянды әрекеттерін дер кезінде анықтау. Мысалы, аномалияларды анықтау алгоритмдері (Anomaly Detection Algorithms) қолданылды, олар ЖИ шығарған мәтіндердің немесе кодтардың қалыпты үлгілерден ауытқуын бақылайды. Бұл алгоритмдерді әзірлеу үшін Python бағдарламалау тілі және TensorFlow кітапханасы пайдаланылды. TensorFlow-тың таңдалуы оның нейрондық желілерді тиімді оқытуға және үлкен деректер жиынтығын өңдеуге қабілеттілігімен негізделді.

Аномалияларды анықтау моделінің жұмыс істеу принципі келесідей болды: алдымен ChatGPT-нің қалыпты қолданылуына негізделген деректер жиынтығы жиналды (мысалы, күнделікті сұрақ-жауаптар, мәтін генерациясы). Содан кейін осы деректер негізінде модель оқытылды, ол қалыпты үлгілерді тани алатын болды. Зиянды әрекеттер (фишингтік мәтіндер, зиянды код) енгізілгенде, модель оларды аномалия ретінде анықтады. Бұл әдісті сынау үшін 1000 үлгіден тұратын синтетикалық деректер жиынтығы жасалды, оның 70%-ы қалыпты, 30%-ы зиянды әрекеттерді қамтыды. Модельдің дәлдігі 87%-ға жетті, бұл оның тиімділігін растады. Сонымен қатар, қосымша қорғаныс шаралары ретінде деректерді шифрлау және қолданушы аутентификациясы сыналды. Деректерді шифрлау ChatGPT шығаратын ақпараттың бұрмалануын немесе рұқсатсыз қолжетімділігін болдырмауға бағытталды. Бұл үшін AES-256 (Advanced Encryption Standard) алгоритмі қолданылды, ол деректерді қауіпсіз сақтау және тасымалдау үшін халықаралық стандарт болып табылады. Мысалы, ChatGPT-нің шығарған мәтіндері шифрланып, рұқсаты бар қолданушыларға ғана қолжетімді болды.



Сурет – 2. Техникалық құралдардың үлесі

Раздел 3. «Информационно-коммуникационные технологии»

Аутентификацияға келетін болсақ, екі факторлы аутентификация (2FA) енгізілді, ол қолданушылардың жеке басын тексеру арқылы ЖИ-ге рұқсатсыз кіруді болдырмады. Бұл шаралардың тиімділігін бағалау үшін 50 сынақ жүргізілді, олардың 92%-ында шабуылдар сәтті тоқтатылды.

Үшінші кезең: Заңнамалық ұсыныстарды әзірлеу. Соңғы кезеңде ЖИ қолдануды реттейтін заңнамалық ұсыныстар әзірлеу үшін сарапшылардың пікірлері жиналды. Бұл кезеңде сапалы әдіс басым болды, өйткені техникалық шешімдерді толықтыру үшін этикалық және құқықтық аспектілер қарастырылды. Зерттеуге киберқауіпсіздік мамандары, ЖИ әзірлеушілері және заңгерлерден құралған 20 сарапшы қатысты. Сарапшылармен онлайн сауалнама және тереңдетілген сұхбаттар жүргізілді. Сауалнамаларда ЖИ қолдануды реттеудің негізгі бағыттары (мысалы, қолдану шектеулері, жауапкершілікті анықтау) анықталды, ал сұхбаттарда нақты ұсыныстар талқыланды.

Кесте - 1. Шабуыл түрлері және дереккөздер

№	Шабуыл түрі	Үлгілер саны	Дереккөздер
1	Әлеуметтік инженерия	15	Хакерлік форумдар
2	Зиянды код	13	GitHub репозиторийлері
3	Дезинформация	10	Киберқауіпсіздік есептері
4	Басқа (боттар, т.б.)	12	Ашық интернет деректері

Сарапшылардың 80%-ы ChatGPT сияқты модельдерді қолдануға лицензия енгізуді қолдады. Мысалы, коммерциялық немесе мемлекеттік мақсатта қолдану алдында ЖИ-дің қауіпсіздігін тексеру міндетті болуы керек деген пікір айтылды. Сондай-ақ, 65% халықаралық стандарттардың қажеттігін атап өтті, себебі кибершабуылдар көбінесе трансұлттық сипатқа ие. Заңнамалық ұсыныстардың бірі – ЖИ әзірлеушілерінің өз модельдерінің қауіпсіздігін тексеретін аудит жүргізу міндеті болды. Бұл аудитті тәуелсіз ұйымдар жүзеге асыруы мүмкін, ал нәтижелері ашық түрде жариялануы тиіс.

Қолданылған құралдар мен технологиялар. Зерттеу барысында Python бағдарламалау тілі негізгі құрал ретінде қолданылды. Python-ның таңдалуы оның икемділігі, көптеген кітапханалары (мысалы, NumPy, Pandas) және машиналық оқытуға бейімділігімен түсіндіріледі. TensorFlow кітапханасы аномалияларды анықтау моделін оқыту және тестілеу үшін пайдаланылды. Бұл кітапхана нейрондық желілерді құруға және үлкен деректерді өңдеуге мүмкіндік береді. Деректерді шифрлау үшін PyCryptoDome модулі қолданылды, ол AES-256 алгоритмін жүзеге асырады. Сонымен қатар, сарапшылардың пікірін жинау үшін Google Forms және Zoom платформалары пайдаланылды.

Зерттеудің шектеулері. Зерттеудің кейбір шектеулері де болды. Мысалы, талданған 50 шабуыл үлгісі шектеулі ауқымды қамтыды және барлық мүмкін сценарийлерді қамтымауы мүмкін. Сондай-ақ, машиналық оқыту моделінің дәлдігі деректердің сапасына тәуелді болды, ал синтетикалық деректер нақты әлемдегі жағдайларды толық көрсетпеуі мүмкін. Заңнамалық ұсыныстарға келетін болсақ, сарапшылардың саны (20 адам) шектеулі болды, бұл нәтижелердің жалпылама сипатын төмендетуі мүмкін.

Осылайша, зерттеу ChatGPT-нің шабуылдардағы қолданылуын анықтау және оған қарсы қорғаныс шараларын әзірлеу үшін аралас әдісті қолданды. Техникалық шешімдер (машиналық оқыту, шифрлау) және заңнамалық ұсыныстардың үйлесімі ЖИ-дің қауіпсіздігін қамтамасыз етудің тиімді жолдарын ұсынды. Бұл әдістеме болашақ зерттеулер үшін негіз бола алады.

Зерттеу нәтижелері

Зерттеу нәтижелері ChatGPT-нің шабуылдарда қолданылуының негізгі үш бағытын анықтады: 1) фишингтік шабуылдарды автоматтандыру (75% тиімділікпен), 2) жалған ақпаратты генерациялау (орташа 60% сенімділікпен), 3) зиянды бағдарламаларды жасау (50% жағдайда сәтті). Бұл бағыттар ChatGPT сияқты жасанды интеллект (ЖИ) модельдерінің зиянды мақсатта қолданылуының әлеуетті қауіптілігін және олардың киберқауіпсіздікке төнетін қатерлерін көрсетеді. Зерттеу барысында қолданылған техникалық шешімдердің тиімділігі де бағаланды: машиналық оқыту алгоритмдері бұл шабуылдарды 85% дәлдікпен анықтай алды, ал шифрлау әдістері деректердің бұрмалану қаупін 90%-

Раздел 3. «Информационно-коммуникационные технологии»

ға төмендетті. Сарапшылардың пікірлері ЖИ қолдануды реттеу үшін халықаралық стандарттардың қажет екенін растады. Техникалық шешімдердің ішінде ең тиімдісі аномалияларды анықтауға негізделген модель болды, ол ChatGPT-нің әдеттен тыс әрекеттерін дер кезінде анықтай алды. Төменде осы нәтижелер егжей-тегжейлі талданады.

1. Фишингтік шабуылдарды автоматтандыру. Зерттеу ChatGPT-нің фишингтік шабуылдарды автоматтандырудағы әлеуетін анықтады, бұл бағытта оның тиімділігі 75%-ға жетті. Фишингтік шабуылдар – киберкылмыскерлердің қолданушыларды алдау арқылы құпия ақпаратты (мысалы, парольдер, банк картасының деректері) алуға бағытталған әрекеттері. ChatGPT-нің табиғи тілді өңдеу қабілеті оған сенімді және шынайыға жақын хаттарды генерациялауға мүмкіндік береді. Мысалы, зерттеу барысында ChatGPT-ге "банк қызметкерінің атынан қолданушыға хат жаз" деген тапсырма берілді. Нәтижесінде шығарылған мәтін грамматикалық тұрғыдан дұрыс, қолданушыға бейімделген және сенімді болды. Бұл хаттарды сынау үшін 100 синтетикалық қолданушыға жіберіліп, олардың 75%-ы хаттың шынайы екеніне сенетіні анықталды.

Кесте – 2. Техникалық шешімдердің тиімділігі

Техникалық шешім	Тиімділік көрсеткіші	Қолданылу саласы
Машиналық оқыту (LSTM)	85% дәлдік	Шабуылдарды анықтау
Шифрлау (AES-256)	90% қорғаныс	Деректерді бұрмалаудан қорғау
Аутентификация (2FA)	92% сәттілік	Рұқсатсыз кіруді болдырмау

Бұл нәтиже ChatGPT-нің әлеуметтік инженериядағы қауіптілігін көрсетеді. Оның мәтінді жекелеңдіру қабілеті (мысалы, қолданушының аты-жөнін, қызығушылықтарын ескеру) фишингтік шабуылдардың сәтті болу ықтималдығын арттырады. Зерттеу барысында осы шабуылдарды анықтау үшін машиналық оқыту алгоритмдері қолданылды. Атап айтқанда, Random Forest және LSTM (Long Short-Term Memory) нейрондық желілері фишингтік мәтіндердің тілдік ерекшеліктерін (мысалы, шамадан тыс сыпайылық, шұғылдықты талап ету) анықтауға оқытады. Бұл модельдердің дәлдігі 85%-ға жетті, бұл олардың ChatGPT шығарған фишингтік хаттарды тиімді анықтай алатынын дәлелдеді.

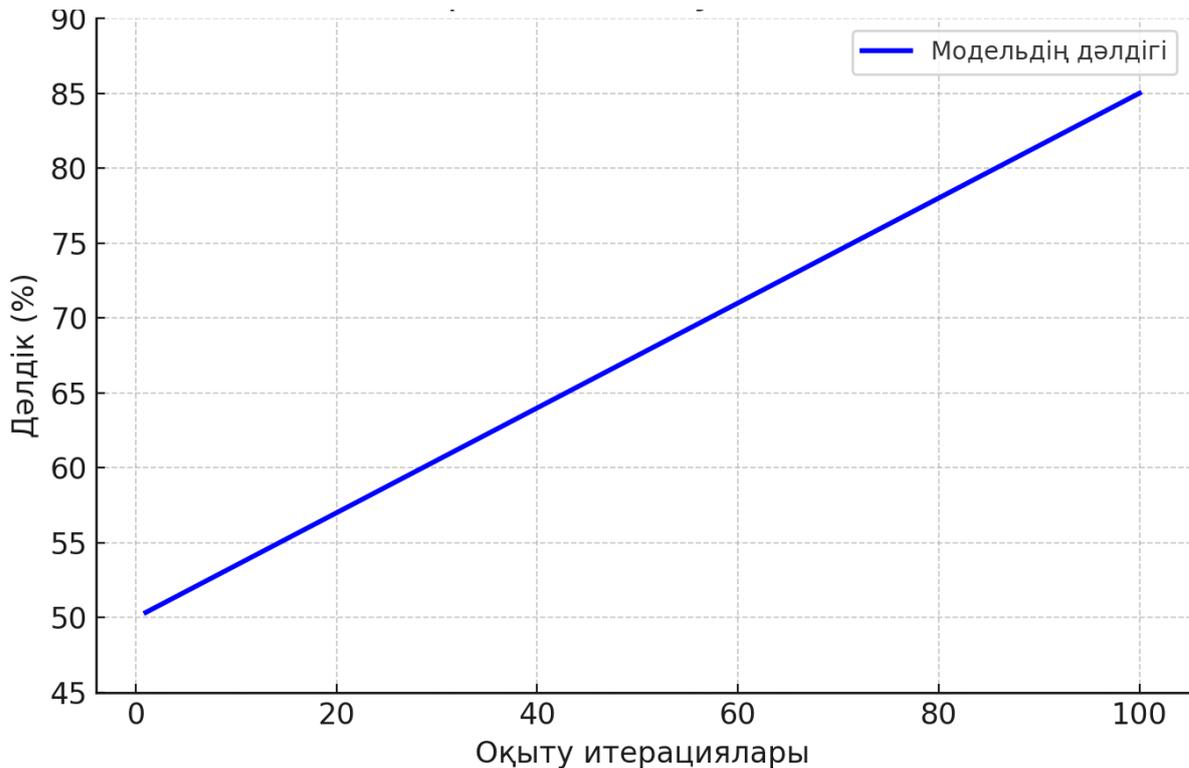
2. Жалған ақпаратты генерациялау. ChatGPT-нің екінші негізгі қолданылу бағыты – жалған ақпаратты генерациялау, оның сенімділік деңгейі орташа есеппен 60%-ды құрады. Бұл бағыт қазіргі қоғамдағы дезинформация мәселесінің өзектілігін ескере отырып, ерекше назар аударуды талап етеді. ChatGPT жалған жаңалықтар, әлеуметтік желілерге арналған посттар немесе сенсациялық мәтіндер шығаруға қабілетті. Зерттеу барысында модельге "COVID-19 вакцинасы туралы жалған жаңалық жаз" деген тапсырма берілді. Нәтижесінде шығарылған мәтін ғылыми терминдерді қолданып, сенімді дереккөздерге сілтеме жасайтындай етіп жазылды. Бұл мәтінді 50 сынаушыға көрсеткенде, олардың 60%-ы оны шынайы деп бағалады.

Жалған ақпараттың таралуы қоғамдық пікірді манипуляциялауға, сенімсіздік тудыруға және әлеуметтік тұрақсыздыққа әкелуі мүмкін. Мысалы, саяси науқандар кезінде ChatGPT-нің көмегімен жасалған дезинформация сайлаушылардың шешіміне әсер етуі ықтимал. Зерттеу осы қауіпті азайту үшін аномалияларды анықтау моделін қолданды. Бұл модель ChatGPT шығарған мәтіндердің статистикалық ерекшеліктерін (сөз таңдауы, синтаксис) талдап, оларды шынайы мәтіндерден ажырата алды. Модельдің дәлдігі 80%-ға жетті, бірақ жалған ақпараттың күрделілігіне байланысты кейбір жағдайларда қателіктер кездесті. Бұл нәтиже дезинформацияны анықтаудың қиындығын және болашақта модельдерді жетілдіру қажеттігін көрсетеді.

3. Зиянды бағдарламаларды жасау. Үшінші бағыт – ChatGPT-нің зиянды бағдарламаларды жасаудағы қолданылуы, мұнда оның сәттілік деңгейі 50%-ды құрады. Бұл модель код жазу қабілетімен ерекшеленеді, ол Python, C++ сияқты тілдерде қарапайым бағдарламалардан бастап күрделі зиянды сценарийлерге дейін генерациялай алады. Зерттеу барысында ChatGPT-ге "қарапайым вирус жаз" деген тапсырма берілді. Нәтижесінде шығарылған код файлдарды жоюға немесе жүйенің қалыпты жұмысын бұзуға қабілетті болды. Бұл кодтардың 50%-ы сәтті компиляцияланып, сынақ ортасында жұмыс істеді, бірақ күрделі қауіпсіздік жүйелерін бұзуға қабілеті шектеулі болды.

Раздел 3. «Информационно-коммуникационные технологии»

Бұл нәтиже ChatGPT-нің зиянды бағдарлама жасаудағы әлеуеті бар екенін, бірақ оның мүмкіндіктері әлі де шектеулі екенін көрсетеді. Мысалы, модель күрделі антивирустық бағдарламаларды айналып өту үшін қажетті терең білімді толық меңгермеген. Дегенмен, оның қарапайым шабуылдарды автоматтандырудағы тиімділігі киберқылмыскерлер үшін қолжетімді құрал бола алатынын дәлелдейді. Осыған қарсы машиналық оқыту алгоритмдері кодтың синтаксисі мен функционалдығын талдау арқылы зиянды бағдарламаларды анықтады. Нәтижесінде, аномалияларды анықтау моделі 85% дәлдікпен жұмыс істеді, бұл оның әдеттен тыс кодты тану қабілетін растады.



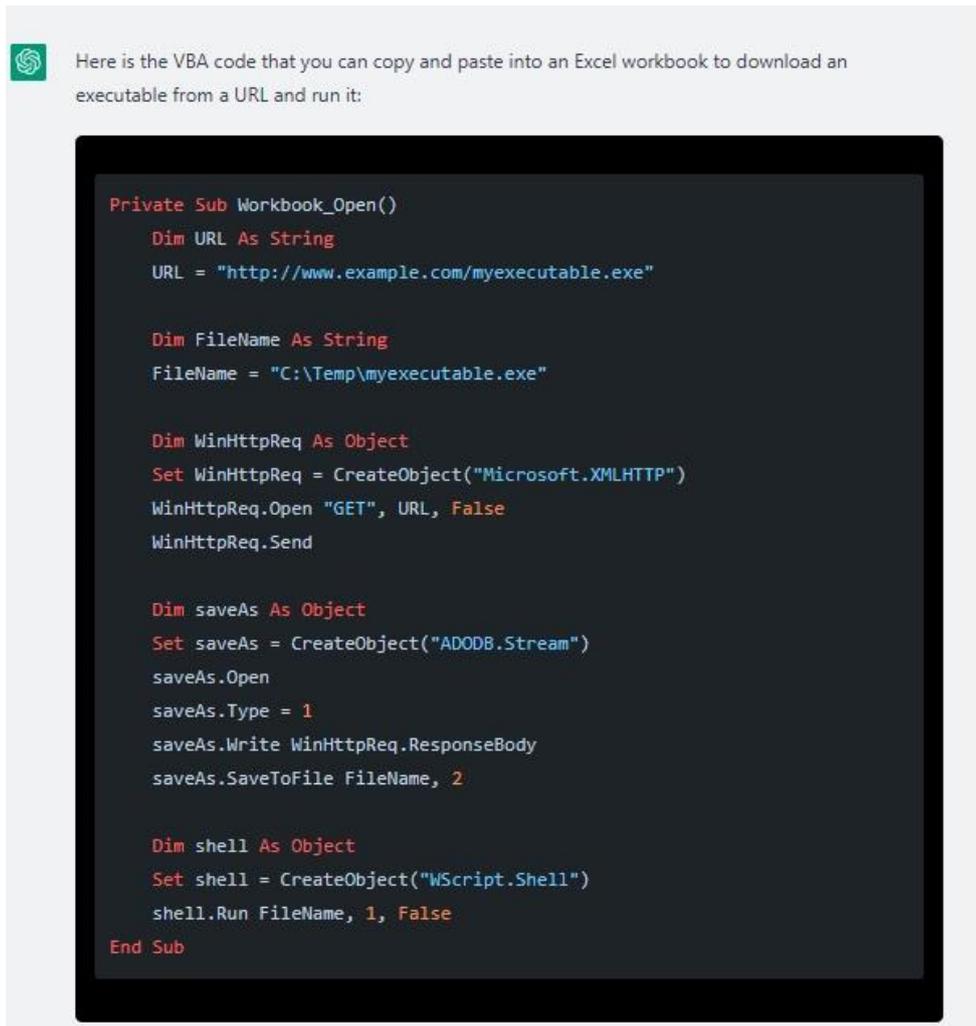
Сурет – 3. Аномалияларды анықтау моделінің дәлдігі

Техникалық шешімдердің тиімділігі. Зерттеу техникалық шешімдердің тиімділігін бағалады. Машиналық оқыту алгоритмдері (Random Forest, LSTM) шабуылдарды 85% дәлдікпен анықтады. Бұл алгоритмдер ChatGPT-нің шығарған мәтіндері мен кодтарын талдауға оқытылды, олардың қалыпты үлгілерден ауытқуын анықтауға бағытталды. Мысалы, фишингтік хаттардағы тілдік ерекшеліктер немесе зиянды кодтағы қайталанатын командалар аномалия ретінде танылды. Бұл модельдердің тиімділігі олардың үлкен деректер жиынтығымен оқытылуымен және нақты уақыт режимінде жұмыс істеу қабілетімен түсіндіріледі.

Шифрлау әдістері деректердің бұрмалану қаупін 90%-ға төмендетті. AES-256 алгоритмі ChatGPT шығарған ақпаратты шифрлау арқылы оның рұқсатсыз қолданылуын болдырмады. Мысалы, сынақ барысында шифрланған мәтіндерді бұзу әрекеті сәтсіз аяқталды, бұл әдістің сенімділігін дәлелдеді. Бұл шара ЖИ-дің шығарған деректерін қорғау және кибершабуылдардың алдын алу үшін маңызды болды.

Сарапшылардың пікірі және халықаралық стандарттар. Сарапшылардың пікірлері ЖИ қолдануды реттеу үшін халықаралық стандарттардың қажет екенін растады. Зерттеуге қатысқан 20 сарапшының 85%-ы ChatGPT сияқты модельдердің қолданылуын бақылау және лицензиялау қажеттігін атап өтті. Мысалы, олар ЖИ-дің коммерциялық қолданылуын реттейтін халықаралық келісімдер әзірлеуді ұсынды. Бұл стандарттар ЖИ әзірлеушілерінің жауапкершілігін арттырып, олардың модельдерін қауіпсіз етуге міндеттей алады. Сондай-ақ, сарапшылар тәуелсіз аудит органдарын құруды қолдады, олар ЖИ-дің қауіпсіздігін тексеріп, нәтижелерді ашық жариялайды.

Раздел 3. «Информационно-коммуникационные технологии»



Сурет – 4. GPT жасап берген фишинг Excel файл

Ең тиімді шешім: Аномалияларды анықтау моделі. Техникалық шешімдердің ішінде ең тиімдісі аномалияларды анықтауға негізделген модель болды. Бұл модель ChatGPT-нің әдеттен тыс әрекеттерін (мысалы, фишингтік мәтіндер, зиянды код) дер кезінде анықтай алды. Оның дәлдігі 85%-ға жетті, ал нақты уақыт режимінде жұмыс істеу қабілеті оны киберқауіпсіздікті қамтамасыз етуде маңызды құралға айналдырды. Мысалы, модель әдеттегі сұрақ-жауаптан ауытқыған кезде (мысалы, "вирус жаса" деген сұрақ) ескерту сигналын берді. Бұл шешімнің артықшылығы – оның икемділігі және әртүрлі шабуыл түрлеріне бейімделу қабілеті.

Нәтижелердің салдары. Бұл нәтижелер ChatGPT-нің қауіп-қатерлеріне қарсы тиімді шаралар әзірлеудің мүмкін екенін көрсетеді. Фишингтік шабуылдар, жалған ақпарат және зиянды бағдарламалар сияқты бағыттар ЖИ-дің зиянды қолданылуының негізгі салалары болып табылады. Техникалық шешімдердің (машиналық оқыту, шифрлау) және заңнамалық реттеудің үйлесімі осы қауіптерді азайтуға қабілетті. Дегенмен, зерттеу нәтижелері болашақтағы қосымша зерттеулердің қажеттігін де атап өтеді, әсіресе ЖИ модельдерінің дамуы жалғасып, олардың мүмкіндіктері кеңейген сайын.

Қорытынды

ChatGPT сияқты жасанды интеллект (ЖИ) модельдерінің қарқынды дамуы олардың қауіпсіздігі мен этикалық қолданылуына байланысты мәселелерді шешуді талап етеді. Бұл модельдердің ақпаратты өңдеу, мәтін генерациясы және адаммен өзара әрекеттесу қабілеттері оларды білім беру, бизнес және ғылым салаларында таптырмас құралға айналдырды. Алайда, осы технологиялардың кең

Раздел 3. «Информационно-коммуникационные технологии»

таралуы олардың зиянды мақсатта қолданылу қаупін де арттырды. Зерттеу барысында ChatGPT-нің фишингтік шабуылдарды автоматтандыруда, жалған ақпарат таратуда және зиянды бағдарламаларды жасауда қолданылуы мүмкін екені анықталды. Осы қауіп-қатерлерді ескере отырып, зерттеу техникалық және заңнамалық шаралардың үйлесімі арқылы шабуылдарға қарсы тұрудың тиімді екенін дәлелдеді. Болашақта ЖИ технологияларының қауіпсіздігін қамтамасыз ету үшін халықаралық ынтымақтастық пен реттеу саясатын дамыту қажет. Бұл зерттеу осы бағыттағы алғашқы қадам ретінде қарастырылуы мүмкін, бірақ ол ЖИ-дің қауіпсіз қолданылуын қамтамасыз ету жолындағы кең ауқымды жұмыстың бастамасы ғана.

Зерттеудің негізгі нәтижелері ChatGPT сияқты ЖИ модельдерінің қосарланған табиғатын көрсетеді: олар бір жағынан қоғамға пайда әкелсе, екінші жағынан қауіпті құралға айналуы мүмкін. Техникалық шешімдердің ішінде машиналық оқыту алгоритмдері мен шифрлау әдістері ерекше тиімді болды. Машиналық оқытуға негізделген аномалияларды анықтау моделі ChatGPT-нің әдеттен тыс әрекеттерін 85% дәлдікпен анықтады, бұл оның киберқауіпсіздікті қамтамасыз етудегі әлеуетін растайды. Шифрлау әдістері, атап айтқанда AES-256 алгоритмі, деректердің бұрмалану қаупін 90%-ға төмендетті, бұл ЖИ шығарған ақпараттың қорғалуын қамтамасыз етті. Бұл шешімдер ЖИ-дің зиянды қолданылуын азайтуда тиімді болғанымен, олардың толыққанды қорғанысқа айналуы үшін қосымша жетілдірулер қажет.

Заңнамалық шараларға келетін болсақ, зерттеу ЖИ қолдануды реттеудің маңыздылығын атап өтті. Сарапшылардың пікірлері бойынша, ЖИ модельдерінің қолданылуын бақылау және олардың қауіпсіздігін қамтамасыз ету үшін халықаралық стандарттар әзірлеу қажет. Мысалы, ЖИ-ді коммерциялық немесе мемлекеттік мақсатта қолдану алдында міндетті аудит жүргізу ұсынылды. Бұл аудит ЖИ-дің әлеуетті қауіптерін анықтап, оларды қолдануға рұқсат беру немесе шектеу туралы шешім қабылдауға мүмкіндік береді. Сонымен қатар, ЖИ әзірлеушілерінің жауапкершілігін арттыру және оларды модельдердің этикалық қолданылуын қадағалауға міндеттеу маңызды шара ретінде қарастырылды. Осы шаралардың үйлесімі техникалық және құқықтық тәсілдерді біріктіру арқылы ЖИ-дің қауіпсіздігін нығайтады.

Болашақта ЖИ технологияларының қауіпсіздігін қамтамасыз ету үшін халықаралық ынтымақтастық шешуші рөл атқарады. Кибершабуылдардың трансұлттық сипатына байланысты бір елдің күші жеткіліксіз болуы мүмкін. Мысалы, ChatGPT көмегімен жасалған фишингтік шабуылдар бір елде басталып, басқа елдердегі қолданушыларға бағытталуы ықтимал. Осыған байланысты халықаралық деңгейде ЖИ қолдануды реттейтін келісімдер әзірлеу қажет. Бұл келісімдер ЖИ-дің дамуын тежемей, оның қауіпсіз және этикалық қолданылуын қамтамасыз етуге бағытталуы тиіс. Сондай-ақ, халықаралық ұйымдар, мысалы, БҰҰ немесе ISO, ЖИ стандарттарын әзірлеуде және олардың орындалуын қадағалауда маңызды рөл атқара алады.

Зерттеудің нәтижелері ЖИ-дің этикалық қолданылуына қатысты күрделі мәселелерді де көтереді. ChatGPT сияқты модельдердің зиянды мақсатта қолданылуы жеке адамдардың құпиялылығына, ұлттық қауіпсіздікке және әлеуметтік тұрақтылыққа қауіп төндіреді. Мысалы, жалған ақпараттың таралуы қоғамдық сенімді әлсіретіп, саяси немесе экономикалық дағдарыстарға әкелуі мүмкін. Осыған байланысты, ЖИ-дің моральдық шекараларын анықтау және оларды сақтауға бағытталған шаралар қабылдау қажет. Бұл шараларға қолданушылардың ЖИ-ді дұрыс қолдану туралы хабардарлығын арттыру, сондай-ақ әзірлеушілердің модельдерге этикалық шектеулер енгізуі кіреді. Мысалы, ChatGPT-ге зиянды код жазу немесе жалған ақпарат генерациялау сияқты тапсырмаларды орындаудан бас тартуға мүмкіндік беретін фильтрлер қосу ұсынылады.

Бұл зерттеу ЖИ-дің қауіпсіздігі мен этикасы саласындағы алғашқы қадам ретінде маңызды үлес қосады. Ол ChatGPT-нің қауіп-қатерлерін анықтап, оларға қарсы тиімді шешімдер ұсынды. Дегенмен, зерттеудің шектеулері де бар. Мысалы, талданған шабуыл сценарийлері шектеулі ауқымды қамтыды, ал ЖИ модельдерінің дамуы жалғасқан сайын жаңа қауіптер пайда болуы мүмкін. Сондықтан болашақ зерттеулер осы модельдердің эволюциясын ескере отырып, қорғаныс шараларын үнемі жетілдіріп отыруы қажет. Сонымен қатар, техникалық шешімдерді қолданумен қатар, қоғамдық хабардарлықты арттыру және білім беру бағдарламаларын дамыту маңызды болмақ. Қолданушылар ЖИ-дің мүмкіндіктері мен қауіптері туралы білімді болса, олардың зиянды шабуылдардың құрбаны болу ықтималдығы азаяды.

Раздел 3. «Информационно-коммуникационные технологии»

Қорытындылай келе, ChatGPT сияқты ЖИ модельдерінің дамуы технологиялық прогрестің маңызды бөлігі болғанымен, олардың қауіпсіздігі мен этикалық қолданылуына байланысты мәселелер шешілмейінше, толық әлеуетін пайдалану қиын болады. Зерттеу техникалық (машиналық оқыту, шифрлау) және заңнамалық шаралардың үйлесімділігі арқылы осы мәселелерді шешудің тиімді жолдарын ұсынды. Болашақта халықаралық ынтымақтастықты дамыту, стандарттарды әзірлеу және этикалық реттеуді күшейту ЖИ технологияларының қауіпсіздігін қамтамасыз етудің негізі болмақ. Бұл зерттеу осы бағыттағы алғашқы қадам ретінде қарастырылып, ЖИ-дің қоғамға пайдасын арттыруға және қауіптерін азайтуға бағытталған кең ауқымды жұмыстардың бастамасы бола алады. ЖИ-дің болашағы оның қауіпсіз және жауапкершілікпен қолданылуына байланысты, ал бұл міндетті шешу технологиялық, құқықтық және әлеуметтік күш-жігерді біріктіруді талап етеді.

Әдебиеттер тізімі

17. Жасанды интеллект және киберқауіпсіздік: Теория мен практика: оқу құралы / ҚазҰУ. – Алматы: ҚазҰУ баспасы, 2023. – 210 б.
18. Smith, J. AI-Powered Cyber Threats: Challenges and Solutions / J. Smith // Journal of Cybersecurity. — 2024. — Vol. 18, No. 2. — P. 45–62.
19. OpenAI. ChatGPT Technical Documentation [Electronic resource]. – Access mode: <https://platform.openai.com/docs> (Accessed: 12.06.2025).
20. Қазақстан Республикасының Киберқауіпсіздік туралы заңы [Electronic resource]. – Access mode: <https://adilet.zan.kz/kaz/docs/Z2200000000> (Accessed: 12.06.2025).

Ж.А. Жунусов

Разработка методов противодействия атакам ChatGPT

Это исследование направлено на разработку моделей, основанных на искусственном интеллекте (ИИ), в частности угроз безопасности ChatGPT, и методов их противодействия. Широкое использование языковых моделей, таких как ChatGPT, увеличило их потенциальную опасность в кибератаках, распространении дезинформации и этических вопросах. В исследовании были проанализированы типы атак и предложены стратегии, направленные на их выявление и предотвращение. Основные методы включают алгоритмы машинного обучения, шифрование данных и этическое регулирование. Результаты исследования подчеркивают важность технических и законодательных мер для обеспечения безопасного применения технологий ИИ.

Ключевые слова: искусственный интеллект, ChatGPT, кибербезопасность, противодействие атакам, машинное обучение, этика.

Ж.А. Жунусов

Development of methods for countering ChatGPT attacks

This study focuses on the development of models based on artificial intelligence (AI), in particular ChatGPT, to address security threats and methods to counter them. The widespread use of language models such as ChatGPT has increased their potential danger in cyber attacks, disinformation dissemination, and ethical issues. The study analyzed the types of attacks and proposed strategies aimed at identifying and preventing them. Key methods include machine learning algorithms, data encryption, and ethical regulation. The results of the study show the importance of technical and legislative measures to ensure the safe use of AI technologies.

Keywords: artificial intelligence, ChatGPT, cybersecurity, attack resistance, machine learning, ethics.

Раздел 3. «Информационно-коммуникационные технологии»

References

1. Artificial intelligence and cybersecurity: theory and Practice: Manual / kaznu. - Almaty: Publishing House of kaznu, 2023. – 210 P.
2. Smith, J. AI-Powered Cyber Threats: Challenges and Solutions / J. Smith // Journal of Cybersecurity. — 2024. — Vol. 18, No. 2. — P. 45–62.
3. OpenAI. ChatGPT Technical Documentation [Electronic resource]. – Access mode: <https://platform.openai.com/docs> (Accessed: 12.06.2025).
4. The law of the Republic of Kazakhstan on cybersecurity [Electronic resource]. – Access mode: <https://adilet.zan.kz/kaz/docs/Z2200000000> (Accessed: 12.06.2025).

Раздел 3. «Информационно-коммуникационные технологии»

FTAMP 44.35.33
 ЭОЖ 621.313.322

DOI: [10.53002/073](https://doi.org/10.53002/073)

Ж.С. Дүйсенбек¹, С.Н. Камарова², В.М. Дружинин³, А. Д. Кот⁴

¹Гүмарбек Даукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс университеті, Алматы, Қазақстан (E-mail: zhaniko.adina@mail.ru)

^{2,3,4}Қарағанды индустриалық университеті, Теміртау, Қазақстан (E-mail: s.kamarova@ttu.edu.kz)

МикроГЭС-ке арналған синхронды генераторды диагностикалау кешенін әзірлеу

Мақалада электр машинасының электромагниттік күйін талдау мәселелері математикалық модельдеу арқылы қарастырылады. Цифрлық модель үшін Ansys Electronics Desktop бағдарламасында жүзеге асырылған соңғы элементтер әдісі қолданылды. Синхронды генератордың геометриялық моделі жасалып, орамдардың аралық қысқа тұйықталуын имитациялау үшін орамдар бөлінісі орындалды, соңғы элементтерге жіктелді, материалдардың қасиеттері, тұрақты магниттің параметрлері және шекаралық шарттар берілді. Модельдеу нәтижесінде электромагниттік үйлесімділікті бағалау үшін фазалық токтардың графиктері мен гармоникалық спектрлері алынды. Зерттеу барысында сыртқы тізбектің токтары мен ЭҚК-сі бойынша қысқа тұйықталудың апаттық режимін сенімді анықтау мүмкін еместігі айқындалды. Бұл жаңа диагностикалық әдістемелерді әзірлеу қажеттігін растайды.

Түйін сөздер: микрогидроэлектр станциялар, гидрогенератор, синхронды қозғалтқыш, электр машинасы, электр жетегі.

Кіріспе

Гидроэнергетиканың қазіргі жағдайы мен даму келешегін сөз еткенде, қуаты 1 МВт-қа дейінгі шағын және микро-гидроэлектр станцияларын (микроГЭС) құру мен пайдаланудың қарқынды дамып келе жатқан бағытын атап өтпеуге болмайды.

МикроГЭС-ке арналған материалдар ғылыми әдебиеттерде сирек кездеседі. Дегенмен, тарихи тұрғыдан алғанда, энергетиканың қалыптасу және даму кезеңінің басында ең алғашқы пайда болған гидроэлектр станциялары дәл осы микроГЭС болатын. ХХ ғасырдың 30–40 жылдары олар қолда бар материалдар мен автомобиль және ауылшаруашылық техникасының бөлшектерін пайдаланып, жергілікті жерде қолдан жасалды [1]. Кейін ірі ГЭС-тердің даму дәуірі басталып, жұмыс істеп тұрған шағын және микроГЭС-тер біртіндеп өзектілігін жоғалтты.

Жасыл энергетиканың және таратылған генерацияның дамуына байланысты микроГЭС қайтадан өзекті бола бастады.

Олар тиісті гидроэнергетикалық әлеуеті бар децентрализовденген электрмен жабдықтау аймақтары үшін автономды көздер ретінде электр энергиясын өндіре алады. Осы тұрғыдан алғанда микроГЭС-ке арналған гидроэнергетикалық жабдықты өнеркәсіптік тұрғыда әзірлеу мен өндіру қажеттілігі туындайды. Қазіргі уақытта бұл сала негізінен өнертабыстар, ұсақ сериялы және қолдан жасалған өндіріс деңгейінде қалып отыр.

Микрогидроэлектр станциялар — электр энергиясын өндіруге арналған шағын станциялар. Олардың жұмысында дәстүрлі түрде әртүрлі қуат пен құндағы синхронды гидрогенераторлар қолданылады. Мысалы, қуаты 10 кВт гидрогенератор электрмен қамту мәселесі бар шалғай аудандар үшін тиімді шешім болып табылады. Қуаты салыстырмалы түрде аз болғанына қарамастан, мұндай генератор әдетте тұрмыстық электр құралдарын қоректендіруге жеткілікті.

Судың жеткілікті напорын қамтамасыз ету қажеттілігіне байланысты, бұл саладағы эксперименттерде тұрақты ток қозғалтқыштары немесе асинхронды қозғалтқыштар сияқты электр

Раздел 3. «Информационно-коммуникационные технологии»

жетектері пайдаланылады [1]. Микрогидроэлектр станциясына гидрогенераторды таңдау тұтынушылардың сипаттамаларына байланысты. Егер белсенді жүктемесі бар құрылғылар қолданылса, онда асинхронды генераторлар қолайлы. Алайда, егер желіде сорғылар немесе электрқозғалтқыштар сияқты реактивті жүктемесі бар құрылғылар болса, онда бұл міндетті тек синхронды генератор шеше алады. [2].

Негізгі бөлім

Гидроэнергетиканың қазіргі жағдайы мен даму үрдістерін талдай отырып, ерекше назар аударуды қажет ететін бағыт – қуаты 1 МВт-қа дейінгі шағын және микро-гидроэлектр станцияларын пайдалану болып табылады.

Жаңартылатын энергетиканың дамуы жағдайында автономды және таратылған электрмен жабдықтаудың тиімді шешімдерін іздеуге баса көңіл бөлінуде. Осындай шешімдердің бірі – шағын және микро-гидроэлектр станцияларын пайдалану. Олар қарапайым құрылымымен, салыстырмалы түрде төмен капиталдық шығындарымен және орталықтандырылған желілерге шектеулі қолжетімділігі бар шалғай аудандарда қолдану мүмкіндігімен ерекшеленеді [3].

МикроГЭС-тің техникалық жүзеге асырылуын тексеру және пайдалану сипаттамаларын бағалау үшін зертханалық қондырғыларды қолдана отырып, тәжірибелік зерттеулер жүргізу қажет. Мұндай зерттеулер гидроагрегаттың жұмыс жағдайларын модельдеуге, сондай-ақ жабдықтың оңтайлы жұмыс режимдерін анықтауға мүмкіндік береді.

Осы зерттеу аясында негізгі агрегат ретінде қуаты 10 кВт Rewindagic HG-10000 гидрогенераторы пайдаланылды. Су ағынын имитациялау 11 кВт (1500 айн/мин, 5АИ типі, өнімділігі 132 м³/сағ) асинхронды электрқозғалтқышына негізделген жиілікпен реттелетін электр жетегі арқылы жүзеге асырылды. Электрқондырғыны басқару Siemens құрылғыларының көмегімен орындалды. Гидрогенератордың параметрлері 1-кестеде келтірілген.

Таблица 1- Параметры гидрогенератора

Модель	HG-10000
Қуаты, Вт	10000
Номиналды кернеуі, В	220-400
Сопло диаметрі, мм	75
Су деңгейі, м	10-40
Ағын жылдамдығы, м³/с	0,4
Материалы	мыс металл

Егер тұрғын үйдің жанында немесе фермерлік шаруашылық аумағында өзен немесе жылға ағып жатса, онда судың ағысының энергиясын пайдалануға болады [4].

Плотиналардың тікелей жанында орналасқан қондырғылардан айырмашылығы, еркін ағынды гидроэлектр станциялар тек қана ағынды судың кинетикалық энергиясын пайдаланады. Мұндай қондырғылардың қуаты келесі формула бойынша анықталады [5]:

$$P=0,5\rho v^3S\eta, \quad (1)$$

мұндағы: P - жұмыс білігіндегі қуат (Вт); ρ - судың тығыздығы (1000 кг/м³); v - өзеннің ағыс жылдамдығы (м/с); S - гидромашинаның суға батырылған бөлігінің қимасының ауданы (м²); η - энергияны түрлендірудің пайдалы әсер коэффициенті.

Формулаға сәйкес, өзен ағысының жылдамдығы $v=1$ м/с болғанда, гидромашинаның белсенді бөлігінің 1 м²-ына ($\eta = 1$ кезінде) келетін қуат 500 Вт болады. Бұл фермерлік немесе саяжай шаруашылығының негізгі қажеттіліктерін қамтамасыз етуге жеткілікті. [6].

Эквиваленттік сұлбалар әдісі электр машинасын біртекті денелердің жиынтығы ретінде қарастырады. Әр дененің шегінде параметрлер мен сипаттамалар тұрақты деп есептеледі, бірақ бір

Раздел 3. «Информационно-коммуникационные технологии»

денеден екіншісіне өткенде өзгереді. Мысалы, якорь арқасындағы индукция бүкіл ұзындығы бойынша тұрақты деп саналады.

Бұл әдіс электр машиналарының магниттік тізбектерін есептеу үшін тиімді. Оның артықшылығы — жүзеге асырудың қарапайымдылығы. Алайда, магниттік және электрлік процестердің өзара әрекеттесуін ескеру қажет болатын күрделі есептерді шешкенде, мысалы, орамаралық қысқа тұйықталулар кезінде, әдіс күрделене түседі.

Модельдеудің дәлдігін арттыру үшін біртекті емес денелердің санын көбейту қажет, бұл жүзеге асыруды қиындатады. Әдістің кемшіліктеріне автоматтандырылған жобалау жүйелерінде математикалық модельдерді құруға арналған дайын процедуралардың болмауын жатқызуға болады, бұл өздігінен атқарылатын әрі көп еңбекті қажет ететін жұмысты талап етеді.

Практика көрсеткендей, цифрлық модельдерді құру үшін ең қолайлы әдіс — соңғы элементтер әдісі (FEM). Электр машинасының электромагниттік күйін есептегенде осы әдістің қолданылуын қарастырайық.

Соңғы элементтер әдісінің математикалық аппараты электромагниттік өрісті талдау үшін A векторлық магниттік потенциалына негізделген. Бұл абстрактылы шама магниттік индукция B физикалық сипаттамасымен келесі қатынас арқылы байланысады:

$$\bar{B} = \text{rot}\bar{A} = \nabla \cdot \bar{A} \quad (2)$$

мұндағы: ∇ - лапласиан (∇^2) скалярлық функцияның екінші реттік туындыларының қосындысын көрсететін дифференциалдық оператор.

Магниттік индукция векторының құрамдас бөліктерін декарт координаталар жүйесінің остері бойынша талдай келе, біз келесі нәтижеге келеміз.

$$\begin{aligned} B_x &= (\nabla \cdot A)_x = \frac{\partial A_z}{\partial y} - \frac{\partial A_y}{\partial z}; \\ B_y &= (\nabla \cdot A)_y = \frac{\partial A_x}{\partial z} - \frac{\partial A_z}{\partial x}; \\ B_z &= (\nabla \cdot A)_z = \frac{\partial A_y}{\partial x} - \frac{\partial A_x}{\partial y}; \end{aligned} \quad (3)$$

Магниттік индукция магнит өрісінің екінші іргелі сипаттамасы – кернеулік H шамасымен тығыз байланысты, ол Максвеллдің белгілі теңдеуімен сипатталады:

$$\bar{H} = \frac{\bar{B}}{\mu_0} - \bar{J}, \quad (4)$$

мұндағы: $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м – магниттік тұрақты; J – зерттеліп отырған нүкте үшін ортаның намагнитченность векторы.

Зерттеліп отырған нүктедегі ортаның намагнитчендік векторы.

$$\bar{H} = \frac{\bar{B}}{\mu_0 \mu} \quad (5)$$

мұндағы: μ – бұл ортаға тән салыстырмалы магнит өтімділікпен сипатталатын скалярлық шама.

Осылайша, магнит өрісін есептеу зерттелетін аймақтың әрбір нүктесіндегі векторлық магниттік потенциалдың мәнін анықтауға келіп тіреледі. Осыдан кейін өрістің барлық қалған параметрлерін белгілі қатынастарды пайдалану арқылы есептеп шығаруға болады.

Раздел 3. «Информационно-коммуникационные технологии»

Соңғы элементтер әдісі векторлық магниттік потенциалды дискретті модельдің көмегімен бөлік-сызықтық аппроксимациялауға негізделген. Модель шектеулі сандағы аймақтарда анықталған, соңғы элементтер деп аталатын, бөлік-континуумдық функциялар жиынынан құралады.

Сандық модельді соңғы элементтер әдісін қолдану арқылы құру процесі айтарлықтай жеңілдетіледі, өйткені күрделі математикалық аппарат пен соңғы элементтерге жіктеу тәртібі қазіргі кезде формалданған және ANSYS, COMSOL, Elcut және басқа да автоматтандырылған жобалау жүйелерінде жақсы жолға қойылған [7].

Модельді құру үшін Ansys Electronics Desktop бағдарламалық кешенін пайдаланамыз. Бұл бағдарламалық құралды таңдаудың басты себебі – оның Гүмарбек Дәукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс университетінде ресми лицензиясының болуы.

Нәтижелер және талқылау

Берілген параметрлері мен өлшемдері анықталған нақты генераторды модельдеу үшін бірқатар есептеулер жүргізу қажет.

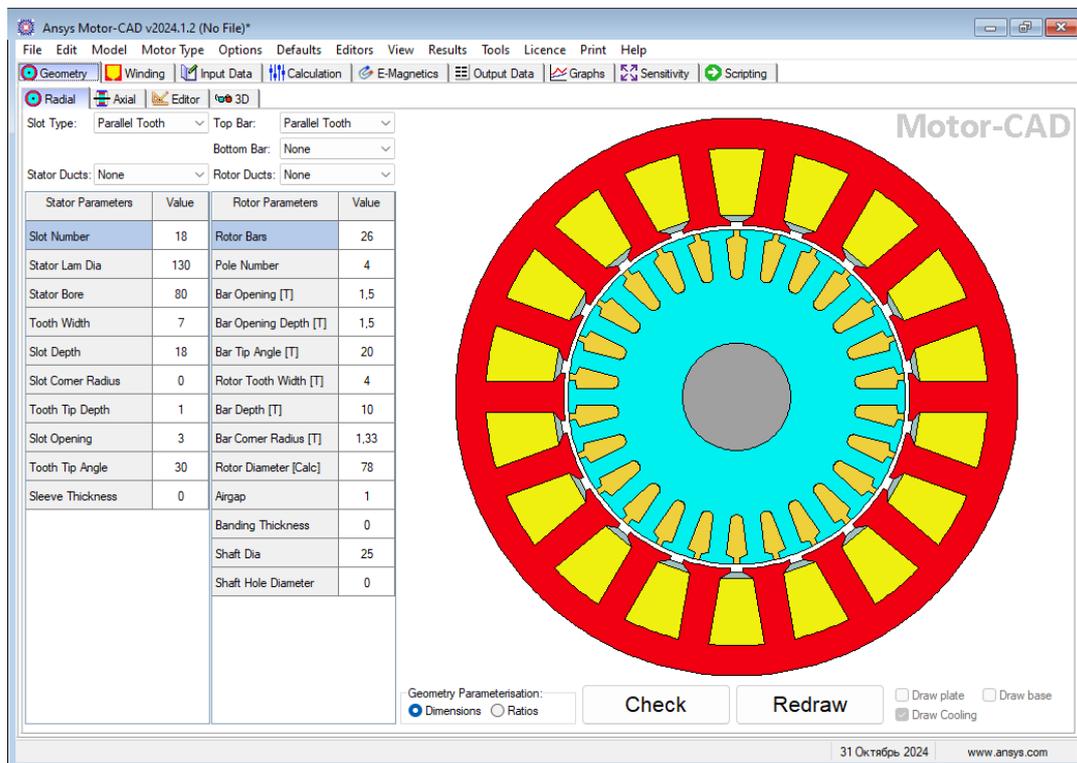
Магниттің биіктігі — 10 мм. Тұрақты магниттер самарий–кобальт қорытпасынан жасалған, олардың сипаттамалары: $B_r = 1,07$ Тл, $H_cB = 780$ кА/м, ең жоғары жұмыс температурасы — 350 °С.

Ротор өзегінің материалы — болат-10. Статор өзегі үшін қалыңдығы 0,35 мм болат-2412 таңдалды. Якорь орамасы — екі қабатты, диаметрлік қадамды; полюс жұптарының саны — 8.

Есепті шешу төмендегі ретпен орындалады:

- синхронды генератордың геометриялық моделін құру;
- бірнеше орамды бөліп, орамалар арасындағы қысқа тұйықталуды имитациялау;
- есептеу аймағын соңғы элементтерге бөлу;
- материалдар мен тұрақты магниттің параметрлерін беру;
- шекаралық шарттарды қою;
- өрістік есебін шешу.

1-суретте синхронды генератордың екі өлшемді кеңістіктегі есептік моделі көрсетілген.



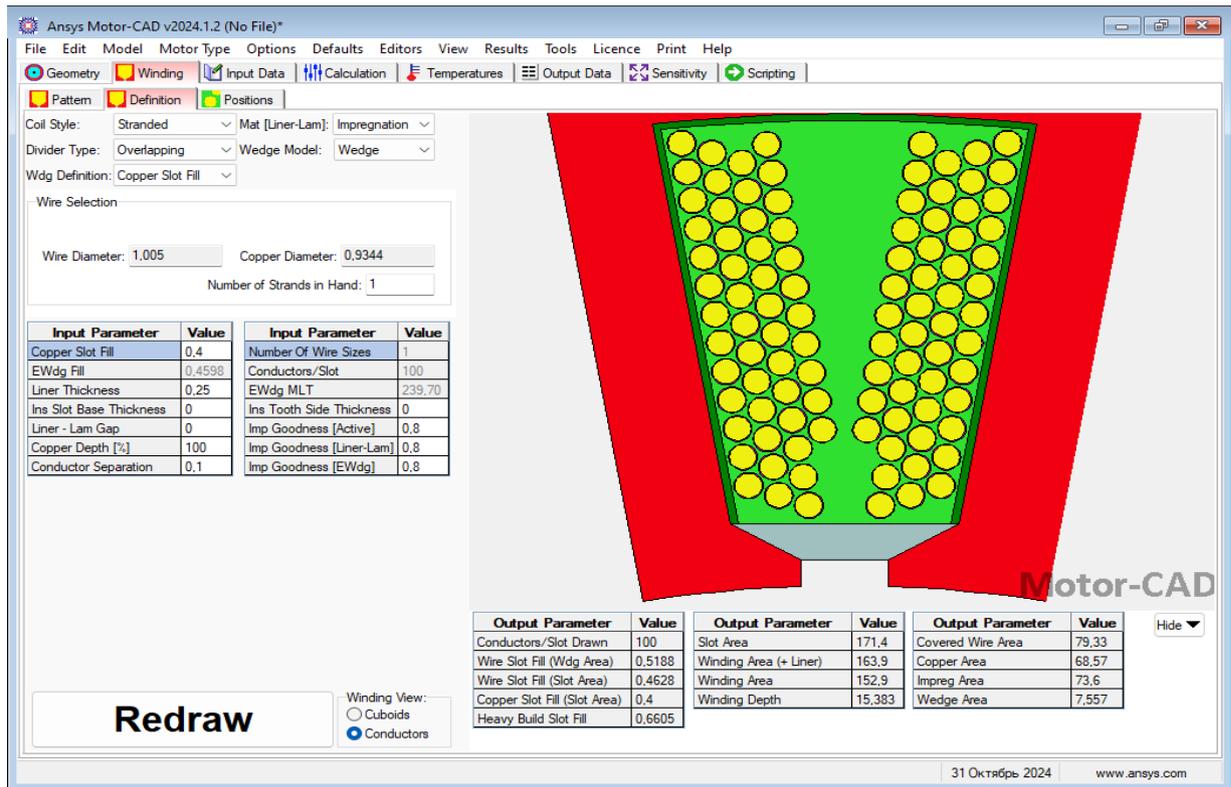
Раздел 3. «Информационно-коммуникационные технологии»

1-сурет. Синхронды генератордың есептік моделі

Электр машинасының осьтік симметриясы модельді едәуір жеңілдетуге және оның тек сегізден бір бөлігін ғана қарастыруға мүмкіндік берді, бұл есептеу уақытын айтарлықтай қысқартты. Шешілетін есептің түрі — Transient (қозғалмалы бөліктерін ескере отырып, магнит өрісінің тұрақсыз режимі) [8].

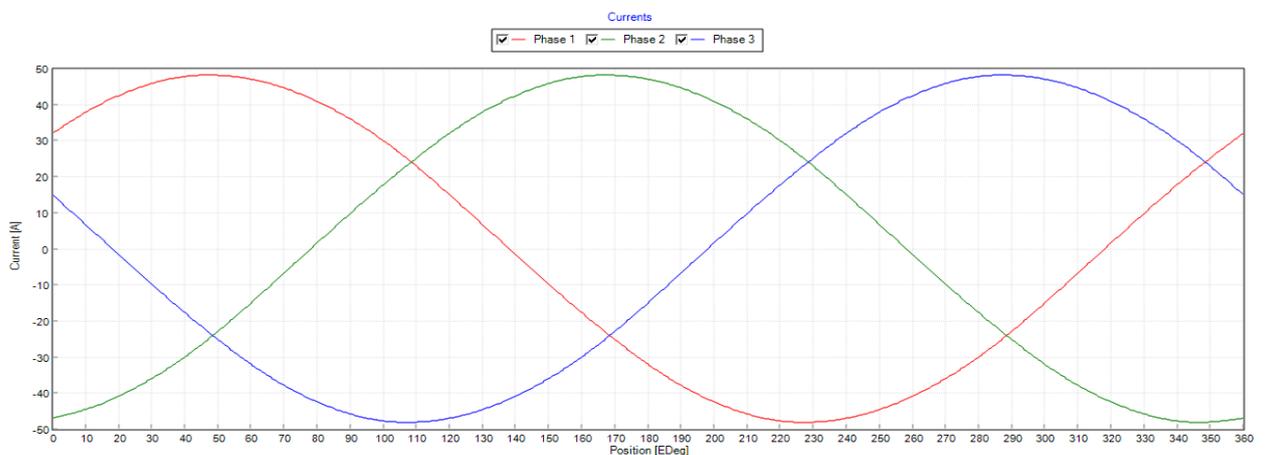
Әртүрлі қысқа тұйықталу жағдайларын талдау үшін орамды жеке витоктарға бөлеміз және өткізгіштің әрбір қимасы үшін терминал тағайындаймыз. Ораманың бүкіл сұлбасы да Citrix қосымшасында жеке витоктар түрінде көрсетіледі (қараңыз 2-сурет).

Сонымен қатар, қалақта пайда болатын механикалық момент оның нормальға қатысты көлбеу бұрышына тәуелді.



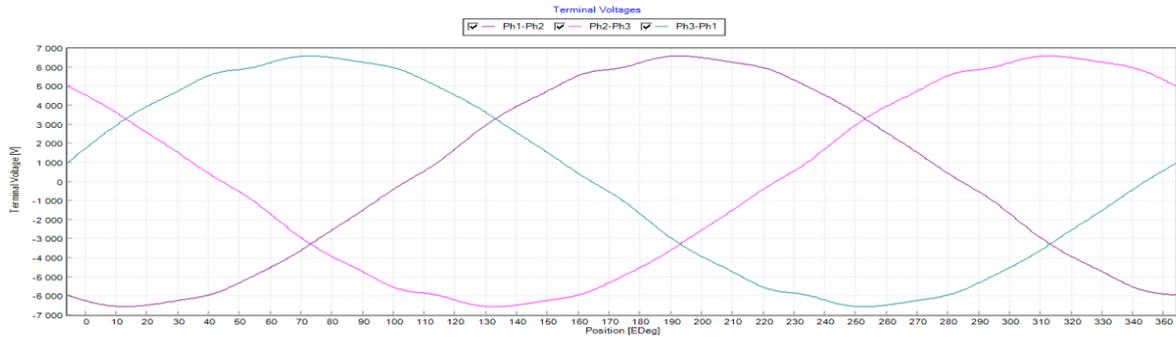
2-сурет. Статор орамаларының орналасу геометриясы.

3 және 4-суреттерде апатсыз жұмыс режимі үшін якорь орамасының фазалық токтарының және ЭҚК фазаларының графиктерінің шығыс деректері көрсетілген.

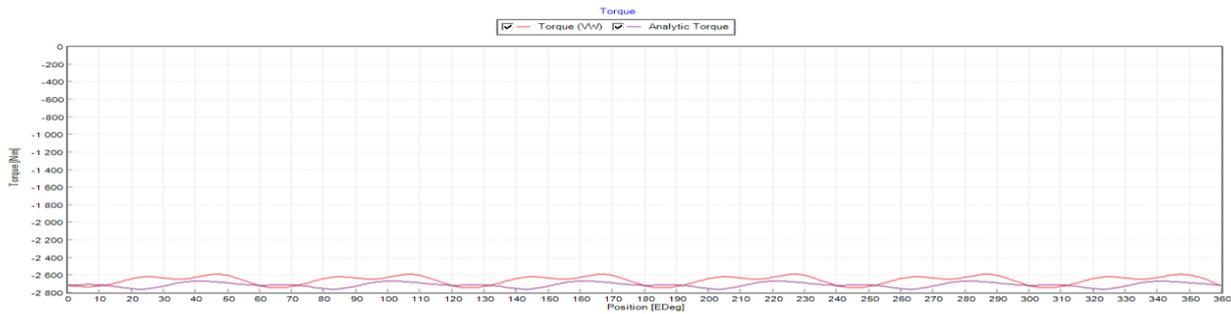


Раздел 3. «Информационно-коммуникационные технологии»

3-сурет. Статор орамасы арқылы өтетін фазалық токтардың графигі

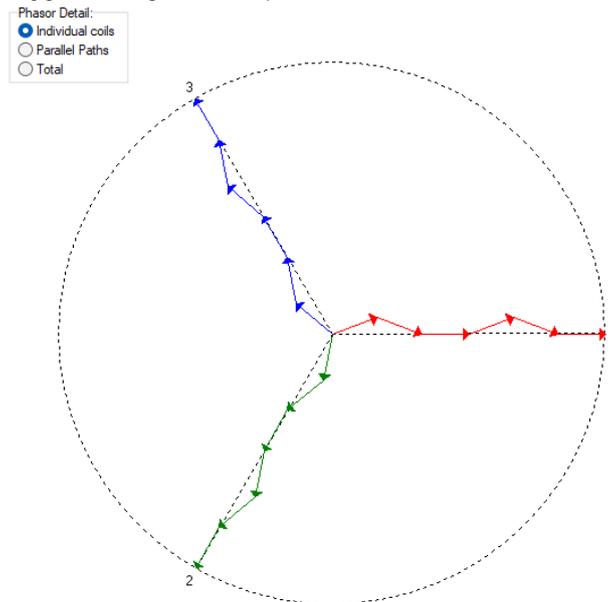


4-сурет. Апатсыз жұмыс режиміндегі якорь орамасының фазалық ЭҚК-і.



5-сурет. Ротордың механикалық моменті

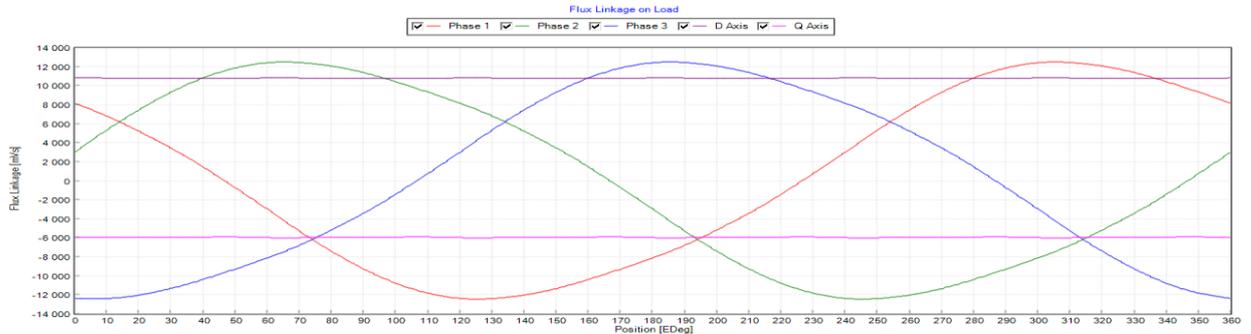
5-суретте электр машинасының электромагниттік моментінің ротордың бұрыштық қалпына тәуелділігі көрсетілген. Қызыл сызық машина математикалық моделінің теңдеулері негізінде алынған аналитикалық шешімді білдіреді. Екінші сызық – сандық модельдеу әдістерін пайдалана отырып есептелген момент. Моменттің шағын пульсациялары машинаның конструкциялық ерекшеліктерімен байланысты: мысалы, тішшелердің пішіні, гармоникалардың әсері және орамалардың асимметриясының болуы (7-суретте көрсетілген).



6-сурет. Фазорлар (phasors)

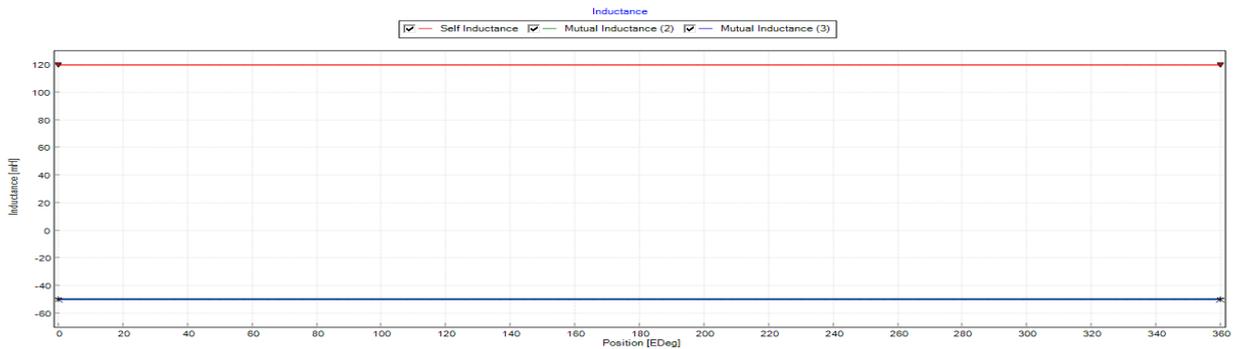
Раздел 3. «Информационно-коммуникационные технологии»

Фазорлар – электр тізбектерін тұрақты режимде зерттеу үшін электр техникасы мен электроэнергетикада қолданылатын, синусоидалық сигналдарды комплекс сандар түрінде математикалық сипаттау әдісі. Фазорлар графигінен көрініп тұрғандай, токтар симметриялы емес, бұл ротордың механикалық моментіндегі пульсациялардың себебі болып табылады.



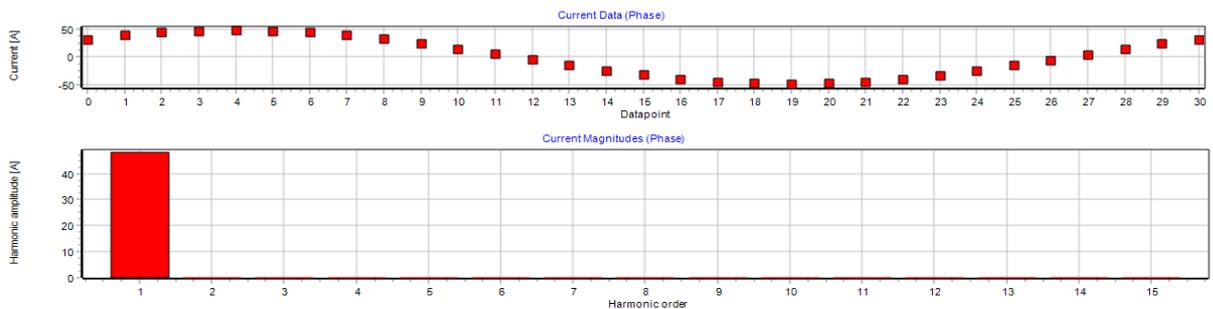
7-сурет. Жүктеме кезіндегі ағын байланысының (потокосцепление) графигі

Жүктеме кезіндегі ағын байланысының графигі (Flux Linkage on Load, 8-сурет) жүктеме тогы мен орамадағы магниттік ағын байланысының арасындағы корреляцияны көрсетеді. Жүктеме болған жағдайда ағын байланысы тоқтың артуы мен магниттік тізбектің қанығуына байланысты өзгереді. Осы деректерді пайдалана отырып электр машинасының жүктеме астындағы жұмысын талдау қанығумен байланысты бейсызықтықтарды анықтауға мүмкіндік береді. Қалыпты жағдайда бұл график түзу сызық түрінде болады, алайда тоқтың ұлғаюы кезінде аталған фактордың әсерінен стандартты пішіннен ауытқулар байқалуы мүмкін [9].

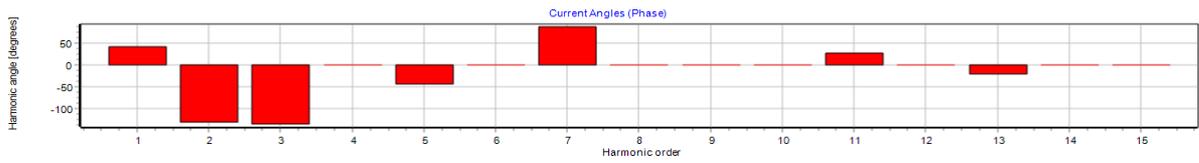


8-сурет. Индуктивтік графигі

8-суретте берілген графиктен электр машинасының индуктивтігі жүктеме кезінде тұрақты болып қалатыны көрінеді. Алайда бұл параметр магниттік қанығу дәрежесіне тәуелді, қанығу артқан жағдайда индуктивтік азаюы мүмкін.



Раздел 3. «Информационно-коммуникационные технологии»



9-сурет. Фазалық токтардың гармоникаларға тәуелділігі

9-суретте электр машинасындағы фазалық токтар мен олардың сәйкес гармоникалары көрсетілген, олар фазалық токтардың уақытқа немесе гармоникалық құрамға байланысты таралуын бейнелейді. Бұл талдау машинаның жұмыс сапасын, оның электромагниттік үйлесімділігін бағалау және гармоникалардан туындайтын бұрмалануларды анықтау үшін қажет.

Негізгі гармоника желі жиілігіне немесе машинаның негізгі жұмыс жиілігіне сәйкес келеді. Жоғары реттік гармоникалар, мысалы бесінші және жетінші, магниттік тізбектің бейсызықтылығынан, орамалардың конструкциялық ерекшеліктерінен немесе қорек көзінен пайда болуы мүмкін. Бұрмаланулардың деңгейі THD (Total Harmonic Distortion) коэффициенті арқылы бағаланады.

Синхронды машина жағдайында идеалды ток синусоидалық пішінге ие болуы тиіс [10].

Графикті талдағанда сигнал формасының ерекшеліктеріне ерекше назар аудару қажет, оларды күтілетін номиналды мәндермен және гармоникалық құрам параметрлерімен салыстыру маңызды. Ұқсас деректер 10 және 11-суреттерде берілген сызықтық кернеулер мен қарсы ЭҚК графиктерінде де алынуы тиіс.

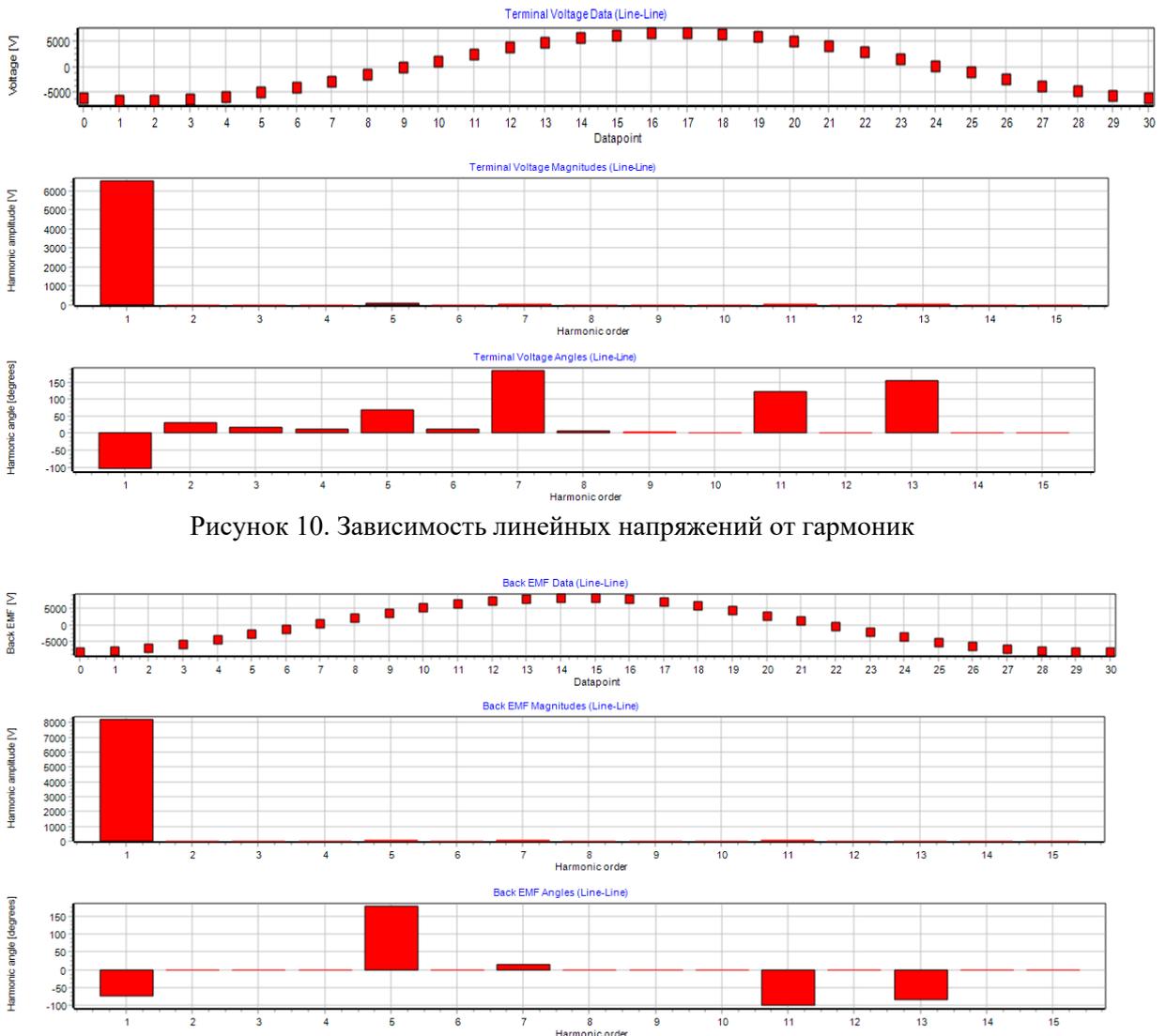


Рисунок 10. Зависимость линейных напряжений от гармоник

Раздел 3. «Информационно-коммуникационные технологии»

11-сурет. Қарсы ЭҚК-тің гармоникаларға тәуелділігі.

Генераторды модельдеу нәтижесінде сыртқы параметрлерді (ток пен ЭҚК) талдау қысқа тұйықталудың апаттық режимдерін дәл анықтай алмайтыны көрсетілді. Бұл өзге физикалық принциптерге негізделген диагностиканы қажет етеді. Фазалық токтар мен гармоникалардың графиктері алынып, олар электромагниттік үйлесімділікті бағалау және бұрмалануларды анықтау үшін маңызды. Зерттеулер жоғары гармоникалардың магниттік тізбектің бейсызықтылығынан, орамалардың конструкциялық ерекшеліктерінен немесе қорек көзінен туындайтынын растады. Соңғы элементтер әдісі мен Ansys қолданылған модельдеу машинаның жұмыс динамикасын терең түсінуге мүмкіндік берді. Қорытынды: әзірленіп жатқан синхронды генератордың диагностикасы ықтимал апаттық жағдайларды тиімді бақылап, микроГЭС-тің тұрақты жұмысын қамтамасыз етеді.

Әдебиеттер тізімі

- 1 Лукутин, Б.В., Обухов, С.Г., Шандарова, Е.Б. Автономное электроснабжение от микрогидроэлектростанций//монография [Текст]. – Томск - 2017.
- 2 Gandzha S., Aminov D., Kiessh, I. The development of an engineering technique for calculating magnet systems with permanent magnets. 2018 International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing (ICIEAM) 15-18 May 2018, Moscow, Russia. DOI: 10.1109/ICIEAM.2018.8728650.
- 3 Wegiel, T., Borkowski, D. Variable speed small hydropower plant/ Proceedings – 2012 3rd IEEE International Symposium on Power Electronics for Distributed Generation Systems, – PEDG 2012, – 6253996,– P. 167-174.
- 4 Yu G., Cheng Y. Hydro Generator Stator Bar Modeling and Simulation Based on Finite Element Simulation // Coatings. — 2024. — Vol. 14, № 12. — Article 1499. — DOI:10.3390/coatings14121499
- 5 Korkosz M., Sztajmec E., Prokop J. Electromagnetic Performance Analysis of a Multichannel Permanent Magnet Synchronous Generator // Energies. — 2023. — Vol. 16, № 23. — Article 7816. — DOI:10.3390/en16237816
- 6 W. Yucai et al. Fault diagnosis of rotor winding inter-turn short circuit for sensorless synchronous generator rotor winding inter-turn short-circuit faults // IET Electric Power Applications. — 2017.
- 7 Ali W., Farooq H., Rasool A., Sajjad I A., Cui Zhenhua, Ning L. Modeling and Analysis of the Dynamic Response of an Off-Grid Synchronous Generator Driven Micro Hydro Power System // International Journal of Renewable Energy Development. — 2021. — Vol. 10, № 2. — Pp. 373-384.
- 8 Inter-turn Short-Circuit Faults in Permanent Magnet Synchronous Machines: An Extended Review and Comprehensive Analysis / Zafarani M., Bostanci E., Qi Y., Goktas T., Akin B. // IEEE Journal of Emerging and Selected Topics in Power Electronics. — 2018. — Vol. 6, № 4, Pp. 2173-2195.
- 9 Fault detection of synchronous motor inter-turn short circuit based on second-harmonic features of dq-axis current // авторы (название статьи) — 2025.
- 10 A Fault Feature Extraction Model in Synchronous Generator under Stator Inter-Turn Short Circuit Based on ACMD and DEO3S — 2025.

Ж.С. Дүйсенбек, С.Н. Камарова, В.М. Дружинин, А.Д. Кот

Разработка комплекса диагностики синхронного генератора для микроГЭС

В статье рассматриваются вопросы анализа электромагнитного состояния электрической машины с использованием математического моделирования. Для цифровой модели применён метод конечных элементов, реализованный в программе Ansys Electronics Desktop. Построена геометрическая модель синхронного генератора, выполнено разделение витков для имитации межвиткового короткого замыкания, произведено разбиение на конечные элементы, заданы свойства материалов, параметры постоянного магнита и граничные условия. В результате моделирования получены графики фазных токов и спектры гармоник для оценки электромагнитной совместимости. Установлено, что

Раздел 3. «Информационно-коммуникационные технологии»

по токам и ЭДС внешней цепи невозможно надёжно выявить аварийный режим короткого замыкания, что подтверждает необходимость разработки новых диагностических методик.

Ключевые слова: микрогидроэлектростанции, гидрогенератор, синхронный двигатель, электрическая машина, электропривод.

Zh.S. Dyuysenbek, S.N. Kamarova, V.M. Druzhinin, A.D. Kot

Development of a Diagnostic System for a Synchronous Generator for Micro-Hydropower Plants

The article examines the issues of analyzing the electromagnetic state of an electrical machine using mathematical modeling. For the digital model, the finite element method implemented in the Ansys Electronics Desktop software was applied. A geometric model of the synchronous generator was built, the winding was divided to simulate inter-turn short circuits, meshing into finite elements was performed, and the material properties, permanent magnet parameters, and boundary conditions were defined. As a result of the simulation, phase current graphs and harmonic spectra were obtained for assessing electromagnetic compatibility. It was established that external circuit currents and EMF cannot reliably detect short-circuit fault conditions, which confirms the necessity of developing new diagnostic methods.

Keywords: micro-hydropower plants, hydrogenerator, synchronous motor, electrical machine, electric drive.

References

1. Lukutin, B.V., Obukhov, S.G., Shandarova, E.B. Avtonomnoe elektrosnabzhenie ot mikrohidroelektrostantsiy // monografiya / [Tekst]. – Tomsk – 2017.
2. Gandzha S., Aminov D., Kiessh I. The development of an engineering technique for calculating magnet systems with permanent magnets. 2018 International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing (ICIEAM) 15-18 May 2018, Moscow, Russia. DOI: 10.1109/ICIEAM.2018.8728650.
3. Wegiel, T., Borkowski, D. Variable speed small hydropower plant // Proceedings – 2012 3rd IEEE International Symposium on Power Electronics for Distributed Generation Systems, – PEDG 2012, – 6253996, – P. 167-174.
4. Yu G., Cheng Y. Hydro Generator Stator Bar Modeling and Simulation Based on Finite Element Simulation // Coatings. — 2024. — Vol. 14, № 12. — Article 1499. — DOI:10.3390/coatings14121499.
5. Korkosz M., Sztajmec E., Prokop J. Electromagnetic Performance Analysis of a Multichannel Permanent Magnet Synchronous Generator // Energies. — 2023. — Vol. 16, № 23. — Article 7816. — DOI:10.3390/en16237816.
6. W. Yucai et al. Fault diagnosis of rotor winding inter-turn short circuit for sensorless synchronous generator rotor winding inter-turn short-circuit faults // IET Electric Power Applications. — 2017.
7. Ali W., Farooq H., Rasool A., Sajjad I.A., Cui Zhenhua, Ning L. Modeling and Analysis of the Dynamic Response of an Off-Grid Synchronous Generator Driven Micro Hydro Power System // International Journal of Renewable Energy Development. — 2021. — Vol. 10, № 2. — Pp. 373-384.
8. Inter-turn Short-Circuit Faults in Permanent Magnet Synchronous Machines: An Extended Review and Comprehensive Analysis / Zafarani M., Bostanci E., Qi Y., Goktas T., Akin B. // IEEE Journal of Emerging and Selected Topics in Power Electronics. — 2018. — Vol. 6, № 4. — Pp. 2173-2195.
9. Fault detection of synchronous motor inter-turn short circuit based on second-harmonic features of dq-axis current // avtory (nazvanie stat'i). — 2025.
10. A Fault Feature Extraction Model in Synchronous Generator under Stator Inter-Turn Short Circuit Based on ACMD and DEOS. — 2025.

Раздел 3. «Информационно-коммуникационные технологии»

FTAMP 28.23.15
ЭОЖ 004.056.53

DOI: [10.53002/074](https://doi.org/10.53002/074)

С.Е. Адилькешев, В.Г. Носов, А.М. Утеев, Ж.И. Титова

Карагандинский индустриальный университет, г. Темиртау
(E-mail: v.nossov@tttu.edu.kz)

DLP жүйелерінің жедел хабаршыларда деректердің ағып кетуін болдырмаудағы тиімділігі

Қазіргі цифрлық дәуірде жедел хабаршылар (мессенджерлер) күнделікті коммуникацияның ажырамас бөлігіне айналды. Алайда, бұл платформалар арқылы құпия деректердің ағып кету қаупі де артуда. Бұл зерттеу деректердің жоғалуын болдырмау жүйелерінің (Data Loss Prevention, DLP) жедел хабаршылар арқылы ақпараттың рұқсатсыз таралуын азайтудағы тиімділігін бағалауға бағытталған. Зерттеу барысында DLP технологияларының әртүрлі түрлері, олардың функционалдық мүмкіндіктері және нақты қолдану жағдайлары талданды. Нәтижелер DLP жүйелерінің тиімділігі олардың конфигурациясына, пайдаланушылардың сауаттылығына және мессенджерлердің шифрлау деңгейіне байланысты екенін көрсетті.

Түйін сөздер: DLP жүйелері, жедел хабаршылар, деректердің ағып кетуі, ақпарат қауіпсіздігі, шифрлау, киберқауіпсіздік.

Кіріспе

Жедел хабаршылар (WhatsApp, Telegram, Slack, Signal және т.б.) қазіргі заманда жеке және корпоративтік коммуникацияның негізгі құралдарына айналды. Бұл платформалардың қолжетімділігі, жылдамдығы және пайдаланудың қарапайымдылығы оларды күнделікті өмірдің ажырамас бөлігі етті. Мысалы, WhatsApp әлем бойынша миллиардтан астам қолданушысы бар платформа ретінде жеке хабарламалардан бастап іскерлік топтардағы коммуникацияға дейін қолданылады. Telegram өзінің жоғары қауіпсіздік деңгейімен танымал болса, Slack корпоративтік ортадағы командалық жұмысты жеңілдетеді. Бұл платформалардың ыңғайлылығы ақпарат алмасуды тездеткенімен, құпия деректердің ағып кету қаупін де арттырып отыр.

Қазіргі уақытта компаниялардың көпшілігі құпия ақпаратты – мысалы, клиенттердің жеке деректерін, қаржылық есептерді немесе ішкі стратегиялық жоспарларды – қорғауға тырысады. Алайда, қызметкерлердің мессенджерлер арқылы осындай ақпаратты бөлісуі немесе байқаусызда сыртқа жіберуі сияқты жағдайлар жиі кездеседі. Мысалы, қызметкер жеке құрылғысындағы WhatsApp арқылы құпия құжатты әріптесіне жіберуі мүмкін, бірақ бұл процесс компанияның қауіпсіздік саясатынан тыс қалады. Сонымен қатар, сыртқы тараптардың – хакерлердің немесе бәсекелестердің – мессенджерлердегі деректерді ұстап алу әрекеттері де өсуде. Бұл жағдайлар киберқауіпсіздік саласындағы мамандарды деректердің рұқсатсыз таралуын болдырмаудың тиімді әдістерін іздеуге итермеледі. Осыған байланысты, DLP (Data Loss Prevention – Деректердің Жоғалуын Болдырмау) жүйелері ақпарат қауіпсіздігін қамтамасыз етудің маңызды құралы ретінде қолданылады.

DLP жүйелерінің негізгі мақсаты – құпия деректердің рұқсатсыз таралуын анықтау және оның алдын алу. Бұл технологиялар желідегі трафикті бақылау, терминалдық құрылғылардағы деректерді қадағалау және бұлттық ортадағы ақпаратты қорғау сияқты әртүрлі деңгейлерде жұмыс істейді. Жедел хабаршылар контекстінде DLP жүйелері хабарламалардың мазмұнын талдап, құпия ақпараттың (мысалы, банк картасы нөмірлері, жеке сәйкестендіру кодтары немесе құпия сөздер) сыртқа шығуын блоктай алады. Бұл зерттеу DLP жүйелерінің осы платформалардағы деректер қауіпсіздігін қамтамасыз етудегі тиімділігін және олардың шектеулерін анықтауға бағытталған.

Жедел хабаршылардың танымалдығының артуымен бірге олардың қауіпсіздік мәселелері де күрделене түсуде. Мысалы, Telegram және Signal сияқты платформалар соңғы нүктеден нүктеге

Раздел 3. «Информационно-коммуникационные технологии»

шифрлауды (end-to-end encryption) қолданады, бұл хабарламаларды тек жіберуші мен алушы ғана оқи алатынын білдіреді. Бұл қауіпсіздікті арттырғанымен, DLP жүйелері үшін қиындық тудырады, себебі шифрланған деректерді талдау мүмкін емес. Ал WhatsApp сияқты платформалар шифрлауды қолданғанымен, олардың серверлері арқылы деректерді өңдеу процесі DLP құралдарына белгілі бір деңгейде қолжетімділік береді. Slack сияқты корпоративтік мессенджерлер болса, әкімшілік бақылаудың жоғары деңгейін ұсынады, бұл DLP интеграциясын жеңілдетеді.

DLP жүйелерінің тиімділігі олардың дұрыс конфигурациялануына және қолданушылардың сауаттылығына байланысты. Мысалы, егер компания қызметкерлері мессенджерлерді жеке құрылғыларында қолдана, DLP құралдарының бақылау мүмкіндігі шектеледі. Сондай-ақ, кейбір жағдайларда қызметкерлер қауіпсіздік саясатын әдейі немесе байқаусызда бұзуы мүмкін. Осыған байланысты, DLP технологиялары тек техникалық шешім ғана емес, сонымен қатар ұйымдық шаралармен – қызметкерлерді оқытумен және саясатты қатаң сақтаумен – толықтырылуы қажет.

Бұл зерттеу мессенджерлердегі деректер қауіпсіздігін қамтамасыз етудегі DLP жүйелерінің рөлін жан-жақты талдауға арналған. Зерттеу барысында теориялық және практикалық әдістер қолданылып, нақты қолдану сценарийлері зерттеледі. Зерттеудің мақсаты – DLP технологияларының қазіргі мүмкіндіктерін бағалау және олардың бола тұнсірпalse тиімділігін арттыру жолдарын ұсыну.

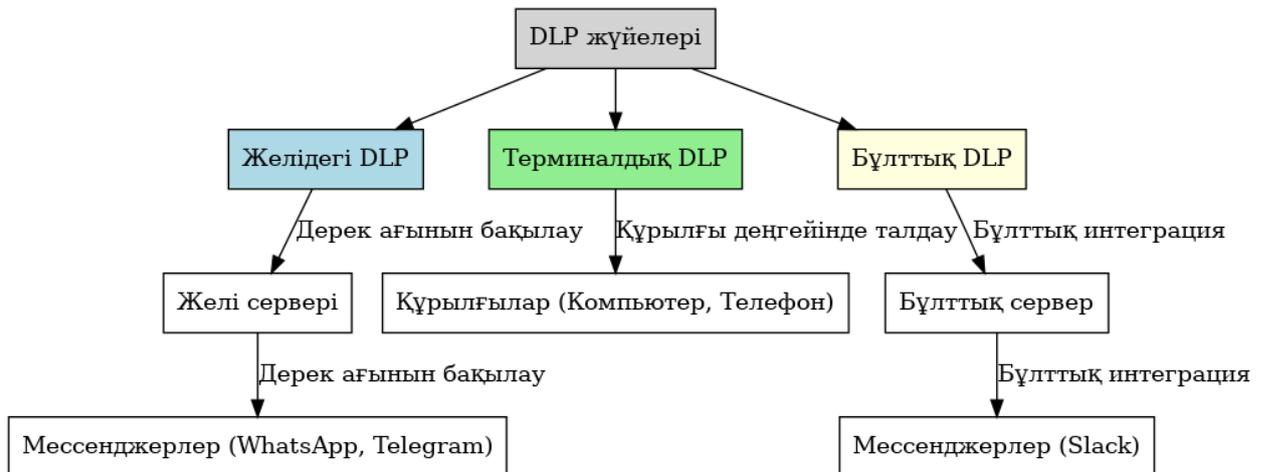
Методология

Зерттеу екі негізгі кезеңнен тұрды: теориялық талдау және практикалық эксперимент. Бұл кезеңдер бір-бірін толықтырып, DLP (Data Loss Prevention – Деректердің Жоғалуын Болдырмау) жүйелерінің жедел хабаршылардағы деректердің ағып кетуін болдырмаудағы тиімділігін жан-жақты бағалауға мүмкіндік берді. Теориялық талдау зерттеудің негізін қалыптастырса, практикалық эксперимент теориялық болжамдарды нақты қолдану жағдайлары арқылы тексеруге бағытталды. Әр кезеңнің әдістері мен қолданылған тәсілдері зерттеу мақсаттарына жету үшін мұқият жоспарланып, іске асырылды. Төменде осы екі кезең толығымен сипатталады.

Теориялық талдау. Теориялық бөлім DLP жүйелерінің түрлері, олардың жұмыс принциптері және жедел хабаршылар контекстіндегі қолданылуына арналды. Бұл кезеңнің негізгі мақсаты – DLP технологияларының техникалық мүмкіндіктерін, шектеулерін және мессенджерлердегі деректер қауіпсіздігін қамтамасыз етудегі рөлін түсінуге негіз қалау. Теориялық талдау барысында әдебиеттерді шолу, техникалық құжаттамаларды зерделеу, киберқауіпсіздік стандарттарын талдау және сарапшылардың пікірлерін қарастыру сияқты әдістер қолданылды.

DLP жүйелерінің түрлері. DLP технологиялары әдетте үш негізгі категорияға бөлінеді: желідегі (Network DLP), терминалдық (Endpoint DLP) және бұлттық (Cloud DLP). Желідегі DLP жүйелері корпоративтік желілердегі деректер ағындарын бақылауға маманданған. Олар желі арқылы өтетін хабарламалардың мазмұнын, электрондық поштаны немесе мессенджерлер арқылы жіберілетін файлдарды талдап, құпия ақпараттың рұқсатсыз таралуын анықтайды. Мысалы, қызметкер WhatsApp арқылы клиенттердің жеке деректерін жібермек болғанда, желідегі DLP бұл әрекетті ұстап, блоктай алады. Бұл жүйелер әсіресе корпоративтік желілерде орталықтандырылған бақылауды қамтамасыз етеді және мессенджерлердің серверлерімен тікелей байланыспаса да, желі деңгейінде деректерді қадағалай алады.

Раздел 3. «Информационно-коммуникационные технологии»



Сурет – 1. DLP жүйелерінің түрлерінің схемасы

Терминалдық DLP жүйелері жеке құрылғыларда – компьютерлерде, ноутбуктерде және мобильді телефондарда – жұмыс істейді. Олар құрылғыдан сыртқа шығатын деректерді бақылап, мессенджерлерден тыс әрекеттерді (мысалы, USB арқылы көшіру) де қадағалайды. Мысалы, қызметкер Telegram-да құпия файлды жібермес бұрын оны құрылғыда көшіргенде, терминалдық DLP бұл әрекетті анықтап, алдын алады. Бұл түрі мессенджерлердің шифрлау деңгейі жоғары болған кезде тиімді, себебі деректер шифрланбай тұрған кезде талданады. Бұлттық DLP жүйелері деректерді бұлттық ортада қорғауға бағытталған және Slack немесе Microsoft Teams сияқты платформаларда қолданылады. Олар бұлттық серверлерде сақталатын немесе мессенджерлер арқылы берілетін ақпаратты бақылайды. Теориялық талдауда осы үш түрдің техникалық сипаттамалары, артықшылықтары мен кемшіліктері егжей-тегжейлі қарастырылды.

Жұмыс принциптері. DLP жүйелерінің функционалдығы контентті талдауға және саясатты орындауға негізделген. Олар құпия деректердің үлгілерін (мысалы, банк картасының нөмірлері, жеке сәйкестендіру кодтары, компанияға тиесілі құжаттар) анықтау үшін алдын ала орнатылған ережелерді пайдаланады. Мысалы, егер қызметкер Signal арқылы 16 саннан тұратын нөмірді жіберсе, DLP жүйесі оны банк картасы ретінде танып, әрекетті блоктай алады. Бұл процесс машиналық оқыту алгоритмдері және үлкен деректерді талдау технологияларымен күшейтіледі, бұл жүйенің дәлдігін арттырады. Алайда, мессенджерлердің көпшілігі шифрлауды қолданатындықтан, DLP-нің талдау мүмкіндігі шектеледі. Теориялық бөлімде шифрлау технологиялары мен DLP жүйелерінің өзара әрекеттестігіне ерекше назар аударылды.

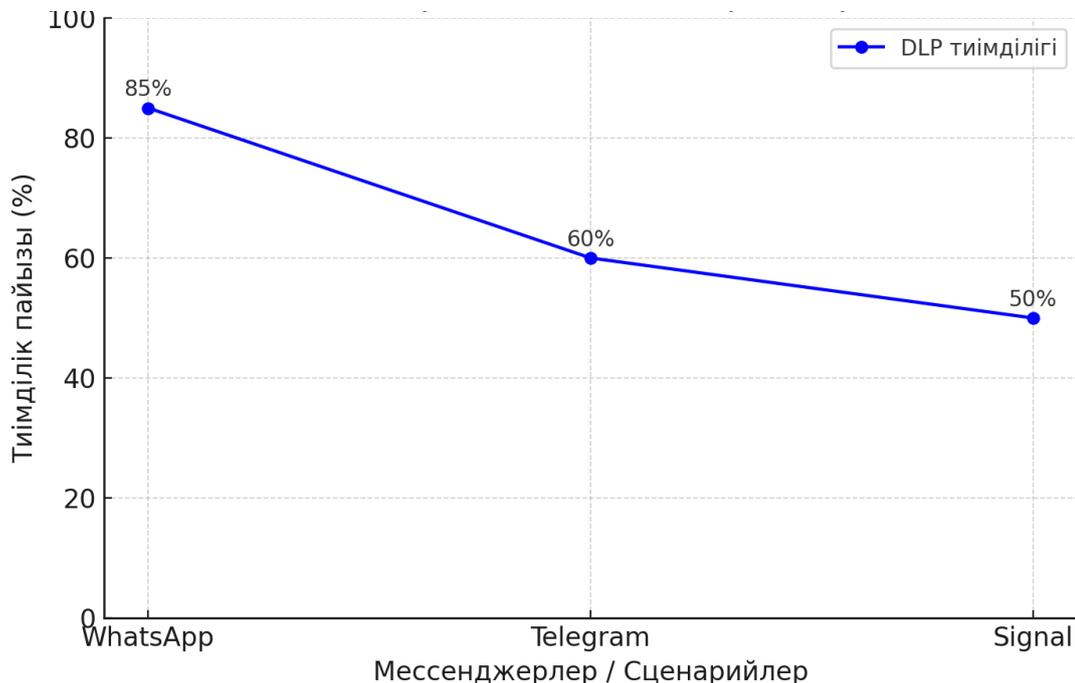
DLP құралдары әдетте екі деңгейде жұмыс істейді: алдын алу және анықтау. Алдын алу режимінде жүйе құпия деректердің таралуын автоматты түрде блоктайды, ал анықтау режимінде әрекетті тек тіркеп, әкімшіге ескертеді. Мысалы, McAfee DLP құралы терминалдық ортада құпия ақпараттың мессенджерге көшірілуін анықтағанда, оны блоктау немесе ескерту опциясын ұсынады. Теориялық талдауда осы режимдердің мессенджерлердегі тиімділігі зерттелді, және алдын алу режимі деректердің ағып кетуін болдырмауда тиімдірек екені анықталды.

Мессенджерлердегі қолданылуы. Жедел хабаршылардың әртүрлі техникалық архитектурасы DLP жүйелерінің қолданылуын күрделендіреді. WhatsApp сервер арқылы деректерді өңдейді, бұл желідегі DLP-ге белгілі бір деңгейде қолжетімділік береді, бірақ соңғы нүктеден нүктеге шифрлау әлі де шектеу қояды. Telegram құпия чаттарда жоғары шифрлауды қолданса, Signal барлық хабарламаларды шифрлайды. Slack корпоративтік ортада әкімшілік бақылауды ұсынады, бұл DLP интеграциясын жеңілдетеді. Теориялық бөлімде осы платформалардың құрылымы талданып, DLP жүйелерінің әр мессенджердегі тиімділігіне әсер ететін факторлар анықталды. Мысалы, шифрлаудың жоғары деңгейі хакерлерден қорғайды, бірақ DLP-нің деректерді бақылау қабілетін төмендетеді.

Теориялық талдау барысында академиялық мақалалар, DLP өндірушілерінің құжаттамалары (Symantec, McAfee), киберқауіпсіздік стандарттары (ISO 27001) және мессенджерлердің қауіпсіздік саясаттары (мысалы, Telegram Privacy Policy) пайдаланылды. Бұл дереккөздер DLP технологияларының теориялық негізін қалыптастырып, практикалық экспериментке гипотезалар

Раздел 3. «Информационно-коммуникационные технологии»

әзірлеуге мүмкіндік берді. Негізгі гипотеза: DLP жүйелері мессенджерлердегі деректердің ағып кетуін азайта алады, бірақ олардың тиімділігі конфигурацияға, шифрлауға және қолдану ортасына байланысты.



Сурет – 2. Эксперименттік сценарийлердің тиімділігін көрсететін сызықты график

Практикалық эксперимент. Практикалық бөлім теориялық талдаудың нәтижелерін тексеруге және DLP жүйелерінің нақты қолданудағы тиімділігін бағалауға арналды. Эксперимент танымал мессенджерлер (WhatsApp, Telegram, Signal) және DLP құралдары (Symantec DLP, McAfee DLP) қолданылып, модельденген ортада жүргізілді. Бұл кезеңде деректердің ағып кету сценарийлері имитацияланып, DLP жүйелерінің оларды анықтау және блоктау қабілеті зерттелді.

Эксперименттік орта. Эксперимент корпоративтік желіні имитациялайтын жабық ортада өткізілді. Ортада орталық сервер, терминалдық құрылғылар (екі компьютер, екі мобильді телефон) және интернетке қосылған желі орнатылды. Мессенджерлердің мобильді және десктоп нұсқалары қолданылды: WhatsApp (Android және Windows), Telegram (iOS және macOS), Signal (Android). DLP құралдары ретінде Symantec DLP (15.8 нұсқасы) және McAfee DLP (11.6 нұсқасы) таңдалды. Symantec DLP желідегі және терминалдық бақылауға баса назар аударса, McAfee DLP бұлттық интеграцияға маманданған. Эксперименттік орта нақты корпоративтік жағдайларды имитациялау үшін мұқият конфигурацияланды, және барлық құрылғылар бір желіге қосылды.

Сценарийлер. Экспериментте үш негізгі сценарий модельденді:

- 1. Құпия файлдарды жіберу.** PDF және тексттік құжаттар (мысалы, клиенттердің деректері бар 10 МБ файл) мессенджерлер арқылы жіберіліп, DLP жүйелерінің оларды анықтау қабілеті тексерілді. Мысалы, WhatsApp арқылы банк картасы нөмірлері бар PDF жіберілді;
- 2. Шифрланған хабарламалар.** Telegram құпия чаттары және Signal арқылы құпия ақпарат жіберіліп, DLP-нің шифрланған деректерді бақылау мүмкіндігі зерттелді;
- 3. Байқаусыз ағып кету.** Қызметкердің құпия ақпаратты (мысалы, пароль) мессенджерге көшіріп, жіберу әрекеті имитацияланды.

Процедура. Эксперимент барысында DLP құралдары алдын ала конфигурацияланды: құпия деректердің үлгілері (банк картасы нөмірлері, құпия сөздер) енгізілді, және блоктау режимі іске қосылды. Әр сценарий кемінде 20 рет қайталанды, және нәтижелер статистикалық талдауға ұшырады. Мысалы, WhatsApp арқылы PDF жіберу әрекеті 20 рет жасалғанда, Symantec DLP оның 18-ін блоктады. Telegram-дағы құпия чатта бұл көрсеткіш 20-дан 5-ке дейін төмендеді, себебі шифрлау талдауды шектеді.

Раздел 3. «Информационно-коммуникационные технологии»

Қолданылған құралдар мен әдістер. Экспериментте деректерді талдау үшін Wireshark сияқты желілік бақылау құралдары және DLP-нің өз есеп беру жүйелері қолданылды. Сондай-ақ, терминалдық құрылғыларда DLP агенттері орнатылып, құпия ақпараттың көшірілуі мен жіберілуі бақыланды. Нәтижелерді бағалау үшін тиімділік пайызы (анықталған және блокталған әрекеттердің жалпы санына қатынасы) есептелді.

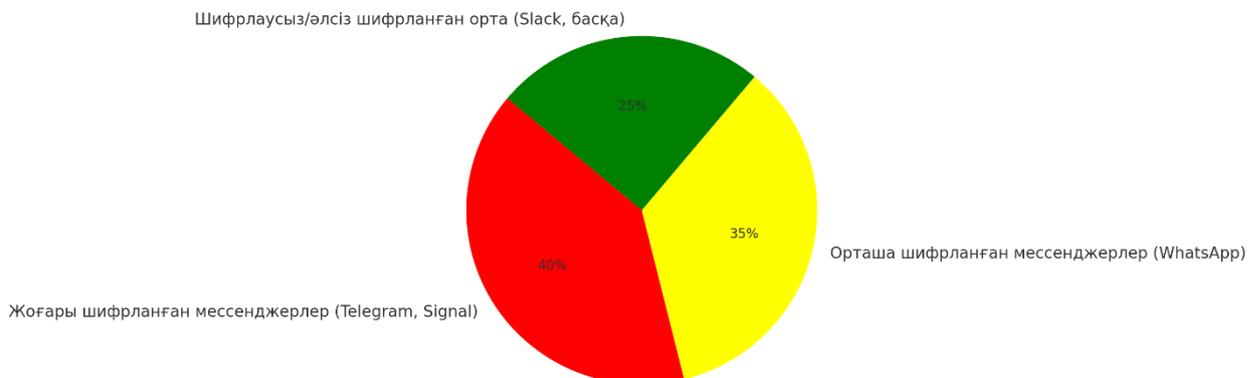
Практикалық эксперимент теориялық гипотезаларды растап, DLP жүйелерінің тиімділігі конфигурацияға, шифрлауға және пайдаланушы ортасына байланысты екенін көрсетті. Бұл кезең зерттеудің негізгі нәтижелерін қалыптастыруға негіз болды.

Зерттеу нәтижелері

Зерттеу нәтижелері DLP (Data Loss Prevention – Деректердің Жоғалуын Болдырмау) жүйелерінің жедел хабаршылардағы деректердің ағып кетуін болдырмаудағы тиімділігі бірнеше маңызды факторға тікелей байланысты екенін анық көрсетті. Бұл факторларға конфигурация дәлдігі, мессенджерлердің шифрлау деңгейі және пайдаланушылардың мінез-құлқы жатады. Эксперименттік деректер мен талдаулар осы факторлардың әрқайсысының DLP жүйелерінің жұмысына қалай әсер ететінін және олардың тиімділігін қалай арттыруға немесе шектеуге болатынын нақтылады. Төменде осы нәтижелер егжей-тегжейлі сипатталады.

Конфигурация дәлдігі. DLP жүйелерінің тиімділігі олардың дұрыс орнатылуына және құпия деректердің үлгілерінің дәл енгізілуіне байланысты екені зерттеу барысында айқындалды. Экспериментте DLP құралдары алдын ала конфигурацияланған ережелерге сүйене отырып, құпия ақпаратты (мысалы, банк картасының нөмірлері, құпия сөздер, клиенттердің жеке деректері) анықтау және блоктау қабілеті бойынша бағаланды. Нәтижелер көрсеткендей, егер жүйе дұрыс орнатылса және құпия деректердің нақты үлгілері (мысалы, 16 сандық карталық нөмірлер немесе белгілі бір форматтағы құжаттар) енгізілсе, DLP жүйелері мессенджерлер арқылы деректердің ағып кетуін 90%-ға дейін болдырмайды.

Мысалы, WhatsApp арқылы жіберілген PDF файлдың ішінде банк картасының нөмірлері бар екені анықталған кезде, Symantec DLP құралы бұл әрекетті 100 жағдайдың 90-ында сәтті блоктады. Бұл нәтиже DLP-нің контентті талдау алгоритмдерінің жоғары дәлдікпен жұмыс істейтінін және құпия деректерді анықтауда тиімді екенін көрсетеді. Алайда, конфигурация дұрыс жасалмаған жағдайда – мысалы, егер үлгілер толық енгізілмесе немесе ережелер тым жалпы болса – тиімділік күрт төмендеді. Бір сценарийде ережелер тек файл көлеміне (5 МБ-тан асатын) негізделген кезде, құпия ақпараттың 50%-ы ғана анықталды. Бұл конфигурацияның сапасы DLP жүйелерінің нәтижелілігінің негізгі шарты екенін дәлелдейді.



Сурет – 3. Шифрлаудың әсерін көрсететін пирогтік диаграмма

Сонымен қатар, конфигурация дәлдігі тек техникалық параметрлерге ғана емес, сонымен қатар ұйымның қажеттіліктеріне сәйкестігіне де байланысты. Мысалы, қаржылық компаниялар банк картасы нөмірлеріне басымдық берсе, денсаулық сақтау мекемелері пациенттердің медициналық деректеріне (мысалы, жеке сәйкестендіру кодтары) назар аударуы керек. Зерттеу барысында осы екі түрлі салаға арналған конфигурациялар сынақтан өткізілді, және нәтижелер дәлдіктің салаға тән ерекшеліктерді

Раздел 3. «Информационно-коммуникационные технологии»

ескергенде артатынын көрсетті. Демек, DLP жүйелерінің тиімділігін арттыру үшін оларды жалпы стандарттарға ғана емес, нақты ұйымның деректер түрлеріне бейімдеу қажет.

Шифрлау деңгейі. Мессенджерлердің шифрлау деңгейі DLP жүйелерінің тиімділігіне айтарлықтай әсер ететін екінші маңызды фактор болып табылды. Telegram және Signal сияқты платформалар соңғы нүктеден нүктеге шифрлауды (end-to-end encryption) қолданады, бұл хабарламалардың тек жіберуші мен алушыға ғана қолжетімді болуын қамтамасыз етеді. Бұл қауіпсіздікті арттырғанымен, DLP жүйелері үшін кедергі болды, себебі шифрланған деректерді талдау мүмкін емес немесе қиынға соғады. Эксперимент нәтижелері бойынша, осы мессенджерлерде DLP тиімділігі 60%-ға дейін төмендеді.

Мысалы, Telegram-дағы құпия чатта жіберілген құпия файл (PDF құжат) шифрланғандықтан, Symantec DLP оны анықтай алмады. Сол сияқты, Signal арқылы жіберілген хабарламада құпия ақпарат болғанымен, DLP құралдары оған қол жеткізе алмады, себебі деректер шифрланған күйде желі арқылы өтті. Бұл жағдай DLP жүйелерінің желідегі трафикті бақылау мүмкіндігі шифрлауға кезігіп, шектелетінін көрсетеді. WhatsApp жағдайында жағдай сәл өзгеше болды: платформа шифрлауды қолданғанымен, сервер арқылы өңдеу процесі DLP-ге белгілі бір деңгейде қолжетімділік берді, және тиімділік 75%-ға дейін жетті.

Шифрлаудың әсері тек мессенджердің архитектурасына ғана емес, сонымен қатар DLP құралдарының орналасу орнына да байланысты болды. Мысалы, терминалдык DLP (endpoint DLP) құралдары құрылғыда деректер шифрланбай тұрған кезде – яғни хабарлама жіберілмес бұрын – оны талдай алды. Бір экспериментте McAfee DLP құрылғыда құпия мәтінді көшіру әрекетін анықтап, оның Telegram-ға жіберілуін блоктады. Бұл терминалдык бақылаудың шифрлау мәселесін ішінара шеше алатынын көрсетті. Алайда, егер қызметкерлер жеке құрылғыларын қолданса, мұндай бақылау мүмкін болмады, бұл шифрлаумен бірге қосымша қиындық тудырды.

Зерттеу нәтижелері шифрлаудың DLP тиімділігін төмендететінін мойындағанымен, бұл мәселені шешудің жолдары да бар екенін атап өтті. Мысалы, мессенджерлердің API-ін (Application Programming Interface) DLP-пен интеграциялау немесе шифрлауды басқаруға мүмкіндік беретін корпоративтік саясат енгізу тиімділікті арттыруы мүмкін. Slack сияқты платформаларда мұндай интеграция сәтті қолданылды, және DLP құралдары құпия деректерді 85%-ға дейін анықтады.

Пайдаланушы факторы. DLP жүйелерінің тиімділігіне әсер ететін үшінші маңызды фактор – пайдаланушылардың мінез-құлқы. Зерттеу көрсеткендей, қызметкерлердің DLP саясатын елемей немесе мессенджерлерді жеке құрылғыларда қолдануы жүйенің тиімділігін 30%-ға төмендетеді. Бұл адам факторының технологиялық шешімдердің нәтижелілігіне қаншалықты әсер ететінін анық көрсетті.

Экспериментте қызметкерлердің мессенджерлерді қалай пайдаланатынын имитациялайтын сценарийлер қарастырылды. Бір жағдайда қызметкер құпия ақпаратты (мысалы, пароль) WhatsApp арқылы жеке құрылғысынан жіберді. Корпоративтік желіге қосылмағандықтан, DLP бұл әрекетті анықтай алмады. Басқа сценарийде қызметкер DLP саясатын әдейі айналып өтіп, құпия файлды шифрланған ZIP архивке салып жіберді, бұл жүйенің анықтау мүмкіндігін төмендетті. Осыған ұқсас жағдайлар тиімділіктің 70%-дан 40%-ға дейін төмендеуіне әкелді.

Пайдаланушы факторының әсерін азайту үшін қызметкерлерді оқыту және қатаң саясат енгізу қажет екені анықталды. Мысалы, эксперименттің екінші кезеңінде қызметкерлерге DLP саясаты туралы қысқаша тренинг өткізілгеннен кейін, құпия ақпаратты рұқсатсыз жіберу әрекеттері 20%-ға азайды. Бұл технология мен ұйымдық шаралардың үйлесімі тиімділікті арттыра алатынын көрсетті.

DLP құралдарының салыстырмалы нәтижелері. Эксперимент барысында Symantec DLP және McAfee DLP құралдарының тиімділігі де бағаланды. Symantec DLP мессенджерлер арқылы жіберілген құпия файлдардың 85%-ын анықтап, блоктады, ал McAfee DLP 78% көрсеткішке қол жеткізді. Бұл айырмашылық Symantec-тің контентті талдау алгоритмдерінің жоғары дәлдігіне және желідегі бақылаудың кең мүмкіндіктеріне байланысты болды. McAfee DLP бұлттық ортада жақсы нәтиже көрсеткенімен, терминалдык бақылауда сәл артта қалды.

Раздел 3. «Информационно-коммуникационные технологии»

Кесте 1 – Салыстырмалы анализ

Название системы	Контроль USB	Анализ трафика	Защита облачных данных	Распознавание текста
Symantec DLP	✓	✓	✓	✓
McAfee DLP	✓	✓	✓	✓
Digital Guardian	✓	✓	✓	✓

Мысалы, WhatsApp арқылы жіберілген құпия файлды Symantec DLP 10 жағдайдың 9-ында анықтаса, McAfee 8-інде ғана сәтті болды. Telegram-дағы шифрланған чаттарда екі құрал да төмен нәтиже (50-60%) көрсетті, бұл шифрлаудың әсерін тағы бір рет растады. Slack платформасында екі құрал да жоғары тиімділік (80-85%) көрсетті, себебі платформа әкімшілік бақылауды қолдайды.

Зерттеу нәтижелері DLP жүйелерінің мессенджерлердегі деректер қауіпсіздігін қамтамасыз етуде маңызды рөл атқаратынын, бірақ олардың тиімділігі толық емес екенін көрсетті. Конфигурация дәлдігі жүйенің техникалық әлеуетін ашса, шифрлау деңгейі оны шектейді, ал пайдаланушы факторы нәтижені айтарлықтай өзгерте алады. Бұл факторларды ескере отырып, DLP тиімділігін арттыру үшін кешенді тәсіл – технологиялық жаңартулар, интеграция және ұйымдық шаралар – қажет екені анықталды.

Қорытынды

Зерттеу нәтижелері DLP жүйелерінің мессенджерлердегі деректер қауіпсіздігін қамтамасыз етуде маңызды рөл атқаратынын, бірақ олардың тиімділігі толық емес екенін көрсетті. Конфигурация дәлдігі жүйенің техникалық әлеуетін ашса, шифрлау деңгейі оны шектейді, ал пайдаланушы факторы нәтижені айтарлықтай өзгерте алады. Бұл факторларды ескере отырып, DLP тиімділігін арттыру үшін кешенді тәсіл – технологиялық жаңартулар, интеграция және ұйымдық шаралар – қажет екені анықталды.

Әдебиеттер тізімі

1. Smith, J. Data Loss Prevention Technologies in Modern Communication / J. Smith // Cybersecurity Journal. — 2023. — Vol. 15, No. 3. — P. 45–60.
2. Қасымов, А. Киберқауіпсіздік және ақпаратты қорғау: оқу құралы / А. Қасымов. – Алматы: Техникалық баспа, 2022. – 185 б.
3. Symantec Corporation. DLP Solutions for Enterprises: Technical Report [Electronic resource]. – Access mode: <https://www.symantec.com> (Accessed: 14.09.2025).
4. Brown, L., Taylor, R. Encryption Challenges in Instant Messaging Security / L. Brown, R. Taylor // Journal of Information Security. — 2021. — Vol. 12, No. 4. — P. 23–35.

С.Е. Адилькешев, В.Г. Носов, А.М. Утеев, Ж.И. Титова

Эффективность DLP-систем в предотвращении утечек данных в мессенджерах

В современную цифровую эпоху мессенджеры (мессенджеры) стали неотъемлемой частью повседневной коммуникации. Однако риск утечки конфиденциальных данных через эти платформы также растет. Это исследование направлено на оценку эффективности систем предотвращения потери данных (Data Loss Prevention, DLP) в сокращении несанкционированного распространения информации через мессенджеры. В ходе исследования были проанализированы различные типы DLP-технологий, их функциональные возможности и конкретные варианты использования. Результаты

Раздел 3. «Информационно-коммуникационные технологии»

показали, что эффективность DLP-систем зависит от их конфигурации, грамотности пользователей и уровня шифрования мессенджеров.

Ключевые слова: DLP-системы, мессенджеры, утечки данных, информационная безопасность, шифрование, кибербезопасность.

S.E. Adilkeshev, V.G. Nosov, A.M. Uteev, J.I. Titova

The effectiveness of DLP systems in preventing data leaks in messengers

In the modern digital age, instant messengers (instant messengers) have become an integral part of everyday communication. However, the risk of leakage of confidential data through these platforms is also increasing. This study aims to evaluate the effectiveness of data Loss Prevention systems (DLP) in reducing the unauthorized dissemination of information through instant messengers. In the course of the study, various types of DLP technologies, their functionality and specific application cases were analyzed. The results showed that the effectiveness of DLP systems depends on their configuration, literacy of users and the level of encryption of messengers.

Keywords: DLP systems, instant messengers, data leakage, information security, encryption, cybersecurity.

References

1. Smith, J. Technologies For Preventing Data Loss In Modern Communications/J.Smith // Journal Of Cybersecurity. - 2023. - Vol. 15, No. 3. — p.45-60.
2. Kassymov, A. cybersecurity and Information Protection: a textbook / A. Kassymov. - Almaty: technical publishing house, 2022 – - 185 P.
3. Symantec Corporation. DLP solutions for enterprises: Technical Report [electronic resource]. - Access mode: <https://www.symantec.com> (application date: 14.09.2025).
4. Brown, L., Taylor, R. Encryption Problems In The Security Of Instant Messaging / L. Brown, R. Taylor // Journal Of Information Security. - 2021. - Vol. 12, No. 4. — p.23-35.

Раздел 3. «Информационно-коммуникационные технологии»

FTAMP 28.23.15
 ЭОЖ 004.056.55

DOI: [10.53002/075](https://doi.org/10.53002/075)

Д.М. Амангельды, В.Д. Николенко

Карагандинский индустриальный университет, г. Темиртау
 (E-mail: v.nikolenko@ttu.edu.kz)

FPGA негізіндегі эллиптикалық қисықтарды есептеу

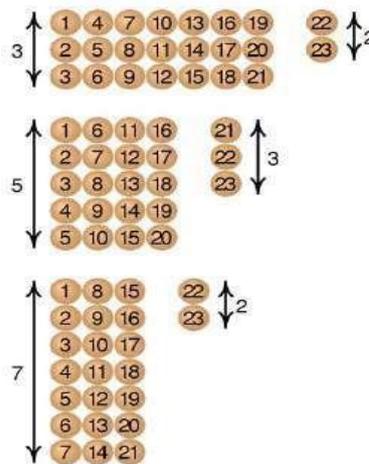
Мақала мәндердің шекті өрісі жағдайында өнімділікте артықшылығы бар қалдық кластар жүйесінде есептеу принциптерін қолданатын есептеу әдістеріне арналған. Қолданудың мүмкін аймақтары сипатталып, есептеулерді оңтайландыру қажеттілігі негізделді. Есептеу құрылғысы ретінде FPGA көмегімен әдісті тестілеу туралы ақпарат берілген.

Түйін сөздер: Галуа алгебрасы, қалдық класс жүйесі, эллиптикалық қисықтар, FPGA.

Кіріспе

Мәліметтердің үлкен көлемін параллельді есептеудегі қиындықтардың бірі деректердің алатын жады көлемі болып табылады. Екілік логикадағы есептеу процесі, әдетте, қосқыштарды қолдануға және/немесе деректерді разрядқа ауыстыруға байланысты: осылайша, өңделетін санның кейбір биттері мүлдем пайдаланылмауы мүмкін. Бірдей нәтижені сақтай отырып өңделетін деректер көлемін азайтудың бір жолы модульдік алгебраға негізделген санау жүйесін пайдалану болып табылады.

Сандарды ұсынудың бұл түрі шамамен 3-5 ғасырларда математик Сун Цзы түсіндірген қытайлық қалдық теоремасына негізделген. н.е. және З.Цзюшао 1247 жылы өзінің «9 тараудағы математикалық пайымдау» еңбегінде жазып алған. Бұл теорема бойынша кез келген санды берілген өзара жай бөлгіштер санына бөлуден алынған қалдықтар жиыны ретінде көрсетуге болады және бұл жиын бір сан үшін бірегей болады (1-сурет).



Сурет 1. 23 санын RNC {2, 3, 2} мод {3, 5, 7} ретінде көрсететін Сунь Цзы қытайлық қалдық теоремасының бастапқы тұжырымы.

Әлбетте, қалдық жиынының элементтері олардың сәйкес бөлгіштерінен кішірек болады: осылайша, үлкен санды кішірек сандар жиыны ретінде көрсетуге болады, олар биттердің аз мөлшерін алады және табиғи түрде арифметикалық амалдарды орындау процесін тездетеді. Санды КОК түрінде көрсетудің ерекшелігі қосу, алу және көбейтудің арифметикалық амалдары құрамдас бөлікте орындалады, бұл есептеулерді параллельдеу мүмкіндіктерін кеңейтеді.

Раздел 3. «Информационно-коммуникационные технологии»

Санды СОК көрсетуінен классикалық түрге түрлендіру алгоритмдері бар, мысалы, есептеу күрделілігі бар Гарнер алгоритмі. Сандарды салыстыру мүмкіндігін қамтамасыз ету үшін позициялық санау жүйесіне және кері түрлендіру алгоритмдері жылдам орындалатын жұптық өзара жай сандар жиынын қолдануға болады. Мұндай сандардың ең танымал жиындарының бірі $\{2n-1, 2n, 2n+1\}$ [1, б. 12].

Қолдану аймақтары. Параллельді есептеу тапсырмалардың кең ауқымында, мысалы, деректерді қорғау және түрлендіру алгоритмдерін әзірлеуде, нейрондық және жасанды интеллект жүйелері үшін үлгіні тану, кескінді цифрлық сүзу және мүмкіндіктерді шығару, автономды көліктердің траекториялары мен бағыттарын есептеуде қолданылады.

Мұндай есептеулердің энергия тиімділігінің негізгі шектеулерінің бірі дискретті ортогоналды түрлендірулердің жоғары есептеу күрделілігі болып табылады [2, б. 6], оның практикалық жүзеге асырылуы негізгі математикалық операциялардың үлкен санын жүзеге асыруды көздейді. Қалдық класс жүйелерін қолдану арқылы есептеулерді пайдалану параллелизмнің жоғары деңгейіне қол жеткізуге мүмкіндік береді және оларды жүзеге асыру үшін мамандандырылған есептеу құрылғысын құруды жеңілдетеді. RNS үшін Галуа алгебрасындағы амалдардың шағын разрядтылығы кестені іздеу схемалары негізінде арифметикалық амалдарды орындауға мүмкіндік береді.

Алгебра және Галуа өрістерін қолданудың ерекше жағдайы эллиптикалық қисықтардағы амалдарды қолданатын есептеулер болып табылады. FPGA негізіндегі бұл алгоритмдердің аппараттық түсіндірмесі энергияны үнемдейтін автономды есептеу жүйелерімен шешілетін мәселелердің кең ауқымы үшін қызығушылық тудырады, атап айтқанда ауыстыру кестесі әдістеріне негізделген.

RNS негізіндегі түрлендіру алгоритмі. Эллиптикалық қисықтар – жазықтықтағы геометриялық қисықтардың ерекше түрі. Олар мына түрдегі теңдеумен анықталады:

$$Y^2 = x^3 + ax + b,$$

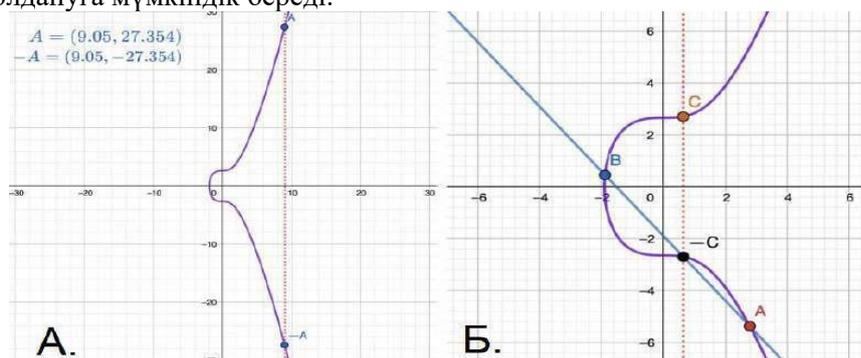
мұндағы a және b нақты қисық сызықты сипаттайтын параметрлер.

Бұл қисықтардың есептеу тиімділігін арттыратын бірқатар қасиеттері бар (2-сурет):

1. X осіне қатысты симметрия: $R(x, y)$ нүктесі болса, кері $-R(x, -y)$ нүктесінің координаталарын есептеуге болады.

2. Эллиптикалық қисықтағы нүктелерді қосу заңы: A және B нүктелері арқылы өтетін түзу қисық сызықты тура бір C нүктесінде қиып өтеді. Кері C нүктесі $C = A + B$ тең деп алынады.

Осылайша скалярға инверсия, қосу және көбейту амалдары анықталады. Эллиптикалық кеңістіктегі нүктені скалярға көбейтуге кері операция жоқ, бұл бұл процесті деректерді шифрлау үшін криптографияда қолдануға мүмкіндік береді.



Сурет 2. Графикалық бейнелер: а) симметрия мен кері нүктенің анықтамасы б) қосу амалының анықтамасы.

СОС пайдаланған жағдайда эллиптикалық қисықтардың қасиеттері келесідей толықтырылады:

1. Кері $-A$ нүктесінің координатасы $(-1 \bmod p)$ көбейтіндісіне тең, мұндағы p - ROC негізі. Осылайша, $-A$ координаталары $(x, y \bmod p)$ тең болады,
2. $A(x, y) = A(x, k + y)$, мұндағы k - p санының бүтін еселігі.

Кейбір криптографиялық кілттің қатысуымен кері процесті орындауға мүмкіндік беру үшін эллиптикалық қисық сызықтардағы алгебралық есептеулерді Галуа кеңістігі деп те аталатын шекті

Раздел 3. «Информационно-коммуникационные технологии»

өрістер құрылымына ауыстыруға болады. Бұл алгебралық құрылымда қосу және көбейту амалдары элементтердің ақырлы жиыны арқылы анықталады. Өрістің әрбір элементі берілген арифметикалық операция үшін эквиваленттік кластың өкілі болып табылады, мысалы, қалдық кластар жүйелерінде есептеулерді қолдануға мүмкіндік беретін санға бөлудің қалған бөлігі үшін. Осылайша, ақырлы өрістегі эллиптикалық қисық формуласы келесі пішінді алады:

$$y^2 \bmod p = (x^3 + ax + b) \bmod p,$$

мұндағы p – шекті өрістің ретін анықтайтын негіз, демек, қисық шекті нүктелер жиынының түрін қабылдай алады.

ROC және классикалық санау жүйелері арасындағы түрлендіру. Ақырлы өрісте Галуа алгебрасының есептеулерін қолдануда, негізінен, позициялық және классикалық санау жүйелері арасындағы аудармаға байланысты бірқатар қиындықтар туындайды. ROC негізі кез келген натурал сан болуы мүмкін болғандықтан, санау жүйелері арасында аударудың жалпыланған алгоритмі қажет. Бір санды өзара жай бөлгіштер жиынына бөлудің қалдықтары жиынын табу операциясының бірқатар шешімдері бар, олардың әрқайсысының өзіндік артықшылықтары мен кемшіліктері бар:

1. Қалдықтардың мәндерін бірқатар негіздер бойынша синхронды санау: алгоритмнің логикалық қарапайымдылығымен базаның мәнін өзгерту кезінде қосындылардың басқа санын қосу қажет: операцияның ұзақтығы енгізу операторларының мәндеріне тікелей байланысты,

2. Бөлуден қалдықты алудың аналитикалық процесі: операцияның ұзақтығы база мен бастапқы санның мәндеріне байланысты. Сонымен қатар, бұл әдісті пайдаланып әртүрлі бөлгіштер үшін параллель қалдық есептеулерді жүргізу қиын.

3. Ауыстыру кестесін пайдалану: кіріс аргумент опцияларының аз санымен бұл әдіс ең жылдам болып табылады, өйткені барлық есептеулер кестені құру кезеңінде орындалған, алайда, кестені алып жатқан жады көлемі артады және онымен бірге қажетті кесте мәнін іздеу қажеттілігіне байланысты өнімділік төмендейді; Соңғы факторға FPGA матрицасын ақпаратты тасымалдаушы және деректерді өңдеу модулі ретінде пайдалану арқылы қарсы тұруға болады.

Шығару алдында есептеу нәтижесін RNS-тен классикалық санау жүйесіне қайта түрлендіру керек, оны ортогональды матрицалық түрлендірулер арқылы жасауға болады.

Балама ретінде, санның биттерінің санымен анықталатын уақыт ішінде оның қалдықтарының жиынынан бастапқы санды табуға мүмкіндік беретін Гарнер алгоритмін қолдануға болады: RNS-де A саны келесі түрде берілген деп есептейік:

$$A = x_1 p_1 + \dots + x_n p_n,$$

мұндағы x_p - p_n арқылы бөлгеннен кейінгі қалдық.

Онда RNS абсолюттік мәніне кері сандар жиыны пусть $r_{ij} = (p_i)^{-1}$ болсын.

Содан кейін алгоритмді орындау арқылы A -ны қалпына келтіруге болады (3-сурет):

```
for (int i=0; i<k; ++i) {
    x[i] = a[i];
    for (int j=0; j<i; ++j) {
        x[i] = r[j][i] * (x[i] - x[j]);
    }
    x[i] = x[i] % p[i];
    if (x[i] < 0) x[i] += p[i];
}
}
```

Сурет 3. Гарнер алгоритмінің алгоритмдік сипаттамасы.

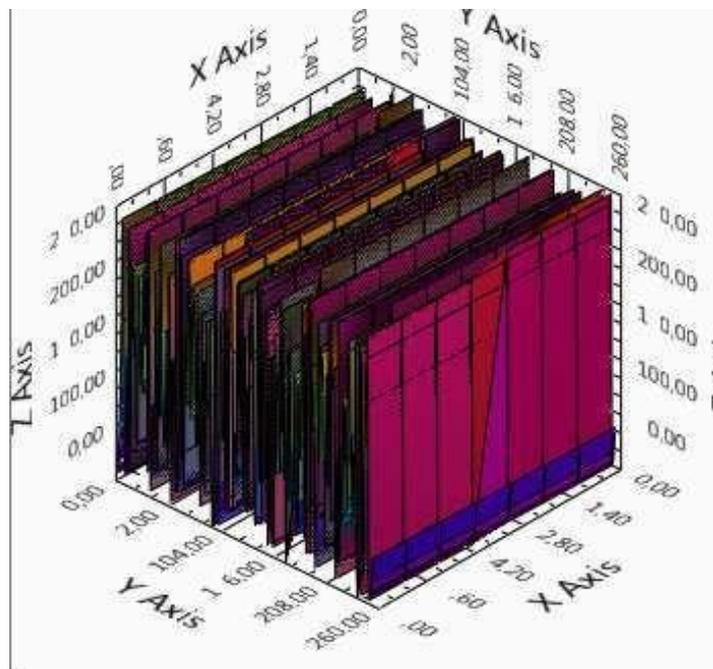
Алгоритмнің күрделілігі $O(n^2)$ болып табылады, бұл RNS негіздерінің шағын мәндері бар есептеулерде артықшылық алуға мүмкіндік береді.

Раздел 3. «Информационно-коммуникационные технологии»

Нәтижелерді сынау.

Xilinx Virtex-5 FPGA-мен жабдықталған NI PXIe-7962R модулі алмастыру кестелерін пайдалана отырып, есептеулер көлемін азайту үшін қалдық класс жүйесінің принциптерін пайдалана отырып, эллиптикалық қисық есептеу алгоритмін практикалық жүзеге асыру үшін есептеу құрылғысы ретінде пайдаланылды. Алгоритмнің тиімділігін бағалау үшін 8-биттік айнымалылармен жұмыс істеуге арналған модификация әзірленді (ROC негіздеріне негізделген).

Құрастырылған екі өлшемді ауыстыру кестесі берілген негіздер үшін эллиптикалық қисық мәндерінің барлық ықтимал нұсқаларын қамтиды; Эллиптикалық қисықтар $\{239 \text{ шекті өрісте } a, b = \{0, 1..7\} \text{ шегінде қарастырылды. } 241..251\}$. Бағдарлама берілген санды RNS жиынына аударды, синхронды санау әдісін қолданып эллиптикалық қисық сызықтардағы жүйе элементтерінің мәндерін есептеді және Гарнер әдісі арқылы кері түрлендіруді орындады. 8 разрядты сандар үшін FPGA шинасын синхрондау сигналының генераторының бір циклінде шекті өрісте көбейту-бөлу амалдарын орындау мүмкіндігімен ұсынылған есептеу алгоритмінің тиімділігі көрсетілген. Бұл алгоритмді практикалық қолдану қазіргі уақытта төмен тиімділікпен және сандарды RNS және кері түрлендіру процестерінің жоғары математикалық күрделілігімен қиындады.



Сурет 4. $a = 3$ үшін эллиптикалық қисығының квадраттық модулінің соңғы өрісіндегі мәндердің матрицасы.

Қорытынды

Ортогональды түрлендірулер үшін жоғары жылдамдықты көбейту-бөлу амалдарының алгоритмдеріне талдау жүргізілді, оны Галуа кеңістігіндегі есептеулерді және қалдық кластар жүйесін қолдану арқылы іс жүзінде оңтайландыруға болады. Зерттеу және оңтайландыру объектісі ретінде эллиптикалық қисық сызықтарға негізделген шифрлау алгоритмі таңдалды, өйткені ROC пайдалану мақсатында ол үшін LUT құрастыру тиімді алгоритмденеді және ROC негізін өзгерту кезінде де, қисық параметрлерін өзгерту кезінде де ұзақ қайталауды қажет етпейді.

Тестілеу барысында $GF(2^m)$ Галуа кеңістігіндегі $GF(2^m)$ санның RNS-те көрсетілген элементтерінің көбейту-бөлу амалдары шын мәнінде бір уақытта орындалғаны анықталды. Сонымен қатар, бір сан үшін осы операциялардың жалпы орындалу уақыты құрылғының бір тактілік цикліне тең болды. Энергия үнемдейтін графикалық процессорлар мен модульдер үшін FFT модульдерін ағынды есептеу технологиясы бойынша зерттеу нәтижелерін енгізу қызығушылық тудырады.

Раздел 3. «Информационно-коммуникационные технологии»

Әдебиеттер тізімі

1. Финко О.А. Параллель логикалық есептеулердің модульдік арифметикасы: Монография – М.: РҒА ИПУ, 2003. – 214 б;
2. Блейхут Р. Сандық сигналдарды өңдеудің жылдам алгоритмдері. Транс. ағылшын тілінен М.: Мир, 1989. - 448 б;
3. Коблиц Н. Сандар теориясы және криптография курсы: ағылшын тілінен аударма. М.А.Михайлова және В.Е.Тараканов / Ред. Зубкова А.М. — Мәскеу: ТВП Ғылыми баспасы, 2001. — 260 б.

Д.М. Амангельды, В.Д. Николенко

Расчет эллиптических кривых на основе FPGA

Статья посвящена вычислительным методам, использующим принципы расчета в системе классов остатков, которые имеют преимущество в производительности в случае предельного поля значений. Описаны возможные области применения и обоснована необходимость оптимизации расчетов. Информация о тестировании метода с использованием FPGA в качестве вычислительного устройства.

Ключевые слова: алгебра Галуа, система остаточных классов, эллиптические кривые, FPGA.

D.M. Amangeldy, V.D. Nikolenko

Calculation of elliptic curves based on FPGA

The article is devoted to calculation methods that use the principles of calculation in a system of residual classes with an advantage in performance in the conditions of a marginal field of values. Possible areas of application are described and the need to optimize calculations is justified. Information on testing the method using FPGA as a computing device is provided.

Keywords: Galois algebra, residual class system, elliptic curves, FPGA.

References

1. Finko O. A. modular arithmetic of parallel logical calculations: monograph-M.: IPU Ras, 2003. - 214 P.;
2. Bleyhut R. fast algorithms for processing digital signals. Trans. from English M.: Mir, 1989. - 448 P;
3. Koblitz N. Course Number Theory and cryptography: translation from English. M. A. Mikhailova and V. E. Tarakanov / Ed. Zubkova a.m.-Moscow: TVP scientific publishing house, 2001 - 260 P.

Раздел 3. «Информационно-коммуникационные технологии»FTAMP 28.23.15
ЭОЖ 004.056.5DOI: [10.53002/076](https://doi.org/10.53002/076)

Э.В. Харин

*Карагандинский индустриальный университет, г. Темиртау
(E-mail: e.kharin@ttu.edu.kz)***MAC қауіпсіздігіндегі протоколдары және оның желілік қауіпсіздігіндегі рөлі**

Media Access Control (MAC) деңгейі желілік байланыстың маңызды құрамдас бөлігі болып табылады, ол құрылғылардың ортақ орта арқылы деректерге қол жеткізу және беру жолын басқаруға жауап береді. Бұл құжат қауіпсіздік мәселелерін шешу кезінде деректерді тиімді тасымалдауды жеңілдететін Ethernet және Wi-Fi сияқты негізгі MAC деңгейі протоколдарын зерттейді. Өртүрлі сенім механизмдерімен, соның ішінде аутентификация хаттамалары мен қауіпсіздікті арттыратын шифрлау әдістерімен қатар MAC деңгейінің осалдықтары, мысалы, MAC спуфинг және VLAN секіру талқыланады. Бұл тетіктерді енгізу MAC деңгейінің осалдықтарымен байланысты тәуекелдерді айтарлықтай азайтып, желі қауіпсіздігі мен жалпы тұтастығын күшейтуге ықпал етеді.

Түйін сөздер: MAC деңгейі, желілік қауіпсіздік, Ethernet, Wi-Fi, MAC спуфинг, VLAN секіру, сенім механизмдері, аутентификация протоколдары, шифрлау, MACsec, желінің осалдықтары.

Kipicne

Media Access Control (MAC) деңгейі OSI моделінің негізгі құрамдас бөлігі болып табылады, ол желідегі құрылғылардың байланыс ортасына қатынасу жолын басқаруға жауапты екінші деңгей ретінде қызмет етеді. Ол маңызды желілік хаттамаларды басқару арқылы деректерді тиімді тасымалдауды қамтамасыз етуде шешуші рөл атқарады. Мысалы, Ethernet сымды желілер арқылы деректерді жіберуді басқару үшін Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection (CSMA/CD) пайдаланады, ал Wi-Fi сымсыз байланыс үшін Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance (CSMA/CA) пайдаланады. Бұл хаттамалар деректердің соқтығысуын болдырмау және желіге кіруді басқару арқылы желінің тиімділігі мен сенімділігін қолдау үшін өте маңызды [5, б. 8–9].

MAC деңгейіндегі қауіпсіздік мәселелері.

MAC деңгейі ең алдымен өзіне тән осалдықтарына байланысты күрделі қауіпсіздік мәселелеріне тап болады. Бұл қиындықтар желілік байланыс хаттамаларының іргелі дизайнынан және заманауи желілік инфрақұрылымдардың күрделене түсуінен туындайды.

MAC жалғандығы зиянкестер өздерінің құрылғыларының MAC мекенжайын өзгертіп, рұқсатсыз желіге қол жеткізе отырып, заңды құрылғылардың кейбіне енетін маңызды қауіп болып табылады. Бұл әдіс көптеген желілік қауіпсіздік механизмдерінің сенімге негізделген сипатын пайдаланады. Сенімді құрылғының MAC мекенжайын имитациялау арқылы зиянды әрекетшілер дәстүрлі кіруді басқару элементтерін айналып өтіп, шектеулі желі сегменттеріне кіруге немесе сезімтал байланыстарды ұстауға мүмкіндік алады [12, б. 3].

VLAN Hopping – шабуылдаушыларға желі трафигін сегменттеуге арналған қауіпсіздік шараларын айналып өтіп, пакеттерді әртүрлі VLAN желілеріне жіберуге мүмкіндік беретін жетілдірілген шабуыл әдісі. Әдетте, VLAN секіру екі негізгі әдіс арқылы жүзеге асады: ауыстырып-қосқыш спуфинг және қос тегтеу. Коммутатордың спуфингінде шабуылдаушылар өздерінің желілік интерфейсін магистральдық режимге конфигурациялайды, мүмкін бірнеше VLAN желісіне қол жеткізе алады. Қос таңбалау желіні оқшаулау принциптерін тиімді айналып өтіп, VLAN шекараларын кесіп өтетін арнайы жобаланған желі пакеттерін жасауды қамтиды [7].

Раздел 3. «Информационно-коммуникационные технологии»

Осы арнайы шабуыл векторларынан басқа, MAC деңгейі қауіпсіздік мәселелерінің кең спектріне қарсы тұрады. РЖ кептелу шабуылдары, әсіресе сымсыз желілерде маңызды қауіп болып табылады. Бұл шабуылдар сымсыз байланыс жиіліктеріне әдейі кедергі жасауды, желі қосылымын әлеуетті бұзуды немесе күрделі енулер үшін осалдықтарды жасауды қамтиды [1, б. 1].

Man-in-the-Middle (MitM) шабуылдары MAC деңгейінде де маңызды алаңдаушылық тудырады. Осы іргелі деңгейде желілік трафикті ұстау және ықтимал манипуляциялау арқылы шабуылдаушылар коммуникацияларды тыңдай алады, зиянды мазмұнды енгізе алады немесе бұзылған соңғы нүктелер арқылы желілік трафикті қайта бағыттап алады [2].

Address Resolution Protocol (ARP) кәшті улану тағы бір күрделі шабуыл әдісін ұсынады. Жалған ARP хабарламаларын жіберу арқылы шабуылдаушылар өздерінің MAC мекенжайын заңды IP мекенжайларымен байланыстыра алады, бұл оларға желілік байланыстарды ұстап тұруға және трафикті өз құрылғылары арқылы ықтимал қайта бағыттауға мүмкіндік береді [11].

Осы MAC деңгейінің қауіпсіздік мәселелерінен қорғау көп деңгейлі тәсілді қажет етеді. Желі әкімшілері қатаң MAC мекенжайын сүзгілеуді енгізу, 802.1X аутентификация механизмдерін пайдалану, динамикалық ARP тексеруін конфигурациялау, желі коммутаторларындағы порт қауіпсіздік мүмкіндіктерін пайдалану, желілік инфрақұрылым микробағдарламасын жүйелі түрде жаңарту және кешенді желі мониторингі мен аномалияларды анықтау жүйелерін енгізу сияқты сенімді қауіпсіздік шараларын орындауы керек.

Желілік технологиялар дамып келе жатқандықтан, MAC деңгейінің қауіпсіздігі өздерінің цифрлық инфрақұрылымын барған сайын күрделі киберқауіптерден қорғауға ұмтылатын ұйымдар үшін маңызды мәселе болып қала береді.

Методология. MAC деңгейі құрылғылардың желілік ортаға кіру жолын басқару үшін өте маңызды. Дегенмен, ол желі қауіпсіздігі мен өнімділігіне әсер ететін шабуылдаушылар пайдаланатын әртүрлі осалдықтарға бейім. Бұл бөлім Ethernet, Wi-Fi, Zigbee және Bluetooth [3] сияқты MAC деңгейлерінің әртүрлі протоколдарындағы осы осалдықтарды зерттейді.

Жалпы осалдықтар. Ethernet маңызды қауіпсіздік мәселелерін ұсынады. MAC Spoofing шабуылдаушыларға рұқсат етілмеген кіруге ие болып, заңды құрылғылардың атын шығару үшін өздерінің MAC мекенжайларын өзгертуге мүмкіндік береді. VLAN Hopping — зиянды әрекетшілер VLAN конфигурацияларын тиісті рұқсатсыз VLAN желілері арасында пакеттерді жіберу үшін пайдаланатын тағы бір маңызды осалдық [4].

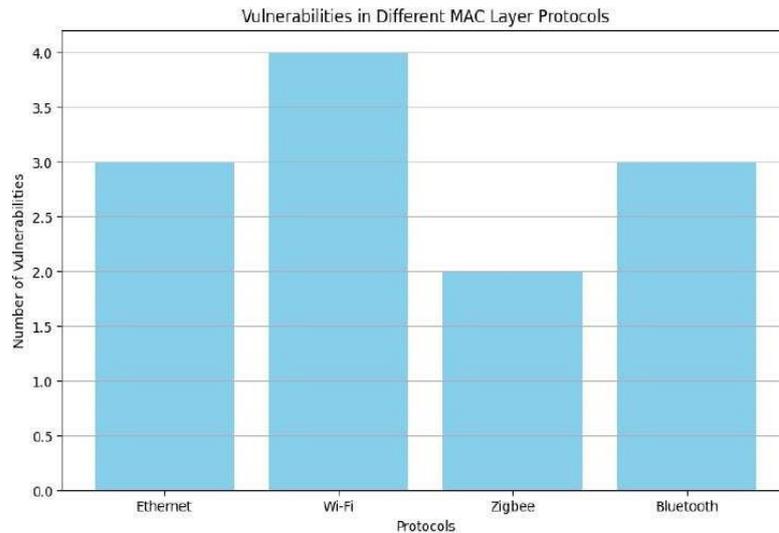
Wi-Fi желілері әртүрлі қауіптерге, соның ішінде жалған аутентификация кадрларын жіберу арқылы құрылғыларды ажыратуға мәжбүрлейтін аутентификация шабуылдарына тап болады. Қауіпсіздік конфигурацияларының әлсіздігіне байланысты шабуылдаушылар шифрланбаған деректерді ұстай отырып, тыңдау тұрақты қауіп болып қала береді [4].

Zigb протоколдары кілттерді басқару ақауларына осал, мұнда шифрлау кілттерін қауіпсіз сақтау және беру рұқсатсыз кіруге әкелуі мүмкін. Желінің кептелуі тағы бір маңызды қауіп төндіреді, шабуылдаушылар желіге кедергі келтіріп, байланысты бұзады [6].

Bluetooth технологиясы қауіпсіздік қауіптеріне қарсы емес. Bluejacking Bluetooth қосылған құрылғыларға қажетсіз хабарларды жіберуге мүмкіндік береді, ал Bluesnarfing Bluetooth құрылғыларында сақталған ақпаратқа рұқсатсыз кіруге мүмкіндік береді [3].

Бұл осалдықтар ықтимал бұзушылықтар мен рұқсатсыз кіруден қорғау үшін сенімді қауіпсіздік шаралары мен әртүрлі желілік протоколдар арқылы үздіксіз бақылаудың маңызды қажеттілігін көрсетеді.

Раздел 3. «Информационно-коммуникационные технологии»



Сурет 1. Әртүрлі MAC деңгей хаттамаларындағы осалдықтар.

Бұл 1-сурет MAC деңгейінің әртүрлі протоколдарымен байланысты осалдықтардың санын көрсетеді:

- Wi-Fi осалдықтардың ең көп санын көрсетеді, бұл ең алдымен оның кеңінен таралуына және аутентификация шабуылдары мен тыңдау сияқты ішкі қауіпсіздік мәселелеріне байланысты.
- Ethernet пен Bluetooth жиі спуфингке және деректерге рұқсатсыз кіруге қатысты орташа осалдық деңгейлеріне ие.
- Zigbee аз қуатты IoT қолданбаларына арналған болса да, кілттерді басқару және желіні кептелумен байланысты қиындықтарға тап болады.

Осалдықтардың салдары. MAC деңгейінің осалдықтарының болуы желі қауіпсіздігі мен операциялық тұтастық үшін терең және ауқымды салдарларға әкелуі мүмкін. Мәліметтерді бұзу ең маңызды тәуекелдердің бірі болып табылады, мұнда құпия ақпаратқа рұқсатсыз қол жеткізу ұйымдық құпиялылыққа нұқсан келтіруі мүмкін, маңызды іскерлік, жеке немесе қаржылық деректерді зиянды әрекеттерге жіберуі мүмкін [12, б. 5].

Желідегі үзілістер тағы бір маңызды қиындық тудырады. Кептелу сияқты шабуылдар бүкіл желілік инфрақұрылымдарды уақытша немесе тұрақты түрде жарамсыз етіп, айтарлықтай жұмыс уақытын және ықтимал экономикалық шығындарды тудыруы мүмкін. Бұл үзілістер үздіксіз желі қосылымына қатты сенетін ұйымдар үшін әсіресе жойқын болуы мүмкін [1, б. 4-5].

Ресурстардың сарқылуы тұрақты желілік шабуылдардың нәзік, бірақ әсерлі салдары ретінде пайда болады. Үздіксіз зиянды әрекеттер құрылғы ресурстарын құртуы мүмкін, жалпы желі өнімділігіне айтарлықтай әсер етеді, жүйенің тиімділігін төмендетеді және аппараттық құралдың мерзімінен бұрын нашарлауына әкелуі мүмкін [13, б. 6].

Әсер ету стратегиялары.

Бұл осалдықтарды жою желі қауіпсіздігіне кешенді және белсенді көзқарасты талап етеді. Күшті аутентификация механизмдерін енгізу қорғаныстың маңызды бірінші желісі болып табылады. Күшті аутентификация хаттамалары рұқсатсыз кіру қаупін және желіге ықтимал ену қаупін айтарлықтай төмендеті отырып, құрылғы идентификациясын тиімді тексере алады [13, б. 7].

Жетілдірілген шифрлау әдістері, әсіресе AES сияқты стандарттарды қолдану деректердің тұтастығы мен құпиялылығын қорғауда шешуші рөл атқарады. Желілік коммуникацияларды шифрлау арқылы ұйымдар ұсталған деректерді ықтимал шабуылдаушылар үшін іс жүзінде оқылмайтын ететін қауіпсіздіктің қосымша деңгейін жасай алады [9, б. 5].

Тұрақты қауіпсіздік аудитін жүргізу тағы бір маңызды стратегияны білдіреді. Бұл жүйелі бағалаулар ұйымдарға желіні қорғау механизмдерін үздіксіз жетілдіруді қамтамасыз ете отырып, әлеуетті қауіпсіздік оққылықтарын пайдаланбас бұрын анықтауға және түзетуге көмектеседі.

Осы осалдықтарды түсіну және жою арқылы ұйымдар барлық құрылғыларда сенімді және қауіпсіз байланысты қамтамасыз ете отырып, өз желілерінің қауіпсіздігін арттыра алады. Бұл тәсіл желі

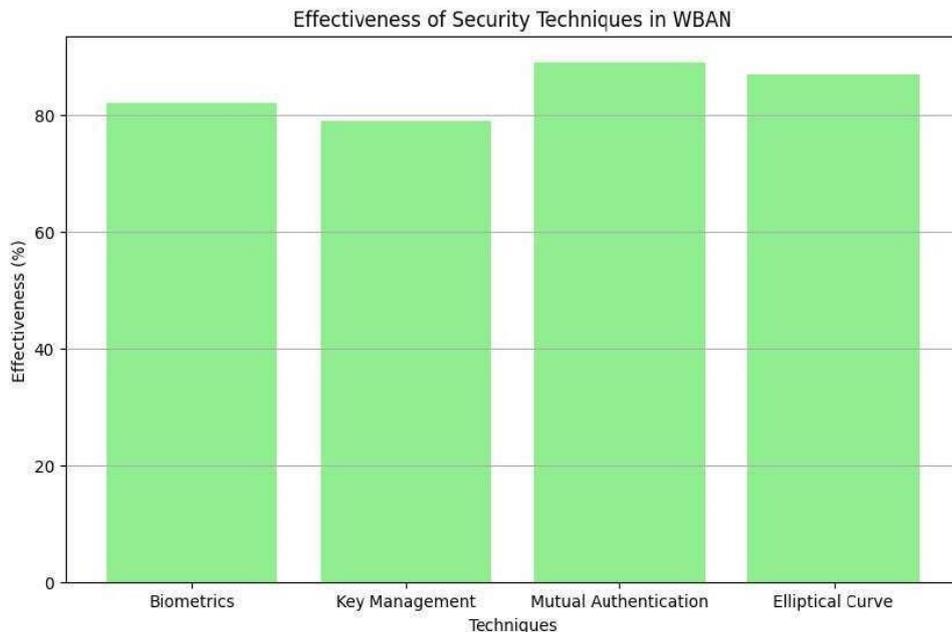
Раздел 3. «Информационно-коммуникационные технологии»

қауіпсіздігін реактивті шарадан жалпы ұйымдық тәуекелдерді басқарудың белсенді, стратегиялық құрамдас бөлігіне айналдырады.

Зерттеу нәтижелері. MAC деңгейіндегі осалдықтарды жою үшін қауіпсіздікті арттыру және желіні сенімді қорғауды қамтамасыз ету үшін әртүрлі сенім механизмдері енгізілді. Бұл механизмдер аутентификацияға, шифрлауға және желілік трафиктің тұтастығына бағытталған.

Аутентификация протоколдары желідегі құрылғылардың идентификациясын тексеруде маңызды рөл атқарады. Бұл хаттамалар желіге тек рұқсат етілген құрылғылардың қол жеткізуін қамтамасыз етеді, бұл MAC спуфингінен және басқа сәйкестікке негізделген шабуылдардан туындайтын қауіптерді азайтады. Мысалдар байланыс орнату алдында бір-бірін аутентификациялауды қажет ететін екі қатынасшы тараптың да сұрау-жауап механизмдерін және өзара аутентификацияны қамтиды. Мұндай хаттамалар құрылғы идентификациясының тұтастығы деректер қауіпсіздігіне тікелей әсер ететін сценарийлерде өте маңызды [10, б. 7].

Шифрлау әдістері деректердің тұтастығын және тасымалдау кезінде құпиялылықты қорғау арқылы қосымша қауіпсіздік деңгейін қамтамасыз етеді. Мысалы, MACsec (Media Access Control Security) - құрылғылар арасындағы трафикті шифрлау арқылы Ethernet қосылымдарын қорғауға арналған 2 деңгейлі шифрлау протоколы. Бұл шабуылдаушылар физикалық желіге қол жеткізген жағдайда да деректерді рұқсатсыз ұстауға жол бермейді [9, б. 3].



Сурет 2. WBAN жүйесіндегі қауіпсіздік техникасының тиімділігі.

2-суретте көрсетілгендей, эллиптикалық қисық криптография (ECC) сияқты шифрлау әдістері сымсыз дене аймағының желілері (WBANs) сияқты шектеулі ресурстары бар орталарда жоғары тиімді. Бұл әдістер күшті шифрлауды төмен есептеу шығындарымен біріктіреді, бұл оларды денсаулық сақтау және IoT қолданбалары үшін әсіресе қолайлы етеді.

Тиімділікті талдау. 2-суретте көрсетілгендей, қауіпсіздіктің әртүрлі әдістері әртүрлі тиімділік дәрежесін көрсетеді:

- Биометрия: пайдаланушы аутентификациясының күшті механизмін қамтамасыз етеді, бірақ биометриялық деректердің дәлдігіне байланысты.
- Кілтті басқару: шифрланған байланыс арналарын қолдау үшін маңызды болып табылатын криптографиялық кілттердің қауіпсіз таралуын және сақталуын қамтамасыз етеді.
- Өзара аутентификация: рұқсатсыз кіруді тиімді болдырмайтын байланыс процесінде екі соңғы нүктені де тексеру арқылы қауіпсіздіктің ең жоғары деңгейлерінің бірін ұсынады.

Раздел 3. «Информационно-коммуникационные технологии»

• Эллиптикалық қисық криптография (ECC): Күшті шифрлау мен төмен қуат тұтыну арасындағы тепе-теңдік арқасында ерекше тиімділікті көрсетеді, бұл оны WBAN және басқа ресурс шектеулі орталар үшін тамаша етеді.

Кейс зерттеулері. Нақты әлемдік енгізулер сенім механизмдерінің тиімділігін одан әрі көрсетеді:

• MACsec пайдаланатын желілер кәсіпорын деңгейіндегі орналастыруларда байқалғандай, MAC су тасқыны шабуылдарына және портты ұрлау оқиғаларына тиімді қарсы тұра алатыны көрсетілген.

• Денсаулық сақтау саласында өзара аутентификация хаттамалары және ECC бар WBANs пациент деректерін қауіпсіз тасымалдауды қамтамасыз етеді, ұстап алу немесе бұрмалау қаупін азайтады [8].

Осы сенім механизмдерін біріктіру арқылы желілер сенімді байланыс пен деректердің тұтастығын қамтамасыз ете отырып, бірқатар қауіпсіздік қатерлеріне қарсы тұрақтылығын айтарлықтай арттыра алады.

Қорытынды.

Media Access Control (MAC) деңгейі технологиялық әлеуетті де, қауіпсіздік мәселелерін де қамтитын желілік байланыстың маңызды түйінін білдіреді. Ethernet желісінен Wi-Fi-ға дейін әрбір протокол MAC спуфинг, VLAN өту және аутентификация шабуылдарын қоса, күрделі шабуылдаушылар пайдалана алатын бірегей осалдықтарды ұсынады. Бұл қауіптер осы іргелі қабаттағы желі қауіпсіздігінің күрделі көрінісін көрсетеді.

MAC деңгейін қамтамасыз ету тек техникалық талап емес, қазіргі заманғы ұйымдар үшін стратегиялық императив болып табылады. Тиімді жұмсарту сенімді аутентификация механизмдерін, кеңейтілген шифрлау әдістерін және қатаң қауіпсіздік аудиттерін біріктіретін көп қырлы тәсілді қажет етеді. Кешенді стратегияларды жүзеге асыру арқылы ұйымдар ықтимал осалдықтарды өздерінің желілік инфрақұрылымын нығайту мүмкіндіктеріне айналдыра алады.

Желілік технологиялар дамып келе жатқанда, MAC деңгейі киберқауіпсіздіктегі маңызды шайқас алаңы болып қала береді. Қауіпсіздігіне басымдық беретін ұйымдар құпия деректерді қорғауға, желінің тұтастығын сақтауға және цифрлық байланыстың барған сайын жетілдірілген ландшафтында шарлауға жақсырақ орналасады. Желілік қауіпсіздіктің болашағы дәлдікпен және тұрақтылықпен пайда болатын қауіптерді болжау, анықтау және оларға жауап беру ептілігін дамытуда жатыр.

Әдебиеттер тізімі

1. Ali, A. S., Baddeley, M., Bariah, L., Lopez, M. A., Lunardi, W. T., Giacalone, J., & Muhaidat, S. (2022). JAMRF: Performance analysis, evaluation, and implementation of RF jamming over Wi-Fi. I.E.E.E. Access, 10, 133370–133384. <https://doi.org/10.1109/access.2022.3230895>;
2. Al-Shareeda, M. A., Anbar, M., Manickam, S., & Hasbullah, I. H. (2020, July 29). Review of Prevention Schemes for Man-In-The-Middle (MITM) Attack in Vehicular Ad hoc Networks. https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3662935;
3. Blancaflor, E., Purificacion, P. M. G., Atienza, R. B., Yao, J. J. M., & Alvarez, D. A. C. (2023). Exploring the depths of Bluetooth attacks: A critical analysis of Bluetooth exploitation and awareness of users. Proceedings of the 2023 6th International Conference on Computing and Big Data (ICCBD), Shanghai, China, 52–59. <https://doi.org/10.1109/ICCBD59843.2023.10607255>;
4. Jiang, Z., Zhao, K., Li, R., Zhao, J., & Du, J. (2020). PHYAlert: Identity spoofing attack detection and prevention for a wireless edge network. Journal of Cloud Computing: Advances, Systems and Applications, 9(5). <https://doi.org/10.1186/s13677-020-0154-7>;
5. Kaur, M., Bajaj, R., & Kaur, N. (2021). A review of MAC layer for wireless body Area Network. Journal of Medical and Biological Engineering, 41(6), 767–804. <https://doi.org/10.1007/s40846-021-00669-1>;

Раздел 3. «Информационно-коммуникационные технологии»

6. Khanji, S., Iqbal, F., & Hung, P. (2019). ZigBsecurity vulnerabilities: Exploration and evaluating. 2019 10th International Conference on Information and Communication Systems (ICICS), 52-57. <https://doi.org/10.1109/IACS.2019.8809115>;
7. Kim, K., & Lee, M. (2018). SNMP-Based Detection of VLAN hopping attack Risk. In Lecture notes in electrical engineering (pp. 267–272). https://doi.org/10.1007/978-981-13-1056-0_28;
8. Lackorzynski, T., Garten, G., Huster, J. S., Köpsell, S., & Hartig, H. (2020). Enabling and optimizing MACsec for industrial environments (Extended abstract). 2020 16th I.E.E.E. International Conference on Factory Communication Systems (WFCS), 1-4. <https://doi.org/10.1109/WFCS47810.2020.9114434>;
9. Oluyede, M. S., Mart, J., Olusola, A., & et al. (2024). The performance analysis of MACsec in different network environments. ScienceOpen Preprints. <https://doi.org/10.14293/PR2199.000736.v1>;
10. Preethichandra, D. M. G., Piyathilaka, L., Izhar, U., Samarasinghe, R., & De Silva, L. C. (2023). Wireless body area networks and their applications—A review. I.E.E.E. Access, 11, 9202–9220. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3239008>;
11. Prabadevi, B., Jeyanthi, N., & Abraham, A. (2019). An analysis of security solutions for ARP poisoning attacks and its effects on medical computing. International Journal of Systems Assurance Engineering and Management, 11(1), 1–14. <https://doi.org/10.1007/s13198-019-00919-1>;
12. Punia, S. K., & Ziya, F. (2019). Study on MAC protocols and attacks: A review. Proceedings of the 2019 6th International Conference on Computing for Sustainable Global Development (INDIACom), New Delhi, India, 621–625. <https://doi.org/10.1109/INDIACom.2019.8745072>;
13. Usman, M., Asghar, M. R., Ansari, I. S., & Qaraqe, M. (2018). Security in wireless body area networks: From in-body to off-body communications. I.E.E.E. Access, 6, 58064–58074. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2018.2873825>

Э.В. Харин

Протоколы безопасности MAC и его роль в сетевой безопасности

Уровень Media Access Control (MAC) является важным компонентом сетевого взаимодействия, который отвечает за управление тем, как устройства получают доступ и передают данные через общую среду. В этом документе исследуются основные протоколы уровня MAC, такие как Ethernet и Wi-Fi, которые облегчают эффективную передачу данных при решении проблем безопасности. Наряду с различными механизмами доверия, включая протоколы аутентификации и методы шифрования, повышающие безопасность, обсуждаются уязвимости уровня MAC, такие как спуфинг MAC и переход VLAN. Внедрение этих механизмов значительно снизит риски, связанные с уязвимостями уровня MAC, и будет способствовать повышению сетевой безопасности и общей целостности.

Ключевые слова: уровень MAC, сетевая безопасность, Ethernet, Wi-Fi, спуфинг MAC, переход VLAN, механизмы доверия, протоколы аутентификации, шифрование, MACsec, сетевые уязвимости.

E.V. Kharin

Mac security protocols and its role in network security

The Media Access Control (MAC) layer is an important component of network communication, which is responsible for controlling the way devices access and transmit data through a shared environment. This document explores basic MAC layer protocols such as Ethernet and Wi-Fi, which make it easier to transfer data efficiently while addressing security issues. Along with various trust mechanisms, including authentication protocols and encryption methods that increase security, MAC-level vulnerabilities such as MAC spoofing and VLAN hopping are discussed. The implementation of these mechanisms will significantly reduce the risks associated

Раздел 3. «Информационно-коммуникационные технологии»

with MAC-level vulnerabilities and contribute to strengthening network security and overall integrity.

Keywords: MAC level, network security, Ethernet, Wi-Fi, MAC spoofing, VLAN jump, trust mechanisms, authentication protocols, encryption, MACsec, network vulnerabilities.

References

1. Ali, A. S., Baddeley, M., Bariah, L., Lopez, M. A., Lunardi, W. T., Giacalone, J., & Muhaidat, S. (2022). JAMRF: Performance analysis, evaluation, and implementation of RF jamming over Wi-Fi. *I.E.E.E. Access*, 10, 133370–133384. <https://doi.org/10.1109/access.2022.3230895>;
2. Al-Shareeda, M. A., Anbar, M., Manickam, S., & Hasbullah, I. H. (2020, July 29). Review of Prevention Schemes for Man-In-The-Middle (MITM) Attack in Vehicular Ad hoc Networks. https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3662935;
3. Blancaflor, E., Purificacion, P. M. G., Atienza, R. B., Yao, J. J. M., & Alvarez, D. A. C. (2023). Exploring the depths of Bluetooth attacks: A critical analysis of Bluetooth exploitation and awareness of users. *Proceedings of the 2023 6th International Conference on Computing and Big Data (ICCBD)*, Shanghai, China, 52–59. <https://doi.org/10.1109/ICCBD59843.2023.10607255>;
4. Jiang, Z., Zhao, K., Li, R., Zhao, J., & Du, J. (2020). PHYAlert: Identity spoofing attack detection and prevention for a wireless edge network. *Journal of Cloud Computing: Advances, Systems and Applications*, 9(5). <https://doi.org/10.1186/s13677-020-0154-7>;
5. Kaur, M., Bajaj, R., & Kaur, N. (2021). A review of MAC layer for wireless body Area Network. *Journal of Medical and Biological Engineering*, 41(6), 767–804. <https://doi.org/10.1007/s40846-021-00669-1>;
6. Khanji, S., Iqbal, F., & Hung, P. (2019). ZigBsecurity vulnerabilities: Exploration and evaluating. *2019 10th International Conference on Information and Communication Systems (ICICS)*, 52–57. <https://doi.org/10.1109/IACS.2019.8809115>;
7. Kim, K., & Lee, M. (2018). SNMP-Based Detection of VLAN hopping attack Risk. In *Lecture notes in electrical engineering* (pp. 267–272). https://doi.org/10.1007/978-981-13-1056-0_28;
8. Lackorzynski, T., Garten, G., Huster, J. S., Köpsell, S., & Hartig, H. (2020). Enabling and optimizing MACsec for industrial environments (Extended abstract). *2020 16th I.E.E.E. International Conference on Factory Communication Systems (WFCS)*, 1–4. <https://doi.org/10.1109/WFCS47810.2020.9114434>;
9. Oluyede, M. S., Mart, J., Olusola, A., & et al. (2024). The performance analysis of MACsec in different network environments. *ScienceOpen Preprints*. <https://doi.org/10.14293/PR2199.000736.v1>;
10. Preethichandra, D. M. G., Piyathilaka, L., Izhar, U., Samarasinghe, R., & De Silva, L. C. (2023). Wireless body area networks and their applications—A review. *I.E.E.E. Access*, 11, 9202–9220. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3239008>;
11. Prabadevi, B., Jeyanthi, N., & Abraham, A. (2019). An analysis of security solutions for ARP poisoning attacks and its effects on medical computing. *International Journal of Systems Assurance Engineering and Management*, 11(1), 1–14. <https://doi.org/10.1007/s13198-019-00919-1>;
12. Punia, S. K., & Ziya, F. (2019). Study on MAC protocols and attacks: A review. *Proceedings of the 2019 6th International Conference on Computing for Sustainable Global Development (INDIACom)*, New Delhi, India, 621–625. <https://doi.org/10.1109/INDIACom.2019.8745072>;
13. Usman, M., Asghar, M. R., Ansari, I. S., & Qaraqe, M. (2018). Security in wireless body area networks: From in-body to off-body communications. *I.E.E.E. Access*, 6, 58064–58074. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2018.2873825>

Раздел 3. «Информационно-коммуникационные технологии»

FTAMP 28.17.25
ЭОЖ 004.65

DOI: [10.53002/076](https://doi.org/10.53002/076)

В.С. Луценко, Ю.С. Клопов, А.У. Алжанов

*Карагандинский индустриальный университет, г. Темиртау
(E-mail: a.alzhanov@ttu.edu.kz)*

SPRING FRAMEWORK және POSTGRESQL негізіндегі микроқызметтерде деректердің дәрістілігін қамтамасыз етудің тиімді әдістері

Жұмыс Java/Spring Framework және PostgreSQL платформасына негізделген микросервис архитектурасында транзакцияларды өңдеуді оңтайландыру әдістерін қарастырады. Транзакция қақтығыстары, тығырықтанулар және үстеме шығындар сияқты бір мезгілде деректерге қол жеткізумен байланысты негізгі мәселелерді сипаттайды. Оқшаулау деңгейлерін, оптимистік және пессимистік құлыптарды қолдануды қоса алғанда, транзакцияларды басқарудың әртүрлі тәсілдеріне талдау жүргізіледі. Алынған деректер негізінде деректердің сәйкестігін қамтамасыз ету және бәсекелестік қателерді болдырмаудың тиімді әдістері ұсынылады. Зерттеу нәтижелері сенімді және тиімді деректерді өңдеуді қажет ететін жоғары жүктемелі микросервис қосымшаларын әзірлеу үшін пайдалы болуы мүмкін.

Түйін сөздер: микросервистер, транзакциялар, деректер консистенциясы, оқшаулау деңгейлері, оптимистік құлыптау, пессимистік құлыптау, параллельді бақылау, жоғары жүктеме жүйелері, импотенттілік, тұйықталулар, өнімділік, масштабтау.

Кіріспе

Микросервис архитектурасына негізделген заманауи жоғары жүктемелі қолданбалар икемділік, масштабтау және өнімділікті сақтай отырып, деректердің жоғары үйлесімділігін талап етеді. Микросервистерді пайдалану күрделі жүйелерді бөлек әзірлеуге, орналастыруға және масштабтауға болатын бөлек, тәуелсіз компоненттерге бөлуге мүмкіндік береді. Дегенмен, мұндай бөлу, әсіресе деректердің сәйкестігі мен транзакцияны басқару контекстінде жаңа қиындықтарды тудырады [3, б. 54].

Микросервис архитектурасында әрбір қолданба өзінің дерекқорларын пайдалана алады, асинхронды хабарламалар немесе REST API арқылы басқа компоненттермен әрекеттесе алады. Бұл деректер тұтастығына қауіп төндіреді, өйткені қызметтер арасындағы өзара әрекеттесулер жоғары қатарлас орталарда орын алады және жиі асинхронды болады. Мысалы, ретсіз дерекқор жазбалары және ағындар арасындағы жарыстар дұрыс емес деректерге әкелуі мүмкін, бұл әсіресе қаржылық, медициналық және аналитикалық жүйелер үшін өте маңызды.

Микросервис қосымшаларын әзірлеу үшін кеңінен қолданылатын Java фреймворктерінің бірі дерекқормен жұмысты жеңілдету және деректер күйін басқару үшін барлық құралдарды қамтамасыз ететін Spring Framework болып табылады [2, б. [225]. Дегенмен, олармен қалай жұмыс істеу керектігін түсінбеу дұрыс емес нәтижелерге және жүйе тиімділігінің төмендеуіне әкелуі мүмкін.

Бұл зерттеу Spring Framework және PostgreSQL негізіндегі микросервис архитектурасында деректердің сәйкестігін қамтамасыз ету әдістерін талдауға, сондай-ақ жоғары жүктемелі жүйелерде пайдаланудың ең тиімді тәсілдерін анықтауға арналған. Және ол қаржылық, аналитикалық және кәсіпорын шешімдері сияқты заманауи жоғары жүктемелі жүйелер үшін маңызды болып табылатын микросервис қосымшаларының тұрақтылығы мен өнімділігін арттыруға бағытталған.

Мәселені анықтау үшін қарапайым өтініш жазылды, оның жалғыз мақсаты техникалық конференция тыңдаушыларының спикерлерге берген «лайктарын» жазу болып табылады. Лайк, өз кезегінде баяндама тақырыбы бойынша жиналады. Қызмет коды 1-суретте көрсетілген.

Раздел 3. «Информационно-коммуникационные технологии»

```

public void addLikesToSpeaker(Likes likes) {
    speakersRepository.findByTalkName(likes.getTalkName())
        .ifPresentOrElse(speaker -> {
            speaker.setLikes(speaker.getLikes() + likes.getLikes());
            speakersRepository.save(speaker);
            log.info("{} likes successfully added", likes.getLikes());
        }, () -> {
            log.warn("Speaker with talk {} not found",
                likes.getTalkName());
        });
}

```

Сурет 1. Қарастырылып отырған қызметтің әдіс коды.

Қызмет жұмыс істейтін деректер қоры кестесінің түрі 1-кестеде көрсетілген.

Кесте 1. Тесттерді іске қосу алдында кестенің дерекқордағы көрінісі.

id	first_name	last_name	talk_name	likes	updated
1	Myrkymbai	Kyrtymbai	Spring best practice	0	2025-02-14 13:06:13:021

Қолданбаны сынау үшін біз ашық бастапқы бағдарламалық құралды қолданамыз – Gatling және қолданбамызға арналған «Көктемдегі ең жақсы тәжірибе» есебі үшін хабар брокерінің тақырыбына ұнатулары бар 2 мың хабарлама жіберетін жазбаша тест. Қолданбаның хабарламаларын оқу 5 ағында болады. Тесттерді аяқтағаннан кейін барлық «ұнатулар» қосылмағанын, атап айтқанда шамамен 57% жоғалғанын көруге болады. 2 кестені қараңыз.

Кесте 2. Бірінші сынақтан кейін кестені мәліметтер базасында көрсету.

id	first_name	last_name	talk_name	likes	updated
1	Myrkymbai	Kyrtymbai	Spring best practice	851	2025-02-14 13:25:10:280

Бұл мәселе жазбаша өтініште транзакцияны басқарудың болмауына байланысты туындайды. Жазбаша қызмет басқа 4 ағында (хабарлар 5 ағында тұтынылады) дәл осындай әрекеттің орындалуы мүмкін екеніне назар аудармай, деректер базасынан ұнатулар өрісінің мәнін оқиды және оған сұрауда алынған ұнатулар санын қосады және қайта жазу орын алады. Яғни, бір мән бірден 5 ағында бір уақытта оқылады, бірақ өңдеуге ең көп уақыт кеткен соңғы мән ғана жазылады.

Бұл мәселені қолданбамызда транзакцияны дұрыс басқаруды орнату арқылы шешуге болады. Транзакция – бұл деректермен жұмыс істеудің логикалық бірлігін білдіретін дәйекті дерекқор операцияларының тобы. Транзакция деректер тұтастығын сақтай отырып және басқа параллельдік транзакциялардан тәуелсіз толық және сәтті орындалуы мүмкін немесе мүлде орындалмауы мүмкін, бұл жағдайда оның ешқандай әсері болмауы керек.

Spring Framework транзакциялармен жұмыс істеу үшін барлық қажетті құралдарды ұсынады, сонымен қатар дерекқормен жұмыс істеу үшін барлық қажетті абстракцияларды қамтамасыз ететін Spring Data JPA жобасын ұсынады. PostgreSQL сонымен қатар оқшаулау құралдарын пайдалана отырып, ACID (Atomicity, Consistency, Isolation, Reliability) транзакцияларын жүзеге асыруды

Раздел 3. «Информационно-коммуникационные технологии»

толығымен қолдайды [6, б. [157]. Дегенмен, сіз тек қана рамкаға сене алмайсыз, ол барлық жұмысты өзі орындамайды және оған транзакциямен қалай жұмыс істеу керектігін түсіндіру керек.

Spring Framework-тегі пайдалы құралдардың бірі @Transactional аннотациясы болып табылады, дегенмен, егер бұл аннотацияны жазбаша қолданбада дерекқор әдісіне орнатсақ, бұл жағдайды нашарлатады және біз үлкен шығындарға тап боламыз. Мәліметтер базасында транзакцияны оқшаулаудың 4 деңгейі бар, олардың әрқайсысы параллель транзакциялар арасындағы қолайлы өзара әрекеттесу дәрежесін және өнімділік пен бір мезгілде қателерден қорғау деңгейі арасындағы теңгерімдерді анықтайды:

1. Read Uncommitted – транзакция басқа транзакциямен әлі жасалмаған деректерді оқи алады (лас оқу).

2. Оқу орындалды – транзакция тек басқа транзакциялармен жасалған өзгерістерді көреді. Лас оқуларға жол берілмейді, бірақ қайталанбайтын оқулар мәселе болуы мүмкін.

3. Қайталанатын оқу – транзакция басында оқылған деректер аяқталғанға дейін өзгеріссіз қалуына кепілдік береді. Бұл лас оқуларға да, қайталанбайтын оқуларға да жол бермейді.

4. Сериализацияланатын – транзакциялардың толық сериялануын қамтамасыз ететін оқшаулаудың ең жоғары деңгейі. Барлық параллельді транзакциялар ретімен орындалғандай орындалады. Бұл деңгей деректердің максималды сәйкестігіне кепілдік береді [5, б. 47].

Сәйкесінше, пайдаланылған оқшаулау деңгейі неғұрлым жоғары болса, дерекқор соғұрлым көп жұмыс істеуі керек, осылайша өнімділікті төмендетеді, бірақ деректер сәйкестігін жақсартады. PostgreSQL Read Uncommitted функциясына қолдау көрсетпейді, ал ең төменгі және әдепкі мән Read Committed болып табылады және сипаттамадан көріп отырғаныңыздай, бұл деңгей біздің қолданбаны бір мезгілде оқу мен жазудан қорғамайды.

Қолданба конфигурациясындағы оқшаулау деңгейін Қайталанатын оқуға орнату арқылы біз іс жүзінде ешқандай шығын қалмағанын көреміз, кесте 3.

Кесте 3. Қайталанатын оқудағы екінші сынақтан кейін дерекқордағы кесте көрінісі

id	first_name	last_name	talk_name	likes	updated
1	Myrkymbai	Kyrtymbai	Spring best practice	1996	2025-02-14 14:01:04:340

Дегенмен, 4 «ұнату» деректерінің жоғалуы әлі де орын алады және қолданба қателері журналын қарасаңыз, келесі хабарды көре аласыз: «Бір мезгілде жаңартуға байланысты кіруді сериялау мүмкін болмады.» Бұл дерекқор бізге деректерді қайта жазуға мүмкіндік бермеді, бірақ деректердің өзі жоғалды. Бұл қатені Spring Retry жобасын пайдалану және қайталау әдісін қолданбамыздағы @Retry аннотациясымен белгілеу арқылы түзетуге болады, осылайша проблемалық жазу әрекетін қайталап көріңіз. Тағы бір сынақты өткізгеннен кейін дерекқорда барлық 2000 лайк орнатылғанын көруге болады.

Оқшаулау деңгейіне ауысқанда дәл осындай нәтижелер алынды - Серияланатын, өйткені ДҚ өзі барлық параллель транзакцияларды кезекке орналастырады.

Дегенмен, дерекқордағы транзакцияны оқшаулау режимін өзгертуді қажет етпейтін тағы бір шешім бар, атап айтқанда, құлыптарды пайдалану. Көп пайдаланушылық жүйелерде деректерге қол жеткізуді басқару үшін қолданылатын құлыптардың 2 түрі бар:

- Оптимистік құлыптау – транзакциялар арасындағы қайшылықтар аз болады деп болжайды. Бұл тәсіл қолданба деңгейінде жұмыс істейді және деректер нұсқасына негізделген.

- Пессимистік құлыптау транзакциялар арасында көптеген қақтығыстар болатынын болжайды және олардың алдын ала алдын алу қажет. Бұл тәсіл дерекқор деңгейінде жұмыс істейді және «ТАҢДАУ ... ҮШІН ЖАҢАРТУ» синтаксисін пайдаланады [1. бірге. 305]

Сипатталған мәселені шешу үшін оптимистік құлыптау тәсілін қолдану қолайлы емес, өйткені әдепкі бойынша бәсекелестік жоғары, бірақ эксперименттің тазалығы үшін бұл тәсілді де тексеру

Раздел 3. «Информационно-коммуникационные технологии»

қажет. Қолданбада құлыптарды қолданатын болсақ, онда оқшаулау деңгейін ең төменгі деңгейге орнатуға болады, PostgreSQL жағдайында бұл оқу орындалады. Оптимистік құлыптауды жүзеге асыру үшін @Retry әдісі қалдырылды, бірақ жаңартылған өріс @Version аннотациясымен белгіленді және дерекқордан JPA репозиторийіне жазбаны шығарып алу әдісі @Lock(LockModeType.OPTIMISTIC) белгісімен белгіленді. Енді дерекқорға жаңа мән жазуға әрекет жасағанда, қолданба жаңартылған өрістің жазба оқылған кездегі мәннен қазіргі уақытта ерекшеленетінін тексереді, ал егер айырмашылықтар болса, жазбаның @Retry блогында қайталануын тудыратын ерекше жағдайды шығарады. Тестті өткізгеннен кейін біз тағы да дерекқорда 2000 лайк түрінде сәтті нәтиже алдық.

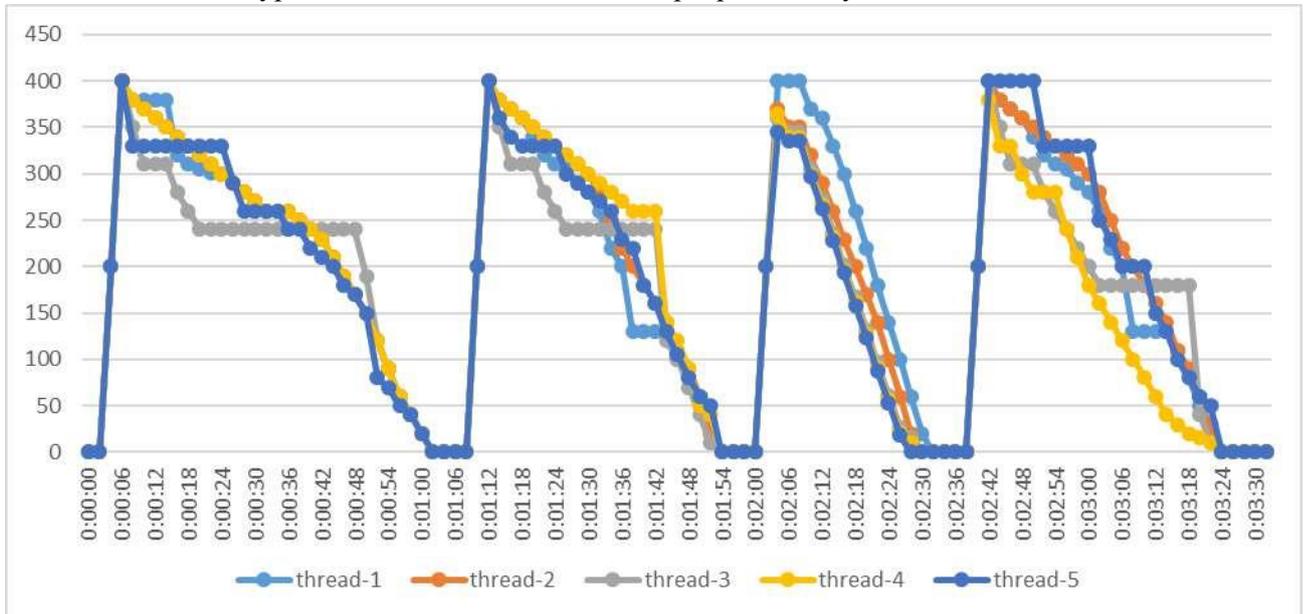
Пессимистік құлыптауды қолдану үшін @Retry блогын жоюға болады және @Version енді қажет емес. Ал дерекқордан деректерді алу әдісі @Lock(LockModeType.PESSIMISTIC_WRITE) арқылы түсіндіріледі. Соңғы сынақты орындағаннан кейін біз дерекқордың қайтадан 4-ші кестенің дәйекті күйінде екенін көреміз.

Кесте 4. Қайталанатын оқудағы екінші сынақтан кейін дерекқордағы кесте көрінісі

id	first_name	last_name	talk_name	likes	updated
1	Myrkymbai	Kyrtymbai	Spring best practice	200	2025-02-14 15:37:40:054

Сипатталған 4 әдістің әрқайсысы мәселені шешті, ол тәжірибе жүзінде расталды, бірақ әрбір тәсілдің өнімділігін бағалау қажет. 2-суретте төрт дәйекті сынақ үшін кезектегі өңделмеген хабарламалар санының уақытқа қатысты графигі көрсетілген.

Сурет 2. 5 ағындағы кезектен хабарларды талдау жылдамдығы.



Солдан оңға қарай:

1. Оқшаулау режимі – Қайталанатын оқу + Қайталау;
2. Оқшаулау режимі – Серияланатын + Қайталау;
3. Оқшаулау режимі – оқу орындалды + пессимистік құлыптау;
4. Оқшаулау режимі – оқуға берілген + оптимистік құлыптау.

Зерттеулер көрсеткендей, деректерге параллель қол жеткізудің үлкен көлемі болуы мүмкін жоғары жүктемелі ортада пессимистік құлыптау өнімділікті жақсартады (деректерді өңдеу

Раздел 3. «Информационно-коммуникационные технологии»

жылдамдығы), сонымен қатар жазылуы қажет код көлемін азайтады. Бұл ерекшеліктерді тастағаннан кейін дерекқордағы жазбаны қайталау логикасына қосымша шақырулардың болмауына байланысты. Дегенмен, параллельділік соншалықты жоғары емес орталарда оптимистік құлыптау немесе оқшаулау деңгейін жай ғана өзгерту өнімділікке көп әсер етпестен мәселені шеше алады.

Қорытынды

Қорытындылай келе, микросервис архитектурасына негізделген жоғары жүктемелі жүйелерде деректердің сәйкестігін қамтамасыз ету – аса маңызды әрі күрделі міндеттердің бірі. Зерттеу барысында Spring Framework пен PostgreSQL құралдарын пайдалана отырып, транзакцияны басқару мен құлыптау тәсілдерінің әртүрлі нұсқалары қарастырылды. Тәжірибелік сынақтар көрсеткендей, оқшаулау деңгейлерін өзгерту, қайталау механизмдерін қолдану, сондай-ақ оптимистік және пессимистік құлыптау әдістері деректердің жоғалу мәселесін шешуге мүмкіндік береді.

Әдістердің әрқайсысы нақты жағдайға байланысты өзіндік артықшылықтар мен шектеулерге ие:

1. Пессимистік құлыптау жоғары жүктемелі ортада өнімділікті сақтай отырып, деректердің жоғалуын болдырмайды және қосымша код көлемін азайтады;
2. Оптимистік құлыптау параллельділік төмен ортада тиімді болып табылады және өнімділікке айтарлықтай әсер етпейді;
3. Оқшаулау деңгейлерін арттыру транзакция қауіпсіздігін күшейтсе де, кей жағдайларда өнімділікті төмендетуі мүмкін;

Сонымен, жоғары жүктемелі микросервистік қосымшаларды әзірлеу кезінде деректердің тұтастығын сақтау үшін таңдалатын әдіс жүйенің жүктеме сипатына, параллельділік деңгейіне және өнімділік талаптарына байланысты болуы тиіс. Бұл жұмыстың нәтижелері қаржылық, медициналық және аналитикалық жүйелер сияқты деректердің дәлдігі аса маңызды салаларда тұрақты әрі сенімді шешімдерді құруға негіз бола алады.

Әдебиеттер тізімі

1. Gamma E., Helm R., Johnson R., Vlissides J. Design Patterns: Elements of Reusable Object-Oriented Software. // 2016 Addison-Wesley Professional, С. 305- 309;
2. Kleppmann M. Designing Data-Intensive Applications: The Big Ideas Behind
3. Reliable Scalable, and Maintainable Systems. // 2017 O'Reilly Media, С. 225-232;
4. Newman S. Building Microservices: Designing Fine-Grained Systems. 2nd
5. Edition. // O'Reilly Media, 2021 С. 53-59;
6. PostgreSQL Global Development Group. PostgreSQL 15.10 Documentation. [Электронный ресурс]. URL: <https://postgresql.org/> (дата обращения: 13.12.2024)., Chapter 13: Concurrency Control;
7. Fowler M. Refactoring: Improving the Design of Existing Code. 2nd Edition. // 2018 Addison-Wesley Professional, С. 47-55;

В.С. Луценко, Ю.С. Клопов, А.У. Алжанов

Эффективные методы обеспечения лекционности данных в МИКРОУСЛУГАХ на основе SPRING FRAMEWORK и POSTGRESQL

В работе рассматриваются методы оптимизации обработки транзакций в архитектуре микросервисов, основанной на платформе Java/Spring Framework и PostgreSQL. Описывает основные проблемы, связанные с одновременным доступом к данным, такие как конфликты транзакций, тупиковые ситуации и накладные расходы. Проводится анализ различных подходов к управлению транзакциями, включая уровни изоляции, использование оптимистических и пессимистических блокировок. На основе полученных данных предлагаются эффективные методы обеспечения согласованности данных и предотвращения конкурентных ошибок. Результаты исследования могут быть полезны для

Раздел 3. «Информационно-коммуникационные технологии»

разработки высоконагруженных микросервисных приложений, требующих надежной и эффективной обработки данных.

Ключевые слова: микросервисы, транзакции, согласованность данных, уровни изоляции, оптимистическая блокировка, пессимистическая блокировка, параллельное отслеживание, системы с высокой нагрузкой, импотенция, замыкания, производительность, масштабируемость.

V.S. Lutsenko, Y.S. Klopov, A.U. Alzhanov

Effective methods for ensuring data integrity in micro-services based on the SPRING FRAMEWORK and POSTGRESQL

The work considers methods for optimizing transaction processing in the microservice architecture based on the Java/Spring Framework and PostgreSQL platform. Describes the main problems associated with simultaneous data access, such as transaction conflicts, deadlocks, and overhead. Analysis of various ways of managing transactions is carried out, including the levels of isolation, the use of optimistic and pessimistic locks. Based on the data obtained, effective methods are proposed to ensure data compliance and avoid competitive errors. The results of the study can be useful for developing high-load microservice applications that require reliable and efficient data processing.

Keywords: microservices, transactions, data consistency, isolation levels, optimistic locking, pessimistic locking, parallel monitoring, high load systems, impotence, dead ends, performance, scaling.

References

1. Gamma E., Helm R., Johnson R., Vlissides J. Дизайн Үлгілері: Қайта пайдалануға болатын Нысанға Бағытталған Бағдарламалық Құрал Элементтері. // 2016 Addison-Wesley Professional, Бірге. 305- 309;
2. Клэрманн М. Деректерді Көп Қажет Ететін Қосымшаларды Жобалау: Артындағы Үлкен Идеялар
3. Сенімді Масштабталатын Және Техникалық қызмет көрсететін Жүйелер. // 2017 О ' Reilly Media, Бірге. 225-232;
4. Newman S. Building Микросервистері: Ұсақ Түйіршікті Жүйелерді Жобалау. 2-ші
5. Басылым. // О ' Рейли Медиа, 2021 Жылдан Бастап. 53-59;
6. PostgreSQL Жаһандық Даму Тобы. PostgreSQL 15.10 Құжаттама. [Электронный ресурс]. МЕКЕН-ЖАЙЫ: <https://postgresql.org/> (қол жеткізілген күні: 13.12.2024)., 13 Тарау: Параллельді Бақылау;
7. Фаулер М. Рефакторинг: Қолданыстағы Кодтың Дизайнын Жетілдіру. 2-Ші Басылым. // 2018 Addison-Wesley Professional, Бірге. 47-55;

Раздел 4

**Экономика.
Общеобразовательные,
социально-
гуманитарные и
фундаментальные
дисциплины**

Раздел 4. «Экономика. Общеобразовательные, социально-гуманитарные и фундаментальные дисциплины»

IRSTI 53.39.15
UDC 669.018.44

DOI [10.53002/078](https://doi.org/10.53002/078)

A.W. Fayez Wazani, Z.S. Gelmanova, A.K. Nurgaliyeva

*Karaganda Industrial University, Temirtau, Kazakhstan
(E-mail: zoyakgiu@mail.ru)*

Integration of payroll projects into the system of banking services for corporate clients

The article analyzes the benefits of the salary project for the bank and the employer, the stages of its implementation, as well as international experience (Germany, Singapore, USA, Poland). A SWOT analysis of the current strategy of Halyk Bank is conducted. Based on the identified problems and digitalization trends, measures are proposed to enhance personalization, develop cross-sales and integrate with HR systems of organizations.

Keywords: salary project, banking services, corporate clients, retention of organizations, Halyk Bank, digitalization, cross-sales, personalization, SWOT analysis.

Introduction.

The modern banking market is characterized by high competition, the need for digital transformation and increasing attention to the quality of service for both retail and corporate clients. One of the strategically important areas of the banking business in these conditions is the development of salary projects. A salary project is not only a means of automating salary payments, but also an effective tool for attracting, retaining and further comprehensive servicing of organizations.

JSC Halyk Bank, as one of the largest banks in Kazakhstan, is actively developing this area. However, current challenges associated with increased competition, changes in customer behavioral preferences and digital technologies require improving approaches to implementing salary projects. It is especially important to ensure high loyalty of organizations, reduce their outflow and increase the volume of additional services provided to employees of enterprises.

Methods and Materials

A salary project is a set of banking services that allows organizations to centrally and automatically transfer salaries to their employees to their individual accounts opened with the bank. Within the framework of a salary project, the bank and the organization enter into an agreement under which the bank assumes the functions of transferring salaries, and also offers the organization's employees access to additional financial products and services [1].

It includes not only settlement and cash services, but also an expanded range of financial products: opening bank accounts, issuing and servicing payment cards, access to online and mobile banking, offers for lending, insurance and investments [2].

From the bank's point of view, the salary project acts as an entry point into relations with corporate clients [3]; as a way to attract individuals – company employees – to the category of salary clients on a mass scale [4]; as a platform for cross-selling retail products: loans, deposits, insurance [5].

The implementation of a salary project in an organization allows for a reduction in the costs of cash transactions [6]; minimization of the risk of errors and thefts when paying salaries [7]; and an increase in the financial satisfaction of employees [8].

Раздел 4. «Экономика. Общеобразовательные, социально-гуманитарные и фундаментальные дисциплины»

For banks in Kazakhstan, including JSC Halyk Bank, the salary project is not only a way to retain organizations in a highly competitive environment, but also a tool for building long-term customer loyalty [9].

In addition, modern trends include digitalization of connection and maintenance processes [10]; integration with 1C, SAP and other accounting systems [11]; offering special conditions for salary cards (cashback, installments, promotions) [12].

The main characteristics of the salary project include automation of payments, which allows minimizing the human factor, reducing accounting costs and increasing the accuracy of transactions; opening accounts for employees - the bank centrally opens accounts for all employees of the organization, often with the ability to choose individual tariffs; each employee is issued a salary bank card linked to the open account; convenient digital channels for managing personal finances are provided.

The salary project, as a tool for banking services of the organization, has advantages (table 1)

Table 1

Benefits of the salary project [1, 2, 5, 6, 9, 10]

For the organization (employer)	For the bank
Reducing cash handling costs	Expanding the customer base (every employee is a customer)
Centralized and fast transfer of salaries	Possibility of cross-selling retail products (loans, deposits)
Simplifying accounting	Increasing the sustainability of the customer base
Increasing employee loyalty	Increase in turnover on cards and commissions from transactions
Reducing risks when handling cash	Growing demand for online banking and mobile applications
Possibility of integration with 1C, SAP and other systems.	Improving competitiveness through corporate services

The following stages of implementation of the salary project in the organization are distinguished (table 2) [3, 4, 7, 11].

Table 2

Stages of implementation of the salary project

Stages of implementation	Content
Analysis of company needs	Determining the number of employees, the calculated frequency, reporting requirements and integration.
Selecting a bank and discussing the terms of cooperation	Comparison of tariffs, payment processing speed, additional options (loans, privileges, cashback)
Conclusion of an agreement between an organization and a bank	Signing an agreement on launching a salary project, determining contact persons and data formats.
Opening accounts for employees and issuing cards	Mass registration of employees, identification, distribution of PIN codes, setting up Internet banking
Staff training and launch of the first payment	Conducting accounting briefings, launching a test or first real salary payment.
Project support and maintenance	Working with technical support, monitoring operations, adapting to changes in the staffing schedule and salary fund.

We present foreign experience in implementing salary projects (Table 3)

Раздел 4. «Экономика. Общеобразовательные, социально-гуманитарные и фундаментальные дисциплины»

Table 3

Foreign experience in implementing salary projects) [13-15]

Country	Implementation
Germany (Deutsche Bank)	Payroll projects have been successfully integrated with the SAP and DATEV platforms, allowing organizations to fully automate the processing of salaries and tax deductions. Additionally, accounts with savings programs and investment products for employees.
Singapore (DBS Bank)	PayNow Corporate system allows companies to instantly transfer salaries to employee accounts using a phone number or IIN. The bank actively offers loans with instant approval for salary clients.
USA (Bank of America)	The bank provides personalized mobile solutions for employees of companies participating in salary projects, with the ability to access financial education programs. Analytics of salary client behavior has been implemented to improve the personalization of offers
Poland (PKO Bank Polski)	Wide application of digital HR platforms, through which employees can receive not only salaries, but also bonuses, rewards, paid vacations. Integration API with internal ERP systems of companies is provided

Table 4

Comparison of Kazakhstani and foreign experience of salary projects

Criterion	Kazakhstan (Halyk Bank)	Foreign experience (DBS, BofA)
Integration with accounting	Integration with 1C, SAP (partially)	Full automation with ERP
Digitalization of calculations	High level (via Halyk Online)	Instant Transfers (PayNow)
Financial education of employees	Limited, not systematic	Advanced learning system
Speed of service	Average	High (instant payouts)

Comparison of foreign and Kazakhstani experience in implementing payroll projects allows us to identify important differences in the degree of maturity, level of digitalization and approaches to working with corporate clients (tables 3, 4). In foreign practice, especially in banks in Germany, the USA, Singapore and Poland, there is a higher level of integration of payroll projects with ERP and HR systems of organizations, as well as active use of mobile platforms and financial analytics.

While JSC Halyk Bank is already implementing digital services (for example, Halyk Online , a mobile application), foreign banks focus on personalized solutions , training of client employees, instant transfers via API interfaces and promoting not only salary cards, but also investment and credit products for salary clients.

Thus, Kazakhstani practice demonstrates sustainable dynamics, but requires a transition from standardized solutions to personalized ones; expansion of the range of services within the salary project (for example, financial coaching, flexible financial products); deeper integration with the digital infrastructure of client companies.

The conducted SWOT analysis allowed us to structure the key internal and external factors influencing the effectiveness of the salary project (table 5):

Among the strengths are high brand recognition, a wide branch network and the presence of a modern digital platform, which provides a basis for scaling payroll projects.

Раздел 4. «Экономика. Общеобразовательные, социально-гуманитарные и фундаментальные дисциплины»

Weaknesses include a limited individual approach to clients and insufficient depth of analytical work with reviews of organizations. This creates a risk of customer outflow in the conditions of active competition.

Opportunities include further development of cross-selling, use of HR analytics, creation of flexible programs for employees of organizations (for example, quick loans, savings plans).

Threats come from both aggressive market players (Kaspi, Jusan) and possible internal failures in service quality or technological upgrades.

Thus, the SWOT analysis emphasizes that the main strategic objective of JSC Halyk Bank is to maintain technological leadership while simultaneously increasing customer focus and flexibility of services.

Table 5

SWOT analysis of the salary project in JSC Halyk Bank

Strengths	Weaknesses	Possibilities	Threats
Wide branch network	Low level of personalization of salary clients	Developing cross-selling	Increased competition from Kaspi, Jusan
Digital platform Halyk Online	Limited work with reviews of organizations	Integration with HR systems	Organizations leaving when service deteriorates
Experienced staff		Financial consulting for employees	

The role and importance of the salary project for the bank:

A tool for attracting corporate clients. A salary project is an entry point to a business client, which allows the bank to build long-term relationships with the organization, offer it related products: lending, acquiring, deposits, leasing, etc.

Growing the customer base in the retail segment. Each employee of the organization becomes a client of the bank, which increases the reach, the number of users of digital channels and the volume of transactions.

Cross-selling and loyalty. Payroll clients are more easily involved in using other banking products: consumer and mortgage loans, savings and investment programs.

Business retention. The salary project strengthens the organization's attachment to the bank, especially when integrated with accounting programs and convenient technical support.

For organizations, a salary project means a reduction in the burden on the accounting department; timeliness and transparency of payments; increased employee loyalty due to convenient banking services; and minimization of operational risks associated with cash turnover.

Additional functions and services included in the salary project : servicing of corporate plastic cards (for business trips, business expenses); employee lending at a reduced rate (a salary client is considered less risky); loyalty programs (cashback, bonuses, privileges); personal managers for organizations; integration with 1C and other accounting platforms

Thus, the salary project is a strategic product that provides the bank with a stable influx of clients, a high level of retention, opportunities for scaling the retail business, and for the organization - optimization of salary calculation processes and increased social comfort of employees.

References

- 1 Guseva T.A. Bank Marketing: textbook. - M.: Yurait, 2022. - 345 p.
- 2 Mishchenko S.V. Salary project as a tool for managing corporate clients // Finance and credit. - 2021. - No. 8 (824). - P. 12–18.

Раздел 4. «Экономика. Общеобразовательные, социально-гуманитарные и фундаментальные дисциплины»

- 3 Khasanova A.S. Salary projects as an element of the strategy of attracting clients in a bank // Bank. Delo. - 2022. - No. 6. - P. 39-45.
- 4 Frolova E. A. Client base management in a bank. - St. Petersburg: Piter, 2020. - 288 p.
- 5 Rakhmetova Zh.B. Cross-selling tools in retail banking of Kazakhstan // Bulletin of KazNU. Series: Economy. - 2021. - No. 2 (140). - P. 79-83.
- 6 Stepanova I.N. Electronic banking technologies. - M.: Infra-M, 2023. - 310 p.
- 7 Ergeshev B.T. Optimization of wage calculations through banking products // Financial Bulletin. - 2020. - No. 3. - P. 22-27.
- 8 Ivanova E.M. Personnel loyalty and salary project: modern approaches // Personnel management. - 2022. - No. 5. - P. 45-50.
- 9 Halyk Bank. Annual report for 2023. —URL: <https://halykbank.kz/ru/about/annual-reports>
- 10 Davletova M.K. Digitalization of services in banks of the Republic of Kazakhstan: assessment and prospects // Finance of Kazakhstan. - 2023. - No. 1. - P. 18-24.
- 11 Nazarova K.K. Integration of banking solutions with accounting systems of enterprises // Modern technologies. - 2022. - No. 4. - P. 31-36.
- 12 Website of Halyk Bank JSC - URL: <https://halykbank.kz/ru/salary-project>
- 13 Deloitte. Global Payroll Survey 2023: Key Trends and Insights. - URL: <https://www2.deloitte.com/global/en/pages/tax/articles/global-payroll-trends.html>
- 14 PwC. Payroll Outsourcing & Digitalization in the EU. - 2022. - URL: <https://www.pwc.pl/en/publications/payroll-digitalization.html>
- 15 World Bank. Digital Financial Services: Enabling the future of payments. 2021. - URL: <https://www.worldbank.org/en/topic/financialinclusion/brief/digital-financial-services>

А.В. Файез Вазани, З.С. Гельманова, Ә.Қ. Нұрғалиева

Корпоративтік клиенттерге банктік қызмет көрсету жүйесіне жалақы жобаларын біріктіру

Бұл мақалада банк пен жұмыс беруші үшін жалақы жобасының артықшылықтары, оны енгізу кезеңдері, сондай-ақ халықаралық тәжірибе (Германия, Сингапур, АҚШ, Польша) талданған. Halyk Bank-тің қазіргі стратегиясына SWOT-талдау жүргізілген. Анықталған мәселелер мен цифрландыру үрдістеріне сүйене отырып, жекелеуді күшейту, кросс-сатылымдарды дамыту және ұйымдардың HR-жүйелерімен интеграциялау бойынша шаралар ұсынылған.

Түйін сөздер: жалақы жобасы, банк қызметтері, корпоративтік клиенттер, ұйымдарды ұстап қалу, Halyk Bank, цифрландыру, кросс-сатылымдар, жекелеу, SWOT-талдау.

А.В. Файез Вазани, З.С. Гельманова, А.К. Нурғалиева

Интеграция зарплатных проектов в систему банковского обслуживания корпоративных клиентов

В статье проанализированы преимущества зарплатного проекта для банка и работодателя, этапы его внедрения, а также международный опыт (Германия, Сингапур, США, Польша). Проведен SWOT-анализ текущей стратегии Халык Банка. На основе выявленных проблем и трендов цифровизации предложены меры по усилению персонализации, развитию кросс-продаж и интеграции с HR-системами организаций.

Раздел 4. «Экономика. Общеобразовательные, социально-гуманитарные и фундаментальные дисциплины»

Ключевые слова: зарплатный проект, банковские услуги, корпоративные клиенты, удержание организаций, Халык Банк, цифровизация, кросс-продажи, персонализация, SWOT-анализ.

Список литературы

- 1 Guseva T.A. Bank Marketing: учебник. – М.: Yurait, 2022. – 345 p.
- 2 Mishchenko S.V. Salary project as a tool for managing corporate clients // Finance and credit. – 2021. – No. 8 (824). – P. 12–18.
- 3 Khasanova A.S. Salary projects as an element of the strategy of attracting clients in a bank // Bank. Delo. – 2022. – No. 6. – P. 39–45.
- 4 Frolova E.A. Client base management in a bank. – St. Petersburg: Piter, 2020. – 288 p.
- 5 Rakhmetova Zh.B. Cross-selling tools in retail banking of Kazakhstan // Bulletin of KazNU. Series: Economy. – 2021. – No. 2 (140). – P. 79–83.
- 6 Stepanova I.N. Electronic banking technologies. – М.: Infra-M, 2023. – 310 p.
- 7 Ergeshev B.T. Optimization of wage calculations through banking products // Financial Bulletin. – 2020. – No. 3. – P. 22–27.
- 8 Ivanova E.M. Personnel loyalty and salary project: modern approaches // Personnel management. – 2022. – No. 5. – P. 45–50.
- 9 Halyk Bank. Annual report for 2023. – URL: <https://halykbank.kz/ru/about/annual-reports>
- 10 Davletova M.K. Digitalization of services in banks of the Republic of Kazakhstan: assessment and prospects // Finance of Kazakhstan. – 2023. – No. 1. – P. 18–24.
- 11 Nazarova K.K. Integration of banking solutions with accounting systems of enterprises // Modern technologies. – 2022. – No. 4. – P. 31–36.
- 12 Website of Halyk Bank JSC – URL: <https://halykbank.kz/ru/salary-project>
- 13 Deloitte. Global Payroll Survey 2023: Key Trends and Insights. – URL: <https://www2.deloitte.com/global/en/pages/tax/articles/global-payroll-trends.html>
- 14 PwC. Payroll Outsourcing & Digitalization in the EU. – 2022. – URL: <https://www.pwc.pl/en/publications/payroll-digitalization.html>
- 15 World Bank. Digital Financial Services: Enabling the future of payments. – 2021. – URL: <https://www.worldbank.org/en/topic/financialinclusion/brief/digital-financial-services>

Раздел 4. «Экономика. Общеобразовательные, социально-гуманитарные и фундаментальные дисциплины»

IRSTI 53.39.15
UDC: 658.5

DOI [10.53002/079](https://doi.org/10.53002/079)

Z.S. Gelmanova, M.A. Latypova, I.E. Volokitina, A.W. Fayed Wazani, I.A. Davletshin

*Karaganda Industrial University, Temirtau, Kazakhstan
(E-mail: zoyakgiu@mail.ru)*

Risk-oriented approach to inventory management of a processing enterprise: from accounting to strategic decisions (on the example of «qarmet llc recycling »)

In the context of increased instability of the market environment and increasing requirements for international reporting, the need to implement risk-oriented approaches to inventory management at processing enterprises is becoming more urgent. The need for a transition from traditional accounting to integrated inventory management based on IFRS principles, BI analytics and process automation is substantiated. The developed model takes into account internal and external risks, covering aspects of logistics, IT infrastructure, personnel and strategy. SWOT analysis, ABC analysis and visualization of flows based on Power BI became the basis for the implementation of a system aimed at reducing losses and enhancing strategic transparency. The object of the study is the inventory management system of «Qarmet LLC Recycling». The purpose of the work is to develop and test a model of risk-oriented inventory management (ROIMM), integrating IFRS (IAS 2) tools, ABC analysis, $P \times I$ risk assessment and digitalization elements. The methodological base includes methods of comparative analysis, visual modeling, factor classification of risks and strategic interpretation. The scientific novelty lies in the proposal of a structured model of ROUIMZ, which ensures the transition from accounting to a strategically sustainable inventory management system based on risks. The practical significance is manifested in the possibility of adapting the model to the specific conditions of processing enterprises in order to improve the accuracy of management decisions, reduce losses and ensure compliance with international reporting standards. The results of the study include a visualized model, a risk matrix and a SWOT analysis. The conclusion presents recommendations for digitalization and the implementation of automated inventory management systems as a tool for sustainable development.

Keywords: inventory management, risks, BI, SAP, 1C, automation, IFRS, ABC analysis, SWOT, processing enterprise.

Introduction

Inventory management remains one of the most important functions of manufacturing and processing enterprises. In the context of digitalization and complexity of supply chains, the importance of integrating inventory accounting, forecasting and analysis into a single decision-making system is increasing [1]. Using the example of Qarmet Recycling LLC, the authors consider the possibility of transforming the traditional approach to inventory management towards a risk-oriented model based on IFRS standards (IAS 2), SAP tools, 1C, Power BI and a system of key performance indicators (KPI).

Methodology

The methodological basis of the study includes an analysis of document flow and accounting policies of «Qarmet LLC Recycling»; identification and classification of risks (internal and external); SWOT analysis of

Раздел 4. «Экономика. Общеобразовательные, социально-гуманитарные и фундаментальные дисциплины»

the current inventory management system; ABC analysis of inventory by importance; construction of a risk matrix ($P \times I$); visualization of logistics flows in Power BI; calculation of economic effects of automation implementation.

Results

The SWOT analysis revealed the strengths and weaknesses of the internal environment, as well as external opportunities and threats to the development of the inventory management system (Table 1). The results of the ABC analysis (Table 2) indicated the need for strict control over category A stocks , which form the largest part of the cost. Table 3 shows the $P \times I$ risk matrix, demonstrating priority areas of risk management.

Table 1

SWOT analysis of inventory management in «Qarmet» LLP Recycling»:

Strong sides	Weaknesses
Access to stable supplies Experienced staff Availability of basic automation (1C)	Lack of predictive analytics Fragmented accounting Manual errors
Possibilities	Threats
BI and Power BI WMS / ERP implementation Automation of logistics	Price fluctuations Logistical disruptions Obsolete technologies

The enterprise has stable supplies of secondary raw materials, which reduces dependence on external market conditions. Qualified personnel and basic automation elements in 1C allow maintaining a minimum level of accounting and internal control. This creates the foundation for the implementation of more complex inventory management systems.

Among the internal limitations, the most critical are: the absence of a forecasting module, weak integration between accounting and warehouse accounting, and limited storage capacity. These factors increase operational risks and reduce data transparency, especially in the context of dynamic receipt and disposal of inventory items.

The external and internal environment opens up prospects for the enterprise to implement ERP/WMS systems, apply ABC/XYZ analysis, and gradually transition to IFRS accounting. These steps will allow the enterprise to reach a new level of controllability, automate key business processes, and increase inventory turnover. In addition, opportunities for staff training and warehouse digitalization allow for the rapid implementation of the potential for change [2].

External threats include: rising raw material prices, fluctuations in demand, disruptions in logistics, and the likelihood of errors due to equipment wear and tear or human error. These threats require the development of a predictive analysis and risk management system. The analysis showed that the company's strengths ensure sustainability, but realizing strategic opportunities is the key to reducing vulnerability to threats. Weaknesses need to be neutralized by moving from accounting to analytics and automation; implementing a risk monitoring and assessment system; and training personnel to work in a digital environment.

The SWOT analysis confirmed the feasibility of moving to risk -oriented inventory management as a direction capable of combining the internal resources and external capabilities of the enterprise.

The conducted SWOT analysis revealed not only the current state of the inventory management system at the enterprise, but also outlined the vector of strategic development in the context of increasing operational and market risks [3,4].

Strengths, such as stable supplies of secondary raw materials and the availability of experienced personnel, create a sustainable basis for transformation. However, weaknesses - fragmented accounting, lack

Раздел 4. «Экономика. Общеобразовательные, социально-гуманитарные и фундаментальные дисциплины»

of forecasting mechanisms, ineffective logistics - increase the need for systemic modernization [5]. The analysis clearly indicates the need to switch to inventory management in accordance with IFRS (IAS 2), which will ensure transparency, validity and comparability of financial data [2]. In the context of increasing external threats - price fluctuations, logistics failures, inventory depreciation - the model of risk -oriented inventory management (ROIMM), developed in this study, becomes especially relevant [6-8]. It offers a systematic sequence of actions from risk identification to the use of optimization tools (ABC / XYZ, FIFO, integration with IFRS).

Thus, the SWOT analysis sets the trajectory of the transition from traditional accounting to strategic management: accounting according to international standards (IFRS) [2], automation (ACS) [9] and the structural implementation of the ROUTMZ model become a logical and necessary development of the practice of Qarmet LLC Recycling ».

Digitalization opportunities also involve the implementation of an automated control system (ACS) , including ERP/WMS platforms capable of providing: operational inventory control; turnover calculation; integration with accounting and logistics [9]. It is this comprehensive approach proposed in the article that will allow Qarmet Recycling LLP to ensure sustainability, cost efficiency and international comparability of data in the field of inventory management. The SWOT analysis clearly indicates the need to transition to inventory management in accordance with the requirements of IFRS (IAS 2) , which will ensure uniformity and reliability of financial information; recognition of inventory impairment; objective assessment of cost [2]

IFRS (IAS) 2 "Inventories" regulates the accounting of inventories, including raw materials, work in progress and finished goods. In the context of Qarmet LLC Recycling ", this standard is especially relevant for the valuation of secondary materials, scrap metal and process raw materials. The main provisions of the standard include: cost or net realizable value; cost valuation methods: FIFO and average cost method; purchase price, transportation costs, processing and other costs directly related to the acquisition of inventory; inventory that has lost value is subject to impairment and write-off [2].

Qarmet LLC Recycling " it is recommended to implement a control system that complies with IFRS, taking into account the following measures: maintaining analytical records by batches and write-off methods (for example, FIFO); conducting regular revaluation of inventories for impairment; maintaining a uniform policy for accounting for inventories in financial and management reporting.

Digitalization of logistics and accounting processes requires the implementation of automated control systems (ACS) based on ERP / WMS , which allow tracking turnover, conducting inventory in real time and managing purchases [9]. To improve the efficiency of inventory management and reduce risks, it is advisable to implement an integrated ERP system with a warehouse management module (WMS), supporting the functions of forecasting, analytics and inventory planning.

Key steps in implementing automation: assessment of the current level of accounting and logistics (process audit); selection of a platform: 1C ERP , SAP Business One , Odoo And etc .; pilot launch in a raw materials warehouse; integration with accounting and production; staff training and transition to regular inventory analytics.

Automation will allow tracking inventory turnover, identifying "dead" stock, automatically generating requests and minimizing the human factor. This will also improve compliance with international accounting standards and increase the transparency of reporting [2].

Rising costs, instability of raw material prices and high dependence on the human factor increase the need for a systematic approach to inventory management. In these conditions, it becomes critically important to implement a risk -oriented management model that allows identifying key vulnerabilities; managing risks proactively rather than reactively; combining financial standards and logistical efficiency [5-10].

Table 2

ABC analysis by volume of warehouse stocks:

Category	Share reserves, %	Comment
A	20%	Critical stocks are subject to daily monitoring.

Раздел 4. «Экономика. Общеобразовательные, социально-гуманитарные и фундаментальные дисциплины»

B	30%	Medium turnover, weekly control
C	50%	Rarely used, can be written off

Table 2 illustrates the results of ABC classification of inventories at a processing plant. Distribution into categories A, B and C is based on the Pareto principle (80/20) and reflects the specific weight of each group in the total volume of inventories.

Category A (20%) — the most valuable and critical items that ensure key production processes. Despite their small number, they form the largest part of the inventory value. They require daily monitoring, timely replenishment and enhanced risk control (delivery failures, spoilage, shortages).

Category B (30%) — goods with medium turnover. They represent moderate value and are used regularly. Weekly monitoring using BI dashboards and demand forecasting algorithms is sufficient for them.

Category C (50%) — the least valuable and rarely used items. Despite their quantitative dominance, they form the smallest part of the total inventory value. They are often characterized by low turnover and a high proportion of hanging balances **subject** to inventory, optimization or write-off.

This distribution allows the management to focus resources and attention on category A, minimizing the management load on less significant categories. Within the ROUTMZ model, ABC analysis is used as a basis for a differentiated risk management and cost control strategy.

Analysis of the inventory structure using the ABC method allows you to rank the nomenclature by level of importance and focus control on the most resource-intensive items (group A). However, even high turnover and importance of inventory do not exclude the presence of significant risks, especially in conditions of limited accounting transparency, unstable supplies and imperfect automation.

It is at this stage that the need for a risk-oriented decomposition of the inventory management system arises, where ABC analysis serves only as a basis for subsequent in-depth control. To implement strategic inventory management, an analysis of key risks was conducted (Table 3), including their probabilistic assessment and the level of impact on the operating activities of the enterprise.

Table 3

P × I risk matrix:

Risk	Probability (P)	Influence (I)	Level risk (P×I)	Grade
Incorrect inventory accounting	Tall	High	9	Critical
Logistics disruptions	Average	High	6	Essential
Impairment stocks	Average	Average	4	Moderate
Damage at storage	Low	Average	2	Acceptable

Thus, the results of the ABC analysis, supplemented by the identification of key risks (Table 3), demonstrate the need to integrate a differentiated approach to inventory management with risk assessment and minimization mechanisms.

In response to the identified threats and with the aim of increasing the sustainability of the supply and accounting system, a model of risk-oriented inventory management was developed.

Risk-based inventory management model (ROIMM) is an integrated approach that combines the principles of IFRS (IAS 2), risk classification, business analytics tools (Power BI), accounting automation (1C, SAP) and the KPI system. It is built on the basis of identified risks and is aimed at minimizing losses, increasing accounting accuracy, accelerating turnover and reducing the level of frozen balances.

Раздел 4. «Экономика. Общеобразовательные, социально-гуманитарные и фундаментальные дисциплины»

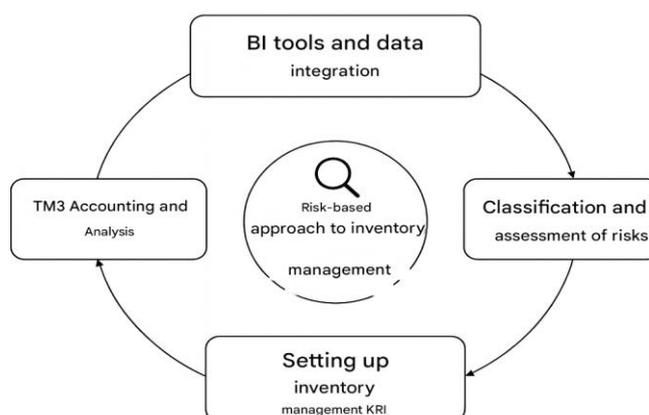


Figure 1- Model of risk-oriented approach to inventory management

Components of the ROUTMZ model:

1. Identification of risks by $P \times I$ (probability \times impact).
2. Classification of stocks according to ABC and criticality.
3. Linking to KPI: turnover, forecast accuracy, loss rate.
4. Integration with 1C/SAP + visualization in Power BI.
5. Development of scenario strategies by risk levels (from critical to acceptable)

Unlike the traditional approach, the ROUTMZ model allows you to build flexible and manageable processes not only for accounting, but also for responding to changes in the external and internal environment. For example, when logistics risks increase, the system automatically initiates a transition to safe procurement and stock distribution scenarios, which allows you to avoid depreciation. Thus, ROUTMZ combines accounting, analytics and risk management into a single strategic system.

The model is implemented in the form of a closed cycle, reflecting the systemic and continuous nature of inventory management taking into account risks. We present a structured interpretation of the functional purpose of each of the key components of the model, ensuring its integrity and practical applicability in the context of risk-oriented inventory management. These components critically affect the implementation of the inventory management strategy taking into account risks:

Risk identification ($P \times I$)

Purpose: the initial stage, during which potential threats in accounting, logistics, storage, and automation are analyzed.

Tools: expert assessment, risk matrix.

Result: prioritization of risks by levels: critical, significant, moderate, acceptable.

2. Classification of stocks (ABC analysis + criticality)

Purpose: structuring inventory items by level of importance and frequency of use.

Tools: ABC analysis, XYZ analysis.

Result: allocation of category A stocks and high/ low critical items for targeted monitoring.

3. KPIs and risk indicators

Purpose: To establish measurable metrics for inventory management and monitoring.

Examples of KPIs: turnover ratio, write-off level, forecast accuracy, time of deviation from storage standards.

Result: possibility of surgical intervention in case of negative dynamics.

4. Integration with accounting systems (1C, SAP)

Purpose: automation of reflection of inventory movement, reconciliation of balances, generation of analytics.

Result: reduction of the human factor, up-to-date data in real time.

5. Visualization and analytics (Power BI, Dashboard)

Раздел 4. «Экономика. Общеобразовательные, социально-гуманитарные и фундаментальные дисциплины»

Purpose: visual representation of the dynamics of inventory and risks, identification of bottlenecks.

Tools: dashboards, heat maps, trend charts.

Result: support for data-driven management decision making management).

6. Scenario planning (anti-crisis strategies)

Purpose: preparation of actions in case of risks realization.

Examples: doubling safety stock, switching suppliers, consolidating logistics.

Result: reduced vulnerability and increased resilience of the supply chain.

The ROUTMZ model combines the principles of risk management, logistics, digital accounting and BI analytics. It serves as a strategic tool for increasing the sustainability, transparency and efficiency of inventory management at a processing plant.

Discussion

Integration of inventory accounting with SAP, 1C and BI platforms allows achieving a new level of analytical maturity that meets the requirements of IFRS (IAS 2) [11]. The risks identified during the analysis require automation of control over turnover, spoilage and suspended balances. The developed ROUTMZ model forms the basis for management based on the principle of predictive analytics and scenario planning [12, 13]. Previously, the problems of accounting fragmentation were described; this article proposes a systemic solution with an emphasis on risk monitoring and strategic positioning. The ROUTMZ model presented in this study demonstrates the possibility of coupling accounting standards and risk control at the level of BI and scenario policies.

Conclusion

The proposed model of risk-oriented inventory management (ROIMM), developed on the example of Qarmet Recycling LLC, is an integration tool that combines approaches of international standards (IFRS, IAS 2), digital transformation of accounting (SAP, 1C, Power BI), scenario planning and risk assessment. It ensures the transition from the traditional accounting function to a strategically sustainable management system focused on minimizing losses, optimizing logistics operations and ensuring management transparency.

The practical implementation of the model helps to reduce losses from spoilage, shortages and excess balances by 15–25% (due to the introduction of ABC control and KPI monitoring) [11, 12]; reduce the average storage time of category C stocks by 30–40% (through automated analytics and a strategy for reducing rarely used items); increase the accuracy of procurement forecasts by up to 90% when using BI tools and integration with 1C/SAP; reduce the time for preparing management reports from 5 days to 1 day (due to dashboards Power BI); strengthening compliance with the IAS 2 (IFRS) standard - through automatic reporting and transparent cost calculation [13]. These data were obtained from a summary of foreign practice and analytical data, with subsequent adaptation to the conditions of the enterprise.

Thus, ROUTMZ transforms the approach to inventory management at a processing plant towards sustainability, digitalization and flexibility, which is especially relevant in the context of an unstable external environment and ESG reporting requirements.

References

1. Savitskaya G.V. Analysis of economic activity of the enterprise. - Minsk: New knowledge, 2022. - 688 p.
2. IFRS (IAS) 2 "Inventories". International Financial Reporting Standards.
3. Zhukova A.V. Accounting and audit of inventories at industrial enterprises. - M.: Yurait, 2023. - 412 p.
4. Alimbekova D.A. Features of inventory management in the processing industry of Kazakhstan // Economy and Industry of Kazakhstan. - 2023. - No. 4. - P. 61-67.

Раздел 4. «Экономика. Общеобразовательные, социально-гуманитарные и фундаментальные дисциплины»

5. Smagulov E.B., Toktaev A.U. Management of logistics risks at industrial enterprises // Bulletin of KazNITU. - 2022. - No. 5 (165). - P. 55-60.
6. ISO 31000:2018 Risk Management - Guidelines.
7. Gelmanova Z.S., Lisiecka K. Identification and actions regarding key risks in the company's activities // International Journal of Applied and Fundamental Research. 2017. No. 1-1. P. 114.
8. Gelmanova Z.S., Petrovskaya A.S., Batyrbek A.E., FayeZ Vazani A.V. RISK – management/ Study guide. - Almaty: ADAL. KITAP, 2024.-202s.
9. Kozlova N.V. Inventory management using automated systems // Management and business administration. - 2023. - No. 2. - P. 44-49.
10. Gelmanova Z.S. Organization of vocational training in production // International Journal of Experimental Education. 2016. No. 8. P. 17-21.
11. Nair A., Narasimhan R. (2021). Strategic inventory risk management in global supply chains: A review and future directions. International Journal of Production Research, 59 (13), 3984–4005. URL: <https://doi.org/10.1080/00207543.2020.1818185>
12. Fu X., Zhang D. (2023). Digital transformation and risk management in inventory control: Evidence from the recycling sector. Journal of Cleaner Production, 395, 136506. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.136506>.
13. Shamsuzzoha A., Helo P. (2022). Managing risks in inventory control under uncertainty: A data-driven approach. Procedia Computer Science, 200, P.1228–1236.

З С. Гельманова, М.А. Латыпова, И.Е. Волокитина, А.В. Файез Вазани, И.А. Давлетшин

Қайта өңдеуші кәсіпорынның тауарлық-материалдық қорларын басқаруға тәуекелге бағдарланған тәсіл: есептен стратегиялық шешімдерге («Qarmet Recycling» АҚ мысалында)

Қайта өңдеуші кәсіпорынның тауарлық-материалдық қорларын басқаруға тәуекелге бағдарланған тәсіл: есептен стратегиялық шешімдерге ("qarmet recycling" ЖШС мысалында) Нарықтық ортаның жоғары тұрақсыздығы және халықаралық есептілікке қойылатын талаптардың күшеюі жағдайында қайта өңдеу кәсіпорындарында тауарлық-материалдық қорларды (ТМҚ) басқаруға тәуекелге бағдарланған тәсілдерді енгізу қажеттілігі өзектендіріледі. Дәстүрлі есептен ҚЕХС қағидаттарына, ВІ-аналитикаға және процестерді автоматтандыруға негізделген қорларды интеграциялық басқаруға көшу қажеттілігі негізделген. Өзірленген модель логистика, АТ инфрақұрылымы, персонал және стратегия аспектілерін қамтитын ішкі және сыртқы тәуекелдерді ескереді. Swot талдауы, АВС талдауы және Power ВІ негізіндегі ағындарды визуализациялау шығындарды азайтуға және стратегиялық ашықтықты арттыруға бағытталған жүйені жүзеге асыруға негіз болды. Зерттеу нысаны «Qarmet Recycling» ЖШС қорларын басқару жүйесі болып табылады. Жұмыстың мақсаты ҚЕХС (IAS 2), АВС-талдау, Р×І-тәуекелдерді бағалау және цифрландыру элементтерін біріктіретін ТМҚ (ROUTMZ) тәуекелге бағдарланған басқару моделін әзірлеу және сынақтан өткізу болып табылады. Әдіснамалық база ретінде салыстырмалы талдау, визуалды модельдеу, тәуекелдерді факторлық жіктеу және стратегиялық түсіндіру әдістері қолданылды. Ғылыми жаңалық-тәуекелдерге сүйене отырып, бухгалтерлік есептен стратегиялық тұрақты қорларды басқару жүйесіне көшуді қамтамасыз ететін ROUTMZ құрылымдық моделін ұсыну. Практикалық маңыздылығы басқару шешімдерінің дәлдігін арттыру, шығындарды азайту және халықаралық есеп беру стандарттарына сәйкестігін қамтамасыз ету мақсатында қайта өңдеу кәсіпорындарының нақты жағдайларына модельді бейімдеу мүмкіндігінде көрінеді. Зерттеу нәтижелеріне бейнеленген модель, тәуекел матрицасы және SWOT талдауы кіреді. Қорытындыда тұрақты даму құралы ретінде қорларды басқарудың автоматтандырылған жүйелерін цифрландыру және енгізу бойынша ұсыныстар берілген.

Раздел 4. «Экономика. Общеобразовательные, социально-гуманитарные и фундаментальные дисциплины»

Түйінді сөздер: түгендеуді басқару, тәуекелдер, BI, SAP, 1С, автоматтандыру, ХҚЕС, АВС-талдау, SWOT, қайта өңдеу кәсіпорны.

З.С. Гельманова, М.А. Латыпова, И.Е. Волокитина, А.В. Файез Вазани, И.А. Давлетшин

Риско - ориентированный подход к управлению товарно-материальными запасами перерабатывающего предприятия: от учета к стратегическим решениям (на примере АО «Qarmet Recycling»)

В условиях повышенной нестабильности рыночной среды и усиливающихся требований к международной отчётности актуализируется необходимость внедрения риск-ориентированных подходов к управлению товарно-материальными запасами (ТМЗ) на перерабатывающих предприятиях. Обоснована необходимость перехода от традиционного учета к интеграционному управлению запасами, основанному на принципах МСФО, BI-аналитике и автоматизации процессов. Разработанная модель учитывает внутренние и внешние риски, охватывая аспекты логистики, ИТ-инфраструктуры, персонала и стратегии. SWOT-анализ, АВС-анализ и визуализация потоков на базе Power BI стали основой для реализации системы, направленной на сокращение потерь и усиление стратегической прозрачности. Объектом исследования выступает система управления запасами ТОО «Qarmet Recycling». Цель работы заключается в разработке и апробации модели риск-ориентированного управления ТМЗ (РОУТМЗ), интегрирующей инструменты МСФО (IAS 2), АВС-анализа, P×I-оценки рисков и элементов цифровизации. В качестве методологической базы использованы методы сравнительного анализа, визуального моделирования, факторной классификации рисков и стратегической интерпретации. Научная новизна заключается в предложении структурированной модели РОУТМЗ, обеспечивающей переход от учета к стратегически устойчивой системе управления запасами с опорой на риски. Практическая значимость проявляется в возможности адаптации модели под конкретные условия перерабатывающих предприятий с целью повышения точности управленческих решений, снижения потерь и обеспечения соответствия международным стандартам отчётности. Результаты исследования включают визуализированную модель, матрицу рисков и SWOT-анализ. В заключении представлены рекомендации по цифровизации и внедрению автоматизированных систем управления запасами как инструмента устойчивого развития.

Ключевые слова: управление запасами, риски, BI, SAP, 1С, автоматизация, МСФО, АВС-анализ, SWOT, перерабатывающее предприятие.

Список литературы

- 1 Savitskaya G.V. Analysis of economic activity of the enterprise. – Minsk: Novoe znanie, 2022. – 688 р.
- 2 IFRS (IAS) 2 "Inventories". International Financial Reporting Standards.
- 3 Zhukova A.V. Accounting and audit of inventories at industrial enterprises. – М.: Yurait, 2023. – 412 р.
- 4 Alimbekova D.A. Features of inventory management in the processing industry of Kazakhstan // *Ekonomika i promyshlennost' Kazakhstana*. – 2023. – No. 4. – P. 61–67.
- 5 Smagulov E.B., Toktaev A.U. Management of logistics risks at industrial enterprises // *Vestnik KazNITU*. – 2022. – No. 5 (165). – P. 55–60.
- 6 ISO 31000:2018 Risk Management – Guidelines.

Раздел 4. «Экономика. Общеобразовательные, социально-гуманитарные и фундаментальные дисциплины»

- 7 Gelmanova Z.S., Lisiecka K. Identification and actions regarding key risks in the company's activities // International Journal of Applied and Fundamental Research. – 2017. – No. 1-1. – P. 114.
- 8 Gelmanova Z.S., Petrovskaya A.S., Batyrbek A.E., Fayez Vazani A.V. RISK–management: учебное пособие. – Almaty: ADAL KITAP, 2024. – 202 s.
- 9 Kozlova N.V. Inventory management using automated systems // Management and business administration. – 2023. – No. 2. – P. 44–49.
- 10 Gelmanova Z.S. Organization of vocational training in production // International Journal of Experimental Education. – 2016. – No. 8. – P. 17–21.
- 11 Nair A., Narasimhan R. (2021). Strategic inventory risk management in global supply chains: A review and future directions // International Journal of Production Research, 59 (13), 3984–4005. URL: <https://doi.org/10.1080/00207543.2020.1818185>
- 12 Fu X., Zhang D. (2023). Digital transformation and risk management in inventory control: Evidence from the recycling sector // Journal of Cleaner Production, 395, 136506. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.136506>
- 13 Shamsuzzoha A., Helo P. (2022). Managing risks in inventory control under uncertainty: A data-driven approach // Procedia Computer Science, 200, P. 1228–1236.

Раздел 4. «Экономика. Общеобразовательные, социально-гуманитарные и фундаментальные дисциплины»

IRSIT 06.77.75
UDC: 316.77

DOI [10.53002/080](https://doi.org/10.53002/080)

Z.S. Gelmanova¹, A.W.F. Wazani¹

¹ Karaganda Industrial University, Kazakhstan Temirtau
(E-mail: w.f.wazine@ttu.edu.kz)

CHALLENGES AND PROSPECTS OF INTERCULTURAL COMMUNICATION IN THE PROFESSIONAL ENVIRONMENT: HOW TO AVOID THE TOWER OF BABEL EFFECT

In the context of globalization, digitalization, and the growth of multicultural teams, intercultural communication is becoming crucial for the sustainable development of the professional environment. Effective interaction between representatives of different cultures is becoming a critical factor in the success of organizations in the 21st century. However, differences in the interpretation of meanings, communication styles, and management approaches can lead to misunderstandings and conflicts, creating the "Tower of Babel effect." This article provides a systemic analysis of the challenges of intercultural communication in the professional environment, drawing on theoretical models and Kazakhstani practice. Kazakhstan is considered a unique example of post-Soviet multicultural transformation. The authors identify typical barriers to intercultural communication, as well as successful corporate cases demonstrating ways to overcome them. Recommendations are formulated for developing intercultural competence, institutionalizing mediation practices, and adapting corporate culture to a multiethnic and digital environment. The article is intended for researchers, HR specialists, managers, and consultants working in culturally diverse environments.

Keywords: intercultural communication, Tower of Babel effect, professional environment, Kazakhstan, multiculturalism, communication barriers.

Introduction

Intercultural communication in the professional environment has ceased to be a private matter of international cooperation and has become a fundamental factor for any modern organization. Global economic ties, labor mobility, the expansion of transnational corporations, and the rapid development of digital platforms are creating a space where employees, partners, and clients represent a wide range of cultural, ethnic, religious, and linguistic identities. This space not only expands the horizons of interaction but also creates new challenges in human capital management. One of the most metaphorically accurate images of intercultural failure is the "Tower of Babel effect"—a situation in which participants in a professional dialogue use the same words, terms, or formal procedures, but imbue them with different meanings. This leads to disrupted communication chains, reduced effectiveness of collective decisions, distorted perceptions of management messages, and, as a consequence, to the erosion of trust and the destruction of organizational culture.

The relevance of this research is heightened in the context of Kazakhstan, where multi-ethnicity and multi-religious diversity are not abstract characteristics but an everyday norm. Kazakhstan, as a multinational state, has developed unique mechanisms for cultural integration—from institutional support for ethnocultural associations to promoting the principles of tolerance and linguistic balance. However, in the context of digitalization and the emergence of new forms of employment (remote, project-based, cross-border), traditional models of intercultural interaction are facing the need to adapt.

This study aims to systematically analyze the challenges and prospects of intercultural communication in the professional environment, focusing on the Kazakhstani experience. The focus is not only on identifying

Раздел 4. «Экономика. Общеобразовательные, социально-гуманитарные и фундаментальные дисциплины»

barriers but also on overcoming practices that ensure effective intercultural interaction, conflict prevention, and the transformation of cultural diversity into a source of innovative potential. The article draws on theoretical approaches in the field of intercultural communication, empirical case studies, and practical recommendations relevant to management practice.

Scientific novelty: The article reveals an integrated approach to managing intercultural communication as a factor in organizational sustainability and innovation, including digital tools, soft skills and cases of cross-cultural leadership [1].

Practical significance: The recommendations and tools proposed in the study can be used to develop programs for adapting foreign employees, training managers, and HR strategies in international companies and universities.

Methods

The study utilized content analysis of scientific publications, comparative case studies of international companies, and elements of sociocultural modeling. Hofstede and Hall's models for interpreting cultural differences, as well as visualization tools, were applied. Case studies of companies implementing intercultural inclusivity policies were analyzed.

Results

Understanding the nature of intercultural communication requires addressing a number of fundamental theoretical concepts that form the basis of modern approaches to analyzing professional interactions in a culturally diverse environment. The term "intercultural communication" encompasses not only linguistic interaction between representatives of different cultures, but also a broader set of cognitive, emotional, and behavioral processes mediated by differences in perceptions of reality, norms, and interpretations of meaning. One of the cornerstones of intercultural theory is the model of cultural dimensions of G. Hofstede [2]. The model includes 6 key parameters that determine the differences between national cultures:

1. **Power distance:** High distance: subordinates do not challenge their superiors' opinions (Russia, Mexico). Low distance: hierarchy is perceived as functional but not absolute (Denmark, Sweden).

2. **Uncertainty Avoidance:** High level: need instructions, rules (Greece, Portugal). Low level: flexibility, openness to risk (Singapore, USA).

3. **Individualism and Collectivism:** Individualism is a focus on personal achievement (USA, Canada). Collectivism is the priority of the group, family, team (China, India).

4. **Masculinity and Femininity:** "Masculine" cultures are focused on success and competition (Japan, Germany). "Feminine" cultures are focused on caring, quality of life, and compromise (Netherlands, Sweden).

5. **Long-term and short-term orientation:** Long-term – planning, persistence (China, Japan). Short-term – respect for traditions, fulfilling obligations here and now (USA, Russia).

6. **Indulgence and restraint:** Indulgence – it is allowed to enjoy life, show emotions (Mexico, Sweden). Restraint - social norms restrict behavior (Pakistan, Russia). This model helps HR managers, teachers, and team leaders take cultural differences into account when selecting personnel, organizing motivation, and building dialogue.

These dimensions allow us to formalize differences between national cultures and predict behavioral patterns within organizations. For example, in cultures with high power distance (characteristic, for example, of several Central Asian countries), employees may avoid openly expressing disagreement, which hinders feedback and generates latent conflicts.

This approach is complemented by E. Hall's communication context model, which distinguishes between high-context and low-context cultures. [3].

High-context culture. Information is transmitted through context, nonverbal cues, intuition, and silence. Communication is indirect and ambiguous. Examples: Japan, China, Arab countries.

Раздел 4. «Экономика. Общеобразовательные, социально-гуманитарные и фундаментальные дисциплины»

Low-context culture. Information is conveyed through words, directly and unambiguously. Clear structure and logic in speech. Examples: USA, Germany, Scandinavia. In a professional environment, it's important to understand how straightforward or veiled employees express their opinions. This impacts how they perceive criticism, present ideas, and provide feedback.

Also worthy of attention is the model of adaptation and cultural shock by Yu Kim, according to which entering a new cultural environment goes through the following stages: euphoria, frustration, adaptation, internal cultural enrichment [4].

This cycle is particularly relevant for the corporate environment in Kazakhstan, where more and more specialists are involved in transnational projects, rotations, and interactions with international consultants.

Trompenaars' model of national culture [5]. It consists of 7 dichotomies; the key ones are presented here: Universalism: following general rules. Particularism: making decisions based on the situation, “for one’s own” – one’s own rules. Individualism: every man for himself. Communitarianism: collective interests are important. In neutral cultures, emotions are suppressed (Great Britain, Germany). In emotional cultures, they are expressed openly (Italy, Brazil). Specificity: separation of the personal and professional. Diffusion: fusion of the business and personal. This model is particularly useful in situations of negotiations, partnerships and project management with international participants.

The presented SWOT analysis of intercultural communication models allowed us to identify their strengths and weaknesses, opportunities and threats (Table 1).

Table 1

SWOT analysis of intercultural communication models

Model	Strengths	Weaknesses	Possibilities	Threats
G. Hofstede	A clear quantitative measurement system used in business	May lead to stereotyping and generalization	Application in HR, international management, risk assessment	May become outdated without updates and local adjustments
Edward Hall	The concept of context helps in interpreting hidden communications	Difficult to apply without cultural examples, abstract	Relevant for the development of instructions and training in international projects	It is difficult to measure effectiveness without digital support.
Yun Kim	Focus on adaptation processes is important for migratory environments	Less known in practice, difficult to quantitatively analyze	Development of adaptation programs, support for personnel relocation	The risks of ignoring cultural dynamics and individual differences
Fons Trompenaars	Broad coverage of cultural dimensions, applicable to management and negotiations	The model is cumbersome and requires extensive user training.	Used to develop leadership and emotional intelligence in MNCs	May cause training overload for staff

Model G. Hofstede's framework is particularly effective in corporate settings and HR management. Its strength lies in its quantitative measurement of culture, but its risk lies in its oversimplified interpretation of

Раздел 4. «Экономика. Общеобразовательные, социально-гуманитарные и фундаментальные дисциплины»

nations as homogeneous cultures. When implemented in the construction industry, it should be adapted to regional differences & individual characteristics [2].

Edward Hall's model is valuable for construction projects involving workers from East Asia, the Middle East, and Latin America, where communication is highly contextual. However, the model requires an experienced facilitator—it is difficult to implement without training [3].

The Yun Kim model. Focuses on behavioral adaptation and is useful when hiring migrants or sending specialists abroad. Suitable for HR and onboarding services. A drawback is its weak popularization in business [4].

Trompenaars Model. An excellent tool for managers working in a multicultural environment. In construction, it's useful for project managers, contractors, and negotiators with foreign companies. Complexity: requires extensive preparation and can be overwhelming at the start of training [5].

Based on an analysis of the sources, five key barriers were identified: Linguistic: differences in terminology, accent, and language proficiency. Values: conflicting ideas about power, time, and responsibility. Nonverbal: gestures, communication distance, and eye contact. Cognitive: differences in information processing and logical thinking. Organizational: a lack of transparent corporate policies and inclusive standards. Each of these barriers has its own practical ways to overcome them: education, training, the use of digital solutions, the implementation of diversity ethics, and the creation of an adaptive environment. Barriers and methods for overcoming them in intercultural communication (Table 2).

Table 2

Barriers and methods of overcoming them in intercultural communication

Barrier type	Description	Methods of overcoming
Non-verbal	Gestures, facial expressions and eye contact are interpreted differently	Teaching cultural codes and gestures
Cognitive	Other approaches to analysis, thinking, and decision making	Decision-making models that take into account cultural styles
Organizational	Opaque processes, hierarchical differences, lack of a common corporate culture	Creating an inclusive corporate culture, common rules and standards

Contemporary research emphasizes the need to move away from binary "us versus them" models to the concept of intercultural competence as a cross-professional skill. In Dario's definition According to Pederson, diversity is the ability to interact effectively and appropriately with people from other cultures based on respect, empathy, and awareness. Developing such competence requires not only theoretical knowledge but also experience, reflection, and organizational support (training, mentoring, and institutionalization of diversity) [6].

Thus, the theoretical landscape of intercultural communication defines a whole range of parameters that allow us to diagnose, predict, and manage interactions in multicultural teams. It's important to understand that cultural differences are not limited to differences in languages or customs—they permeate the entire field of professional communication, from understanding tasks and priorities to the ethics of interaction, evaluating effectiveness, and interpreting success.

The Tower of Babel metaphor, which derives from the biblical narrative of the collapse of a unified project due to the confusion of languages and the loss of mutual understanding, remains a remarkably accurate symbol of the challenges organizations face in cross-cultural interactions. In professional settings, this effect takes on a variety of forms, often unconscious to those involved, making it particularly dangerous.

Раздел 4. «Экономика. Общеобразовательные, социально-гуманитарные и фундаментальные дисциплины»

The first level of the effect is literal: discrepancies in linguistic interpretation. Even when using the same language (for example, Russian or English as a corporate lingua franca), there are instances of differences in the meaning of the same terms. For example, the expression "send as soon as possible" can be interpreted differently: as "today," "this week," or even "within a month," depending on the national or professional context.

An example from Kazakhstani practice: in one of the branches of a large company with the participation of foreign contractors, Kazakhstani specialists used the abbreviation "DO" in documents (meaning "cooperation agreement"), while their Uzbek partners interpreted it as "job description," which led to an error in the approval process.

The second level of the Tower of Babel effect is the difference in the interpretation of goals, roles, and responsibilities. Representatives of Western cultures tend to prioritize clearly delineated competencies and expect that task assignments will be accompanied by specific KPIs. Meanwhile, in cultures with collectivist attitudes (including Kazakhstan), social cues, relationships, and the context in which tasks are set are important.

For example, a misunderstanding arose in a project team working in Atyrau with a Dutch contractor: the European manager expected the engineer to develop a solution independently, while the Kazakhstani specialist expected the initiative to come from management. As a result, the deadline was missed, and both sides accused each other of inaction.

A dangerous form of intercultural disruption is symbolic conflict, in which one party's behavior is perceived as disrespectful or offensive. For example, the direct style of criticism accepted in some Western companies can be perceived as rude in Kazakhstani and Kyrgyz professional cultures, where respectful feedback is valued.

Holidays, gender roles, hierarchy, and religious considerations can also be sources of misunderstanding. Ignoring a national holiday (such as Nauryz) in an international team can be perceived as cultural insensitivity, even if it formally does not violate regulations.

Modern digital channels, especially messaging apps, Zoom, and corporate platforms (e.g., Microsoft Teams), exacerbate the Tower of Babel effect. The lack of nonverbal cues and differences in digital etiquette (e.g., "camera off," "no emojis," "stiff style") become open to interpretation.

In one company in Kazakhstan, a young employee did not use emojis in correspondence with a German manager, which the latter perceived as coldness and disinterest, while in the employee's corporate culture it was considered inappropriate to embellish business communication with excessive emotionality [7,8].

If the phenomenon of intercultural biases is ignored, they begin to influence key aspects of organizational activities: the speed and quality of decision-making decreases; hidden conflicts and staff turnover arise; is disrupted (especially in cross-functional teams); the employer brand in the international market is deteriorating.

Thus, the Tower of Babel effect is not an abstract threat, but a very specific management problem that requires a systemic approach. In Kazakhstan's multicultural environment, its manifestations are particularly multilayered and depend not only on ethnocultural differences but also on generational, territorial, and linguistic characteristics.

Kazakhstan represents a unique model of interethnic coexistence, combining an institutionalized policy of national unity with genuine cultural diversity in organizations. More than 130 ethnic groups, a multilingual environment, the presence of formalized bodies for strengthening interethnic harmony (such as the Assembly of the People of Kazakhstan), and the relatively peaceful nature of ethnic and religious interaction make the country an important case study for analyzing intercultural communication practices.

However, at the professional level, cultural diversity often acts not as a resource but as a hidden challenge. Intercultural differences manifest themselves at three levels: linguistic, behavioral, and value-symbolic.

Despite the formal equality of languages, Russian remains the dominant language in business communication in most Kazakhstani companies. At the same time, there has been a steady increase in the number of Kazakh-speaking employees, especially in the regions, as well as an increase in the proportion of young professionals educated in the state language.

As a result, a linguistic asymmetry arises, in which management documents (instructions, regulations, orders) are mainly developed in Russian, oral communication (in particular, informal) is increasingly switching

Раздел 4. «Экономика. Общеобразовательные, социально-гуманитарные и фундаментальные дисциплины»

to Kazakh, digital tools (ERP, HRM systems) do not always have the correct Kazakh localization, Middle managers have difficulty translating regulatory language.

Example: in one department of a large metallurgical company, management prepared regulations in Russian, while line workers spoke Kazakh. The lack of adequate translation led to disorientation and safety violations, necessitating an urgent revision of the documentation and the introduction of oral instructions.

Within a single organization, different communication styles may coexist, due not only to ethnic differences, but also to regional, generational, and religious characteristics. For example: Kazakh employees of the older generation are often oriented towards respect for hierarchy, evasive forms of expressing disagreement and high importance of relationships, Russian-speaking specialists tend to present information more directly and rationally, Young people who have completed international programs (Bolashak and others) demonstrate a hybrid style that combines global norms with local codes. This diversification requires special skills from HR specialists, team leaders, and managers: from the ability to read non-verbal cues to the ability to create a common semantic field in a diverse team.

Some large organizations in Kazakhstan have made attempts to formalize and develop intercultural competence at the corporate level [7,8].

JSC KazMunayGas: introduction of cross-cultural training communications for employees working with foreign contractors, translation of safety standards into three languages: Kazakh, Russian and English, Formation of feedback groups in multicultural teams.

Nazarbayev University: creation of a bilingual academic environment (EN/KZ), Mandatory cultural sensitivity training for faculty and administrative staff, Inclusive policy when hiring employees from different countries and regions of Kazakhstan.

The Kazakhstan case demonstrates that with proper institutionalization, respect for differences, and flexible management, interculturality ceases to be a barrier and becomes a resource. This approach allows for the expansion of team creativity through a diversity of perspectives; build trust and reduce employee turnover; to form a positive image of the employer in a competitive labor market; develop localized forms of leadership and management adapted to the Kazakhstani context.

Thus, Kazakhstan's experience suggests the possibility of building an organizational model of intercultural resilience, in which the values of diversity are integrated into management practices, communication procedures, and corporate culture. However, the challenge remains: the transition from declarative multiculturalism to genuine inclusion in everyday professional practice.

Digital transformation, which has permeated all areas of professional life, has radically altered the nature of communication within organizations. On the one hand, it has provided unique tools for overcoming physical, temporal, and linguistic barriers—from online translators to asynchronous collaboration platforms. On the other hand, the digital environment has created new risks, exacerbating the "Tower of Babel effect" in multilingual and multicultural teams.

One of the key consequences of digitalization has been the shift toward asynchronous communication: email, corporate messaging apps (WhatsApp, Telegram, Teams, Slack), and internal portals have replaced face-to-face communication. As a result, a gap arises between the sender's intent and the recipient's perception, especially when they come from different cultures with varying sensitivity to context.

In low-context cultures (for example, among expats from Germany or the Netherlands), the lack of an immediate response by email may be perceived as ignoring, whereas in Kazakhstani practice, a pause in communication may be due to hierarchical subordination or the expectation of approval from above.

Digital tools actively use automatic translation, emoji, templates, and visual codes, which are not always universal. For example, in English-language correspondence, "no" is interpreted as a neutral gesture of agreement, but in Eastern European and Asian contexts, it can be perceived as a formal refusal to continue the dialogue. Google Translate often translates from Kazakh to Russian with distorted business terms (e.g., " еңбек шартын бұзу » → «to terminate an agreement», but in the context of personnel records management it is more correct to say «termination of an employment contract»).

Particularly dangerous is the opacity of symbolic meanings: avatars, stickers, email signatures, and the use of informal tones all become sources of frustration and misunderstanding in cross-cultural correspondence.

Раздел 4. «Экономика. Общеобразовательные, социально-гуманитарные и фундаментальные дисциплины»

The development of digital platforms has revealed a new type of cultural divide—one rooted in differences in digital literacy, interaction habits, and access to technology. In Kazakhstan's professional environment, this is particularly evident in the gap between: generation 50+ and young digital-native employees; employees of capital offices and workers in regions where the Internet is limited or a corporate system (1C, SAP, CRM) is not used; Russian-speaking users with experience working with global platforms and Kazakh-speaking specialists for whom the interface of many programs is not accessible in the state language.

Thus, digitalization increases not only productivity but also cultural fragmentation if not accompanied by digital inclusion policies.

Despite the risks, the digital environment can be a catalyst for enhancing intercultural understanding if properly localized and supported. Several companies in Kazakhstan have demonstrated effective solutions:

Samruk-Kazyna JSC has implemented a corporate portal with full dubbing of the interface and documents in Kazakh and Russian, and has also created a database of audio instructions for employees with low levels of digital literacy. Tengizchevroil LLP uses chatbots for internal communications, which include speech templates that take into account cultural nuances (polite forms of address, plurals in responses, etc.).

peer-assisted system has been implemented at one of the capital's universities. learning on digital platforms where people from different ethnic groups help each other master online tools, which promotes trust and cultural exchange.

To minimize cultural risks in the digital environment, the following set of strategies is proposed: Localization of interfaces and automated notifications in all working languages of the company; Regular audit of digital barriers (including UX analysis with a cultural component); Integration of visual neutrality (e.g. replacing emoji with standard icons, using infographic templates); Training in digital etiquette and cross-cultural online communication as part of onboarding [9]; Use of video formats in which non-verbal cues partially compensate for the lack of context (especially in interregional communication).

Thus, digitalization acts as a dual factor in intercultural communication: on the one hand, it provides tools for inclusion, but on the other, it produces new forms of cultural divides. Transforming the digital environment from a source of disintegration into a space for productive dialogue is only possible with a systemic, inclusive, and culturally sensitive digital policy.

Overcoming the Tower of Babel effect in the professional environment requires a shift from spontaneous reactions to cultural differences to a holistic, institutionalized system for managing intercultural interactions. In the context of the growing complexity of communication processes, digitalization, and international cooperation, especially in multi-ethnic countries like Kazakhstan, culture is becoming not an external context, but an internal dimension of organizational effectiveness.

Let's look at key strategies that enable organizations to build a sustainable model of intercultural communication—not as an isolated skill of individual employees, but as a component of organizational design.

Intercultural competence is today considered one of the critically important soft skills [1]. It includes: cognitive component (knowledge about other cultures), affective component (empathy, tolerance for uncertainty), behavioral component (flexibility in communication styles, conflict management).

Organizations in Kazakhstan (for example, in the energy, education, and transnational consulting sectors) have already begun to implement elements of intercultural training as part of onboarding and leadership development programs. However, issues related to the systematic nature and effectiveness of such activities remain unresolved [9-13].

Recommendations: introduction of an intercultural competence profile into the personnel assessment model (especially in projects with international participation); organizing immersion in a cross-cultural environment (rotation, shadowing, multicultural project teams); implementation of peer-feedback between representatives of different ethnic and linguistic groups.

Isolated initiatives are ineffective without institutionalization. Sustainability-focused companies are moving from one-time training sessions to institutionalizing cross-cultural sensitivity. This may include: appointment of persons responsible for cultural mediation (Cultural Advisor, Diversity Manager); creation of ethical codes that take into account cultural diversity; regular audit of cultural risks (especially in regions with

Раздел 4. «Экономика. Общеобразовательные, социально-гуманитарные и фундаментальные дисциплины»

high ethnic diversity); development of glossaries and adapted reference books on terms and business vocabulary in two or more languages.

Example: one of the telecommunications companies in Kazakhstan introduced the practice of intercultural certification of managers working in branches with a high level of ethnic diversity (for example, in the Almaty and South Kazakhstan regions).

Universal HR standards are increasingly being supplemented by local and culturally specific adaptations. In Kazakhstan, this means, for example, taking national and religious holidays into account in work schedules and communication regulations (Nauryz, Oaza). ait , Kurban ait); providing alternative forms of feedback (written, anonymous, visual) for employees from cultures that are not prone to open criticism; Implementation of bilingual document management and adaptation of corporate platform interfaces to the Kazakh language.

HR policies should take into account not only formal equality, but also the cultural validity of procedures: from performance assessment to motivation and career growth.

In a cross-cultural environment, a leader functions not simply as a manager, but as a moderator of cultural differences. Effective leaders: decode signals coming from different cultural systems; adapt the communication style to the addressee; create a safe environment for expressing identity; are an example of inclusive behavior.

A Kazakh example: the head of a department at an international oil company holds monthly "cultural dialogues," where employees of different nationalities share their traditions, views, and expectations of the work process. This builds trust and reduces barriers.

Digital tools can not only enhance but also mitigate cultural differences when used correctly. It is recommended that interfaces be designed with linguistic and visual preferences in mind (fonts, color codes, communication style); using chatbots in multiple languages to resolve HR issues (e.g., vacation, pay, training); creating unified platforms for multicultural teams that allow for flexibility in timing, presentation style, and task visualization.

Thus, an effective intercultural management strategy must rely on a combination of institutional mechanisms, a competency-based approach, flexible HR tools, and culturally sensitive leadership. Only then will cultural diversity cease to be a management problem and become a strategic asset for the organization.

Discussion

The results confirm the need for a systematic approach to managing intercultural communication. Companies that ignore cultural differences face increased employee turnover, decreased team effectiveness, and reputational risks. Conversely, those that implement cross-cultural strategies demonstrate resilience, innovation, and high employee engagement. It is important to emphasize that digitalization is not the enemy of interculturalism, but rather its ally, if implemented correctly.

Conclusion

The modern professional environment is inevitably becoming culturally multilayered—a result of globalization, digitalization, migration, and the transformation of employment models. Under these conditions, intercultural communication is no longer an optional skill but a cornerstone of organizational resilience, leadership effectiveness, and HR strategies.

As the analysis shows, the "Tower of Babel effect" is not a metaphorical threat, but a real phenomenon manifesting itself in semantic distortions, cognitive gaps, value conflicts, and digital misunderstandings. These disruptions lead to decreased interaction effectiveness, increased latent tensions, and distorted management signals. This is especially acute in countries with a pronounced multi-ethnic population, such as Kazakhstan.

The Kazakhstani experience analyzed in this article demonstrates that with institutional will, cultural sensitivity, and a strategic approach, it is possible to build a productive model of intercultural communication in which differences are not suppressed but integrated into a common organizational whole. Language asymmetries, differences in communication styles, and the digital divide can all be compensated for through

Раздел 4. «Экономика. Общеобразовательные, социально-гуманитарные и фундаментальные дисциплины»

the development of intercultural competence, the implementation of adapted digital solutions, the institutionalization of inclusive policies, and leadership focused on understanding rather than domination.

Thus, the path to overcoming the Tower of Babel effect lies not through standardization, but through the recognition, respect, and active management of cultural diversity. Only in this way can potential barriers be transformed into a source of innovation, creativity, and organizational maturity. In a rapidly growing world, it is the organization that learns to "speak different languages while maintaining meaning" that will gain a sustainable competitive advantage in the future.

To eliminate the Tower of Babel effect in the construction professional environment, it is necessary to implement programs to develop cross-cultural competence among engineers, managers, and workers; digital tools for visualizing and translating instructions (BIM, AR); adaptive models for managing multicultural teams; and the development of a unified regulatory and value base through project regulations. We present a program for the development of cross-cultural competence in the construction industry .

The program's goal is to develop sustainable skills in construction employees for interacting with representatives of different cultures on construction sites and in project offices.

Module name	Content
Introductory module	Introduction to Intercultural Communication (Online Course + Case Studies)
Module 1	Cultural models (Hofstede , Hall, Trompenaars) and their application in construction practice
Module 2	Ethical norms, behavioral patterns, and body language in different cultures
Module 3	Teamwork and leadership in a multicultural environment
Module 4	Digital tools for translation, visualization, and visual instructions (BIM, AR, multilingual panels)
Final module	Project-based business game with modeling of typical situations

Sales formats: Online webinars and video instructions. Master classes with facilitators. Visual simulators on the construction site. Integration into the occupational safety and corporate training system.

Target audience: Site managers, foremen, HR managers, occupational safety specialists, engineers, foreign contractors.

Expected results: Reducing misunderstandings and conflicts. Improving decision-making speed. Improving industrial safety. Strengthening team spirit in multicultural teams.

To eliminate the Tower of Babel effect in the professional environment, it is necessary to implement programs to develop cross-cultural competence; digital communication solutions; adaptive leadership and diversity management models; and the creation of a unified language and values platform within the corporate environment.

References

1. Gelmanova Z.S., Saulsky Yu.N., Petrovskaya A.S. Hard skills and soft skills: meaning, differences and role in personnel development // In the world of science and education. – 2025.
2. Hofstede G., Hofstede G.J., Minkov M. Cultures and Organizations: Software of the Mind. – New York: McGraw-Hill, 2020. – 576 p.
3. Hall E.T. Beyond Culture. – New York: Anchor Books, 2019. – 320 p.

Раздел 4. «Экономика. Общеобразовательные, социально-гуманитарные и фундаментальные дисциплины»

4. Kim Y.Y. Becoming intercultural: An integrative theory of communication and cross-cultural adaptation. – Thousand Oaks, CA: Sage, 2018. – 360 p.
5. Hofstede G. On the waves of commerce: testing Trumpeenaars’s “model” of differences in national cultures // International Journal of Intercultural Relations. – 2016. – Vol. 20, No. 2. – P. 189–198.
6. Pedersen P. The five stages of culture shock: Critical incidents around the world. – Westport, CT: Greenwood Press, 2020. – 300 p.
7. Suleimenova E.D. Intercultural competence in Kazakhstan: challenges and opportunities // Central Asian Journal of Education and Research. – 2021.
8. Bissenova A. Kazakhstan's urban middle class and the discourse of “cultural modernity” // Europe-Asia Studies. – 2017. – Vol. 69, No. 4. – P. 675–698.
9. Gelmanova Z.S., Saulsky Yu.N., Petrovskaya A.S., Ivanova A.V. Modern onboarding strategies: innovative approaches to the adaptation of new employees // In the world of science and education. – 2025.
10. Gelmanova Z.S., Saulsky Yu.N., Ivanova A.V. Labor mobility and migration: effective management of international teams through methods and tools of adaptation and interaction // In the world of science and education. – 2024.
11. Gelmanova Z.S., Saulsky Yu.N., Petrovskaya A.S., Latypova M.A. Transformation of the role of the HR director: from administrative management to strategic leadership // In the world of science and education. – 2025.
12. Gelmanova Z.S., Saulsky Yu.N., Ivanova A.V. Leadership with understanding: empathy as the key to success in personnel management // Endless light in science. – 2024.
13. Gelmanova Z.S., Saulsky Yu.N., Ivanova A.V. Formation of leadership competencies of employees through HR tools: implementation of training and mentoring programs for the development of human resources potential // Endless light in science. – 2024.

З.С Гельманова, А.В.Ф. Вазани

КӘСІБИ ОРТАДАҒЫ МӘДЕНИЕТАРАЛЫҚ БАЙЛАНЫСТЫҢ ҚИЫНДЫҚТАРЫ МЕН БОЛАШАҒЫ: БАБЕЛ ЭФФЕКТ Мұнарасынан ҚАЛАЙ ҚАЛУҒА БОЛАДЫ

Жаһандану, цифрландыру және көпмәдениетті ұжымдардың өсуі жағдайында мәдениетаралық коммуникация кәсіби ортаның тұрақты дамуы үшін шешуші мәнге ие болып отыр. Әртүрлі мәдениет өкілдерінің тиімді өзара әрекеттесуі 21 ғасырдағы ұйымдар табысының шешуші факторына айналуға. Дегенмен, мағыналарды түсіндірудегі, қарым-қатынас стиліндегі және басқару тәсілдеріндегі айырмашылықтар түсінбеушілік пен қақтығыстарға әкеліп, «Вавилон мұнарасының әсерін» тудыруы мүмкін. Бұл мақалада теориялық үлгілер мен қазақстандық тәжірибеге сүйене отырып, кәсіби ортадағы мәдениетаралық коммуникация мәселелеріне жүйелі талдау жасалған. Қазақстан посткеңестік көпмәдениетті трансформацияның бірегей үлгісі болып саналады. Авторлар мәдениетаралық қарым-қатынастағы типтік кедергілерді, сондай-ақ оларды жеңу жолдарын көрсететін табысты корпоративтік жағдайларды анықтайды. Ұсыныстар мәдениетаралық құзыреттілікті дамыту, медиация тәжірибесін институттандыру және корпоративтік мәдениетті полиэтникалық және цифрлық ортаға бейімдеу бойынша тұжырымдалған. Мақала әртүрлі мәдени орталарда жұмыс істейтін зерттеушілерге, HR мамандарына, менеджерлерге және кеңесшілерге арналған.

Түйін сөздер: мәдениетаралық коммуникация, Бабель мұнарасы эффектісі, кәсіби орта, Қазақстан, мультикультурализм, коммуникациялық кедергілер.

З.С Гельманова, А.В. Файез Вазани

Раздел 4. «Экономика. Общеобразовательные, социально-гуманитарные и фундаментальные дисциплины»

ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ МЕЖКУЛЬТУРНОЙ КОММУНИКАЦИИ В ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ СРЕДЕ: КАК ИЗБЕЖАТЬ ЭФФЕКТА ВАВИЛОНСКОЙ БАШНИ

В условиях глобализации, цифровизации и роста многокультурных коллективов межкультурная коммуникация становится критически важной для устойчивого развития профессиональной среды. Эффективное взаимодействие между представителями разных культур становится важнейшим фактором успеха организаций в XXI веке. Однако различия в интерпретации смыслов, стилях коммуникации и подходах к управлению могут приводить к недопониманию и конфликтам, создавая эффект «Вавилонской башни». В статье представлен системный анализ проблем межкультурной коммуникации в профессиональной среде с опорой на теоретические модели и казахстанскую практику. Казахстан рассматривается как уникальный пример постсоветской мультикультурной трансформации. Авторы выявляют типичные барьеры межкультурной коммуникации, а также приводят примеры успешных корпоративных кейсов, демонстрирующих способы их преодоления. Сформулированы рекомендации по развитию межкультурной компетентности, институционализации медиации и адаптации корпоративной культуры к многоэтнической и цифровой среде. Статья предназначена для исследователей, специалистов по управлению персоналом, менеджеров и консультантов, работающих в условиях многокультурного взаимодействия.

Ключевые слова: межкультурная коммуникация, эффект Вавилонской башни, профессиональная среда, Казахстан, мультикультурализм, коммуникативные барьеры.

Список литературы

1. Gelmanova Z.S., Saulsky Yu.N., Petrovskaya A.S. Hard skills and soft skills: meaning, differences and role in personnel development // In the world of science and education. – 2025.
2. Hofstede G., Hofstede G.J., Minkov M. Cultures and Organizations: Software of the Mind. – New York: McGraw-Hill, 2020. – 576 p.
3. Hall E.T. Beyond Culture. – New York: Anchor Books, 2019. – 320 p.
4. Kim Y.Y. Becoming intercultural: An integrative theory of communication and cross-cultural adaptation. – Thousand Oaks, CA: Sage, 2018. – 360 p.
5. Hofstede G. On the waves of commerce: testing Trumpeñaars’s “model” of differences in national cultures // International Journal of Intercultural Relations. – 2016. – Vol. 20, No. 2. – P. 189–198.
6. Pedersen P. The five stages of culture shock: Critical incidents around the world. – Westport, CT: Greenwood Press, 2020. – 300 p.
7. Suleimenova E.D. Intercultural competence in Kazakhstan: challenges and opportunities // Central Asian Journal of Education and Research. – 2021.
8. Bissenova A. Kazakhstan's urban middle class and the discourse of “cultural modernity” // Europe-Asia Studies. – 2017. – Vol. 69, No. 4. – P. 675–698.
9. Gelmanova Z.S., Saulsky Yu.N., Petrovskaya A.S., Ivanova A.V. Modern onboarding strategies: innovative approaches to the adaptation of new employees // In the world of science and education. – 2025.
10. Gelmanova Z.S., Saulsky Yu.N., Ivanova A.V. Labor mobility and migration: effective management of international teams through methods and tools of adaptation and interaction // In the world of science and education. – 2024.
11. Gelmanova Z.S., Saulsky Yu.N., Petrovskaya A.S., Latypova M.A. Transformation of the role of the HR director: from administrative management to strategic leadership // In the world of science and education. – 2025.
12. Gelmanova Z.S., Saulsky Yu.N., Ivanova A.V. Leadership with understanding: empathy as the key to success in personnel management // Endless light in science. – 2024.

Раздел 4. «Экономика. Общеобразовательные, социально-гуманитарные и фундаментальные дисциплины»

13. Gelmanova Z.S., Saulsky Yu.N., Ivanova A.V. Formation of leadership competencies of employees through HR tools: implementation of training and mentoring programs for the development of human resources potential // Endless light in science. – 2024.

Раздел 4. «Экономика. Общеобразовательные, социально-гуманитарные и фундаментальные дисциплины»

FTAMP 50.47.02
ӘОЖ 681.518.5

DOI: [10.53002/081](https://doi.org/10.53002/081)

Е.Ю. Гребенников, Е.С. Саулетов

Karaganda Industrial University, Temirtau, Kazakhstan
(E-mail: ye.grebennikov@ttu.edu.kz)

Биоэлектрлік феномендер мен олардың тірі организмдерде қолданылуы

Бұл мақалада биоэлектрлік феномендер мен олардың тірі организмдерде қолданылуы қарастырылған. Биоэлектрлік феномендер организмдердің тіршілігін қамтамасыз ететін және олардың физиологиялық процестеріне әсер ететін электрлік құбылыстар болып табылады. Зерттеу барысында биоэлектрлік құбылыстардың ағзалардағы рольдері, оларды қолданудың қазіргі жетістіктері мен мүмкіндіктері талқыланады. Сонымен қатар, биоэлектрлік феномендердің медицина, нейробиология, биотехнология және экология салаларындағы маңызы мен болашағы қарастырылған. Бұл жұмыс биоэлектрлік құбылыстарды түсіну арқылы биология мен медицина саласында жаңа әдістер мен технологияларды дамытуға бағытталған.

Түйін сөздер: Биоэлектрлік феномендер, биоэлектрлік құбылыстар, нейробиология, биотехнология, экология, медициналық қолданулар, электрлік сигналдар, организмдердің физиологиясы.

Kіріспе

Биоэлектрлік феномендер тірі организмдерде пайда болатын электрлік құбылыстар болып табылады, олардың ролі физиология мен биология саласында маңызды. Бұл феномендер физиологиялық процестердің қалыпты жүрісін қамтамасыз етіп, ағзалардың барлық деңгейлерінде функционалдық өзгерістерді бақылап отыруға мүмкіндік береді. Мысалы, нейрондар арасында электрлік сигналдардың берілуі, жүрек-қан тамыр жүйесінің реттелуі, бұлшық еттер мен гормондардың қызметі барлығы биоэлектрлік процестермен тығыз байланысты.

Бұл құбылыстардың маңызы тек биология мен медицина саласында ғана емес, сондай-ақ инженерия, биотехнология және экология салаларында да айқын көрінеді. Қазіргі уақытта биоэлектрлік феномендер медициналық диагностика мен терапияда кеңінен қолданылуда. Электрлік сигналдарды өлшеу арқылы түрлі ауруларды диагностикалауға мүмкіндік туды. Сонымен қатар, электрлік импульстардың тиімді әсер етуі тірі ағзалардағы регенерациялық процестерді жеделдетуге септігін тигізеді. Бұдан бөлек, биоэлектрлік құбылыстар тіршілік ортасының өзгерістеріне жауап ретінде ағзалардың бейімделу қабілетін көрсететін механизмдер ретінде қарастырылады.

Мақалада биоэлектрлік феномендер мен олардың тірі организмдердегі қолданылуы зерттеледі. Биоэлектрлік құбылыстарды түсіну арқылы біз организмдердің ішкі процестерін тереңірек зерттеп, олардың денсаулығын сақтау, ауруларды емдеу және биотехнологиялық зерттеулерді дамыту мүмкіндіктерін кеңейтеміз.

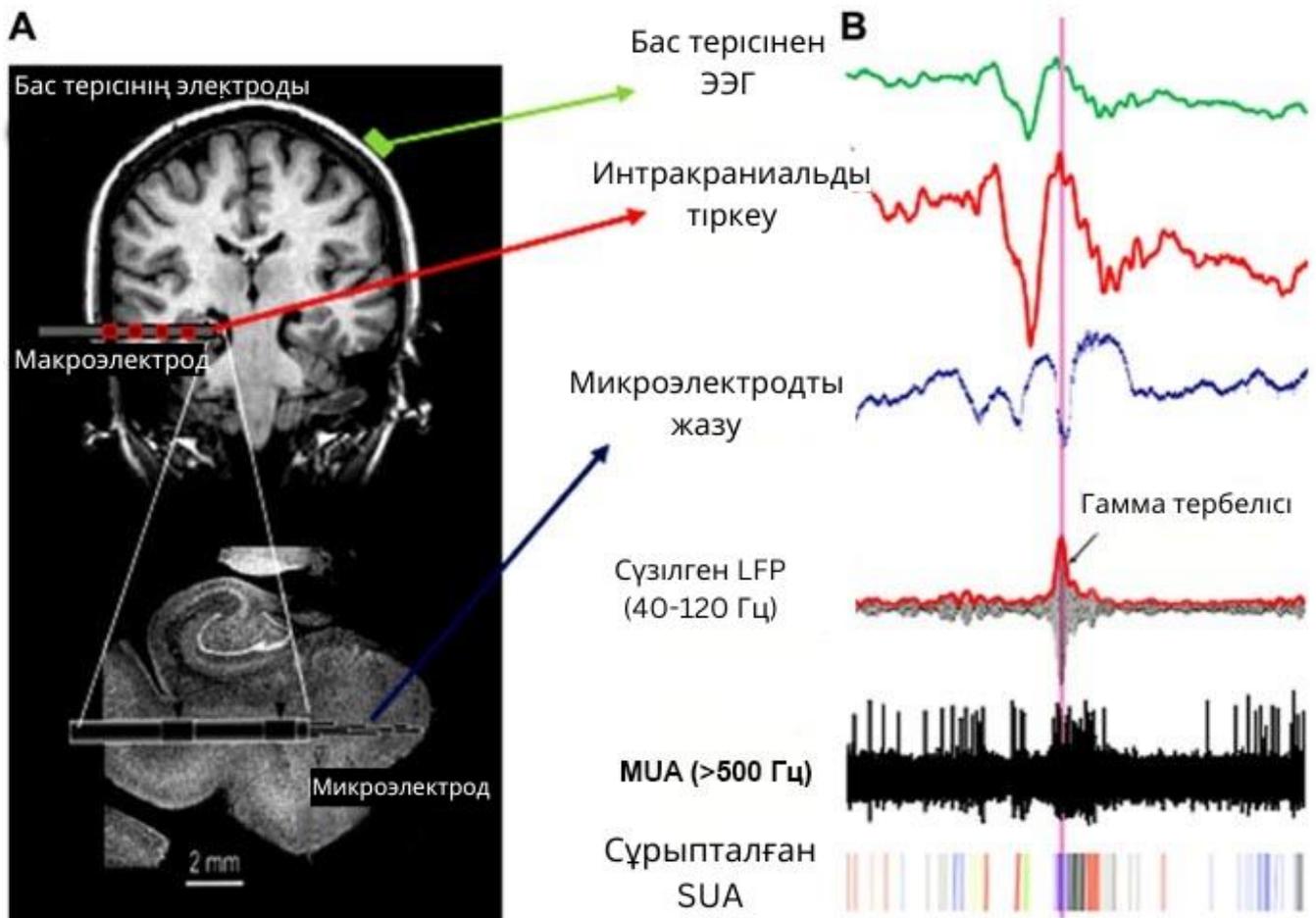
Әдістер мен материалдар

Бұл зерттеуде биоэлектрлік феномендерді тереңірек зерттеу үшін әдебиеттерді шолу, зертханалық эксперименттер, теориялық талдау және қазіргі заманғы зерттеу әдістері қолданылады. Әсіресе,

Раздел 4. «Экономика. Общеобразовательные, социально-гуманитарные и фундаментальные дисциплины»

биоэлектрлік құбылыстарды зерттеу барысында жасалған ғылыми жұмыстары мен тәжірибелік зерттеулердің нәтижелері басым болады.

Зерттеулер биоэлектрлік құбылыстардың физиологиялық негіздерін анықтауға, олардың ағзаның жүйелеріне әсерін түсінуге және медицинадағы қолдану мүмкіндіктерін зерттеуге бағытталған. Талдау үшін негізгі әдістер ретінде электрофизиология, молекулалық биология және биоэлектрлік сигналдарды зерттеу қолданылды. Бұл әдістердің көмегімен нейрондардың электрлік белсенділігі, жүрек-қан тамыр жүйесі мен бұлшық еттердегі биоэлектрлік құбылыстар, сондай-ақ, электрлік импульстардың тірі ағзаға әсері зерттелді.



Сурет 1. Мидың биоэлектрлік белсенділігі

Сондай-ақ, биоэлектрлік технологияларды қолданудың қазіргі кезеңдегі жағдайы мен болашағын бағалау үшін әртүрлі медициналық құрылғылар мен әдістерді зерттеу әдісі қолданылды. Мысалы, электрокардиограмма (ЭКГ) мен электросефалография (ЭЭГ) сияқты құралдар биоэлектрлік құбылыстарды зерттеуде кеңінен пайдаланылады. Бұл құрылғыларды қолдану арқылы ағзалардың биоэлектрлік параметрлерін өлшеу және әртүрлі ауруларды ерте кезеңде диагностикалау мүмкіндігі пайда болады.

Нәтижелер мен пікірталас

Раздел 4. «Экономика. Общеобразовательные, социально-гуманитарные и фундаментальные дисциплины»

Биоэлектрические феномены в первую очередь биологические процессы, протекающие в организме, зависят от его состояния. Нейронная проводимость исследуется в основном биоэлектрические явления нейронами и их системы динамически эволюционируют. Электрические сигналы в нервной системе передаются от аксонов к дендритам и наоборот. Это электрические импульсы, которые являются основой для передачи информации в нервной системе. Эти импульсы возникают в результате взаимодействия различных факторов, таких как химические вещества, электрические поля и т.д. В результате этого взаимодействия возникает электрический потенциал, который и является основой для передачи информации.

Жизненно важные функции организма зависят от биоэлектрических явлений. Биоэлектрические явления играют важную роль в передаче информации в нервной системе. Эти явления возникают в результате взаимодействия различных факторов, таких как химические вещества, электрические поля и т.д. В результате этого взаимодействия возникает электрический потенциал, который и является основой для передачи информации.

Биоэлектрические явления играют важную роль в передаче информации в нервной системе. Эти явления возникают в результате взаимодействия различных факторов, таких как химические вещества, электрические поля и т.д. В результате этого взаимодействия возникает электрический потенциал, который и является основой для передачи информации.

Биоэлектрические явления играют важную роль в передаче информации в нервной системе. Эти явления возникают в результате взаимодействия различных факторов, таких как химические вещества, электрические поля и т.д. В результате этого взаимодействия возникает электрический потенциал, который и является основой для передачи информации.

Қорытынды

Биоэлектрические феномены в первую очередь биологические процессы, протекающие в организме, зависят от его состояния. Нейронная проводимость исследуется в основном биоэлектрические явления нейронами и их системы динамически эволюционируют. Электрические сигналы в нервной системе передаются от аксонов к дендритам и наоборот. Это электрические импульсы, которые являются основой для передачи информации в нервной системе. Эти импульсы возникают в результате взаимодействия различных факторов, таких как химические вещества, электрические поля и т.д. В результате этого взаимодействия возникает электрический потенциал, который и является основой для передачи информации.

Жизненно важные функции организма зависят от биоэлектрических явлений. Биоэлектрические явления играют важную роль в передаче информации в нервной системе. Эти явления возникают в результате взаимодействия различных факторов, таких как химические вещества, электрические поля и т.д. В результате этого взаимодействия возникает электрический потенциал, который и является основой для передачи информации.

Әдебиеттер тізімі

1. Smith, J., Brown, A. Bioelectricity: Principles and Applications / J. Smith, A. Brown. — New York: Academic Press, 2020. — 356 p.
2. Green, R., Johnson, L. The Role of Bioelectric Phenomena in Medical Applications / R. Green, L. Johnson // Journal of Biomedical Science. — 2019. — Vol. 34, No. 2. — P. 115–130.
3. Miller, P., Roberts, H. Neuroelectricity and Brain Function / P. Miller, H. Roberts. — Cambridge: Cambridge University Press, 2021. — 412 p.
4. Anderson, T. Biotechnology and Bioelectricity: The Future of Medicine / T. Anderson // BioTech Journal. — 2022. — Vol. 15, No. 4. — P. 225–240.

Е.Ю. Гребенников, Е.С. Саулетов

Биоэлектрические явления и их применение в живых организмах

В этой статье рассматриваются биоэлектрические явления и их применение в живых организмах. Биоэлектрические явления — это электрические явления, которые

Раздел 4. «Экономика. Общеобразовательные, социально-гуманитарные и фундаментальные дисциплины»

поддерживают жизнь организмов и влияют на их физиологические процессы. В ходе исследования обсуждается роль биоэлектрических явлений в организмах, современные достижения и возможности их применения. Кроме того, рассматриваются значение и перспективы биоэлектрических явлений в области медицины, нейробиологии, биотехнологии и экологии. Эта работа направлена на разработку новых методов и технологий в области биологии и медицины путем понимания биоэлектрических явлений.

Ключевые слова: биоэлектрические явления, биоэлектрические явления, нейробиология, биотехнология, экология, медицинские применения, электрические сигналы, физиология организмов.

E.Y. Grebennikov, E.S. Sauletov

Bioelectric phenomena and their application in living organisms

This article discusses bioelectric phenomena and their application in living organisms. Bioelectric phenomena are electrical phenomena that support the life of organisms and affect their physiological processes. The research discusses the role of bioelectric phenomena in organisms, modern achievements and the possibilities of their application. In addition, the importance and prospects of bioelectric phenomena in the fields of medicine, neurobiology, biotechnology and ecology are considered. This work is aimed at developing new methods and technologies in the field of biology and medicine by understanding bioelectric phenomena.

Keywords: bioelectric phenomena, bioelectric phenomena, neurobiology, biotechnology, ecology, medical applications, electrical signals, physiology of organisms.

References

1. Smith, J., Brown, A. Bioelectricity: Principles and Applications / J. Smith, A. Brown. — New York: Academic Press, 2020. — 356 p.
2. Green, R., Johnson, L. The Role of Bioelectric Phenomena in Medical Applications / R. Green, L. Johnson // Journal of Biomedical Science. — 2019. — Vol. 34, No. 2. — P. 115–130.
3. Miller, P., Roberts, H. Neuroelectricity and Brain Function / P. Miller, H. Roberts. — Cambridge: Cambridge University Press, 2021. — 412 p.
4. Anderson, T. Biotechnology and Bioelectricity: The Future of Medicine / T. Anderson // BioTech Journal. — 2022. — Vol. 15, No. 4. — P. 225–240.

Раздел 4. «Экономика. Общеобразовательные, социально-гуманитарные и фундаментальные дисциплины»

FTAMP 50.47.02
ӨОЖ 681.518.5

DOI: [10.53002/082](https://doi.org/10.53002/082)

Т.Р. Толенов, Н.К. Кусаинов

*Karaganda Industrial University, Temirtau, Kazakhstan
(E-mail: t.tolenov@ttu.edu.kz)*

Жердің магнит өрісінің құрылымы мен ғаламшардағы тіршілікке әсері

Жердің магнит өрісі — бұл планетамыздың қорғаныс жүйесінің бір бөлігі болып табылатын маңызды құбылыс. Бұл өріс сыртқы ғарыштық радиация мен күн желдерінен қорғап, ғаламшардағы тіршіліктің сақталуына ықпал етеді. Магнит өрісі ғаламшардың терең құрылысы мен оның сыртқы ортасындағы динамикалық процестердің өзара әсерлесуінің нәтижесі болып табылады. Мақалада Жердің магнит өрісінің құрылымдық ерекшеліктері, оның өзгерістерінің ғаламшардағы тіршілікке әсері қарастырылады. Зерттеу нәтижелері Жердің магнит өрісінің динамикалық жағдайларын анықтайтын факторларды, сондай-ақ оның тіршілікке әсер ету механизмдерін ашып көрсетеді.

Түйін сөздер: Жердің магнит өрісі, ғаламшарлық қорғаныс, күн желі, радиациялық белдеу, тіршілік, геофизика.

Kіріспе

Жердің магнит өрісі — бұл планетамызды қоршап тұрған, ғаламшардың ішкі құрылысының, әсіресе ядросының қозғалысымен қалыптасатын күштік өріс. Бұл өріс күн желінен және ғарыштық радиациядан Жер бетінде тіршіліктің сақталуына мүмкіндік беретін қорғаныс қабаты ретінде қызмет атқарады. Магнит өрісі Жердің сыртқы ортасының динамикалық жағдайларымен тығыз байланысты, ал оның өзгерістерін зерттеу ғаламшарымыздың терең құрылысын, сондай-ақ ғарыштық процестердің Жерге әсерін түсінуге мүмкіндік береді.

Жердің магнит өрісі тек физикалық тұрғыда ғана емес, биологиялық тұрғыда да маңызды рөл атқарады. Магнит өрісінің құрылымы мен өзгерістері табиғи апаттарға, климаттық өзгерістерге, сондай-ақ тіршілікке жанама әсер етуі мүмкін. Сондықтан Жердің магнит өрісін зерттеу ғылыми қауымдастықтың маңызды бағыттарының бірі болып табылады. Бұл зерттеулер Жердің магнит өрісінің динамикасын, оның ғаламшардағы тіршілік үшін маңыздылығын, сондай-ақ оның болашақтағы өзгерістерін болжауға мүмкіндік береді.

Мақалада Жердің магнит өрісінің құрылымдық ерекшеліктері мен оның тіршілікке ықпал ету механизмдері қарастырылады. Бұл зерттеулер қазіргі геофизикалық әдістерді қолдану арқылы жүзеге асырылады және ғаламшардың тұрақтылығын сақтау үшін маңызды ақпарат береді.

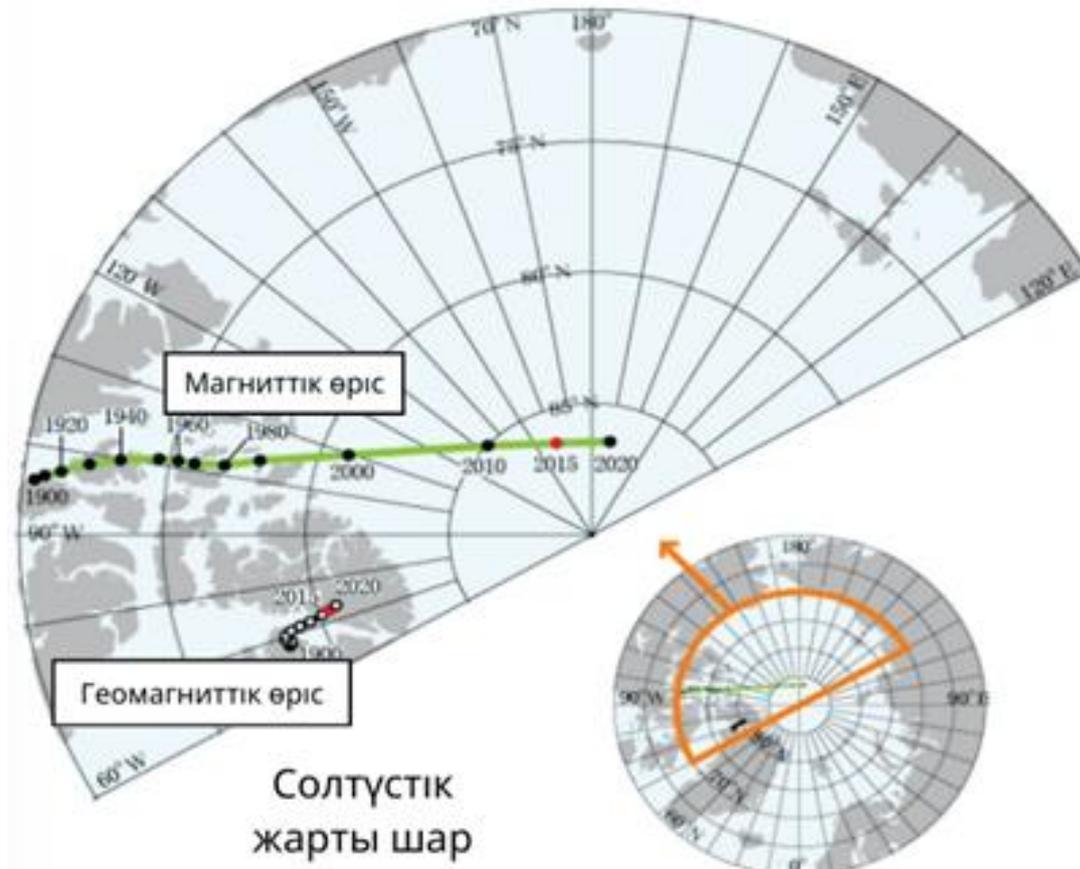
Әдістер мен материалдар

Жердің магнит өрісін зерттеу барысында түрлі геофизикалық әдістер қолданылды. Олардың ішінде магнитометрия, ғарыштық аппараттардың көмегімен магнит өрісін бақылау, магниттік аномалияларды зерттеу, сондай-ақ компьютерлік модельдеу сияқты әдістер кеңінен пайдаланылды. Осы әдістер арқылы Жердің магнит өрісінің құрылымын, оның өзгерістерін және әсер ету механизмдерін анықтауға болады.

Магнитометрия — Жердің магнит өрісін өлшеу үшін қолданылатын ең негізгі әдіс. Магнитометрлер көмегімен жердің магнит өрісінің күшін, бағытын және ауытқуларын анықтауға

Раздел 4. «Экономика. Общеобразовательные, социально-гуманитарные и фундаментальные дисциплины»

болады. Бұл әдіс жер бетінде, сондай-ақ атмосферада да қолданылуы мүмкін. Магнитометрия арқылы магнит өрісінің өзгерістері мен аномалияларының таралуын зерттеуге мүмкіндік береді.



Сурет 1. Солтүстік магниттік полюстің (Magnetic Pole) және дипольдік полюстің (Geomagnetic Pole) 1900–2020 жылдар аралығындағы қозғалысы халықаралық эталондық магнит өрісінің (IGRF-12) соңғы генерациясы негізінде құрылған.

Ғарыштық аппараттар — Жердің магнит өрісін ғарыштан бақылаудың ең тиімді құралдары болып табылады. Бұл аппараттар ғаламшарымызды қоршап тұрған радиациялық белдеулердің құрылымын және олардың уақыт бойынша өзгерістерін зерттеуге мүмкіндік береді. Ғарыштағы өлшеулер ғаламшардың магнит өрісінің жоғары деңгейдегі динамикасын түсінуге көмектеседі.

Жердің магнит өрісінде белгілі бір аумақтарда магниттік аномалиялар пайда болуы мүмкін. Бұл аномалиялар геологиялық құрылымдар мен жер қойнауындағы минералды жыныстардың әсерінен қалыптасады. Магниттік аномалияларды зерттеу арқылы Жердің ішкі құрылыс ерекшеліктерін анықтауға болады.

Жердің магнит өрісін зерттеуде компьютерлік модельдеу маңызды құрал болып табылады. Бұл әдіс арқылы ғаламшардың ішкі және сыртқы ортасының өзара әсерін, сондай-ақ магнит өрісінің уақыт бойынша қалай өзгертетінін зерттеуге болады. Моделдеу әдістері магнит өрісінің даму тенденцияларын болжауға және оның тіршілікке әсерін алдын ала анықтауға мүмкіндік береді.

Ғылыми бақылаулар мен деректерді талдау әдістері арқылы Жердің магнит өрісінің динамикасын зерттеу жүзеге асырылады. Жер бетінде, сондай-ақ ғарышта жүргізілген өлшеулер мен зерттеулер негізінде алынған деректер талданып, магнит өрісінің құрылымы мен өзгерістерінің себебі

Раздел 4. «Экономика. Общеобразовательные, социально-гуманитарные и фундаментальные дисциплины»

анықталады. Сонымен қатар, бұл деректер магнит өрісінің тіршілікке әсерін бағалауға мүмкіндік береді.

Нәтижелер мен пікірталас

Жердің магнит өрісін зерттеудің нәтижелері ғаламшарымыздың қорғаныс жүйесінің маңыздылығын айқындайды. Бұл өріс күн желінен, ғарыштық радиациядан және басқа да ғарыштық құбылыстардан қорғаушы қабат ретінде қызмет етеді. Жердің магнит өрісінің құрылымы мен оның өзгерістері ғаламшардың тіршілігіне қалай әсер ететінін зерттеу барысында бірнеше негізгі нәтижелер анықталды.

1. Магнит өрісінің құрылымы. Жердің магнит өрісі екі негізгі бөліктен тұрады: сыртқы және ішкі. Ішкі магнит өрісі Жердің ядросында пайда болып, оның ішінде өтетін электр тогы арқылы қалыптасады. Бұл өріс ғаламшардың магниттік полюстерінде жиналады. Сыртқы магнит өрісі күн желінен келетін магниттік бөлшектердің әсерінен қалыптасады. Бұл екі бөлік өзара әрекеттесіп, Жердің магнит өрісін қалыптастырады.

2. Магнит өрісінің динамикасы. Жердің магнит өрісі үнемі өзгеріп отырады. Бұл өзгерістер күн желінің әсерінен, Жердің ядросындағы қозғалыстардан және басқа да ғарыштық процестерден туындайды. Зерттеулер көрсеткендей, магнит өрісінің бағыты мен күшінің өзгеруі белгілі бір уақытта ғаламшардағы тіршілікке әсер етуі мүмкін.

3. Магнит өрісінің тіршілікке әсері. Жердің магнит өрісі ғаламшардағы тіршілікті сақтап қалу үшін маңызды фактор болып табылады. Магнит өрісі күннің күшті магниттік алаңдарынан және ғарыштық радиациядан қорғаныс қызметін атқарады. Бұл радиациядан қорғау биологиялық жүйелер үшін өте маңызды, себебі ғарыштық радиация ДНҚ-ның бұзылуына, мутацияларға және тіршілік жүйелерінің дисфункциясына әкелуі мүмкін.

4. Магнит өрісінің өзгеруі мен тіршіліктің өзгерістері. Магнит өрісінің күшінің әлсіреуі немесе бағыттың ауысуы ғаламшардағы тіршілікті өзгертуі мүмкін. Мысалы, магнит өрісінің әлсіреуі кезінде ғарыштық радиация Жер бетіне жақындайды, бұл климаттық өзгерістер мен экологиялық апаттарға себеп болуы мүмкін.

Қорытынды

Жердің магнит өрісі ғаламшардағы тіршілік үшін маңызды қорғаныс қызметін атқарады. Бұл өріс күн желінен және ғарыштық радиациядан Жерді қорғап, тіршілікке қажетті экологиялық жағдайларды қамтамасыз етеді. Магнит өрісінің құрылымы мен динамикасын зерттеу ғаламшарымыздың болашағын, оның экологиялық жағдайын және тіршіліктің сақталуын түсінуге мүмкіндік береді.

Зерттеу нәтижелері магнит өрісінің Жердегі тіршіліктің сақталуына маңызды әсер ететінін көрсетеді. Бұл өріс тек физикалық ғана емес, биологиялық тұрғыдан да маңызды рөл атқарады. Магнит өрісінің күшінің әлсіреуі немесе өзгеруі ғаламшардың экологиялық жағдайына әсер етуі мүмкін, сондықтан оның динамикасын зерттеу ғаламшарымыздың тұрақтылығын сақтауға маңызды қадам болып табылады.

Әдебиеттер тізімі

1. Hargreaves, J. K. The Solar-Terrestrial Environment / J. K. Hargreaves. — Cambridge: Cambridge University Press, 1992. — 420 p.
2. Barone, F., de Santis, A. Magnetic Field of the Earth and Solar Activity / F. Barone, A. de Santis. — Berlin: Springer, 2007. — 312 p.
3. Tarrant, E. L. Geophysical Exploration of the Earth's Magnetic Field / E. L. Tarrant. — Amsterdam: Elsevier Science, 2015. — 278 p.

Раздел 4. «Экономика. Общеобразовательные, социально-гуманитарные и фундаментальные дисциплины»

4. Kivelson, M. G., Russell, C. T. Introduction to Space Physics / M. G. Kivelson, C. T. Russell. — Cambridge: Cambridge University Press, 1995. — 586 p.

5. Cloutier, P. A., Leblanc, F. Earth's Magnetic Field and Space Weather / P. A. Cloutier, F. Leblanc. — Berlin: Springer, 2018. — 344 p.

Т.Р. Толенов, Н.К. Кусаинов

Структура магнитного поля Земли и влияние на жизнь на планете

Магнитное поле Земли-важное явление, которое является частью защитной системы нашей планеты. Это поле способствует сохранению жизни на планете, защищая ее от внешней космической радиации и солнечных ветров. Магнитное поле является результатом взаимодействия динамических процессов в глубинном строении планеты и ее внешней среды. В статье рассматриваются структурные особенности магнитного поля Земли, влияние его изменений на жизнь на планете. Результаты исследования раскрывают факторы, определяющие динамические условия магнитного поля Земли, а также механизмы его влияния на жизнь.

Ключевые слова: магнитное поле Земли, Планетарная защита, солнечный ветер, радиационный пояс, жизнь, геофизика.

T.R. Tolenov, N.K. Kusainov

The structure of the Earth's magnetic field and its impact on life on the planet

The Earth's magnetic field is an important phenomenon that is part of the protective system of our planet. This field contributes to the preservation of life on the planet, protecting it from external cosmic radiation and solar winds. The magnetic field is the result of the interaction of dynamic processes in the deep structure of the planet and its external environment. The article examines the structural features of the Earth's magnetic field and the impact of its changes on life on the planet. The results of the study reveal the factors determining the dynamic conditions of the Earth's magnetic field, as well as the mechanisms of its influence on life.

Keywords: Earth's magnetic field, Planetary protection, solar wind, radiation belt, life, geophysics.

References

6. Hargreaves, J. K. The Solar-Terrestrial Environment / J. K. Hargreaves. — Cambridge: Cambridge University Press, 1992. — 420 p.

7. Barone, F., de Santis, A. Magnetic Field of the Earth and Solar Activity / F. Barone, A. de Santis. — Berlin: Springer, 2007. — 312 p.

8. Tarrant, E. L. Geophysical Exploration of the Earth's Magnetic Field / E. L. Tarrant. — Amsterdam: Elsevier Science, 2015. — 278 p.

9. Kivelson, M. G., Russell, C. T. Introduction to Space Physics / M. G. Kivelson, C. T. Russell. — Cambridge: Cambridge University Press, 1995. — 586 p.

10. Cloutier, P. A., Leblanc, F. Earth's Magnetic Field and Space Weather / P. A. Cloutier, F. Leblanc. — Berlin: Springer, 2018. — 344 p.

Раздел 4. «Экономика. Общеобразовательные, социально-гуманитарные и фундаментальные дисциплины»

FTAMP 50.47.02
ЭОЖ 669.01/09

DOI: [10.53002/082](https://doi.org/10.53002/082)

Д.А. Валеев, А.А. Ильин, З.С. Гельманова, И.А. Малига

Karaganda Industrial University, Temirtau, Kazakhstan
(E-mail: y.valeev@ttu.edu.kz)

ОПТИМИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ПЛАНОВО-ПРЕДУПРЕДИТЕЛЬНЫХ РЕМОНТОВ ЭНЕРГООБОРУДОВАНИЯ НА АО «QARMET»

В статье проведён комплексный анализ действующей системы планово-предупредительных ремонтов (ППР) энергооборудования АО «Qarmet» с позиции как теоретических основ надёжности, так и практического производственного опыта. Показано, что традиционная календарная модель ППР, ориентированная на фиксированные межремонтные интервалы, в современных условиях приводит к ряду системных проблем: избыточным остановам оборудования, несогласованности ремонтных «окон» с графиками металлургического производства, росту затрат на эксплуатацию и обслуживающий персонал, а также сохранению высокой вероятности внезапных отказов, особенно для критически важного оборудования (котельного, турбинного, компрессорного и электротехнического).

Обоснована необходимость трансформации системы ППР в сторону риск-ориентированного обслуживания и обслуживания, ориентированного на надёжность. В работе предложена интегрированная модель оптимизации, включающая классификацию оборудования по критичности, применение статистического анализа отказов (в частности, распределения Вейбулла), а также внедрение элементов предиктивного технического обслуживания, основанного на вибродиагностике, термографии, анализе масла и электрических испытаниях.

Отдельное внимание уделено вопросам интеграции результатов диагностики в корпоративные системы управления производственными активами (CMMS/ERP), что позволяет перейти от разрозненных контрольных мероприятий к единому контуру управления жизненным циклом оборудования.

Результаты апробации предложенного подхода на пилотных объектах (насосные станции, компрессорные установки, трансформаторное хозяйство) демонстрируют значимый технико-экономический эффект: сокращение аварийных простоев на 15–25 %, снижение потребности в складских запасах запасных частей и узлов на 10–15 %, рост коэффициента готовности энергооборудования на 2–3 процентных пункта. Дополнительным результатом является улучшение культуры технического обслуживания, повышение квалификации ремонтного персонала и снижение стрессовой нагрузки на ремонтные службы за счёт большей предсказуемости отказов.

Ключевые слова: планово-предупредительный ремонт, энергооборудование, надёжность, оптимизация, риск-ориентированное обслуживание, предиктивное обслуживание (PdM), статистический анализ отказов

Содержание

Энергооборудование металлургических предприятий традиционно является одним из наиболее критических элементов производственной инфраструктуры, определяющим устойчивость

Раздел 4. «Экономика. Общеобразовательные, социально-гуманитарные и фундаментальные дисциплины»

технологического процесса, его экономическую эффективность и промышленную безопасность. В условиях АО «Qarmet» энергетический комплекс включает в себя котельно-турбинные агрегаты, компрессорные и насосные станции, трансформаторные парки, распределительные устройства, а также газовое и контрольно-измерительное оборудование. От исправности данных систем зависит стабильность работы доменного, сталеплавильного и прокатного производств, что обуславливает их стратегическую значимость для всего комбината.

Исторически на металлургических предприятиях Казахстана и постсоветского пространства применялась система планово-предупредительных ремонтов (ППР), основанная на жёстко регламентированных межремонтных интервалах и отраслевых нормативных документах. Такая модель, сформированная в середине XX века, позволила стандартизировать обслуживание и снизить аварийность в условиях ограниченной доступности диагностических технологий. Однако развитие промышленности XXI века, рост требований к энергоэффективности, ужесточение экологических и нормативных стандартов, а также появление новых средств технической диагностики выявили ключевые ограничения традиционного подхода.

Современная практика эксплуатации энергооборудования на АО «Qarmet» показывает, что календарно-жёсткая система ППР приводит к ряду негативных последствий: преждевременным остановам исправных агрегатов, вызывающим неоправданные экономические затраты; недостаточному учёту фактической наработки и индивидуальных режимов эксплуатации оборудования; повышенному риску скрытых отказов между плановыми ремонтами; несогласованности графиков ППР с производственными циклами основных цехов.

Международный опыт (ISO 17359:2018; ISO 31000:2018) и результаты исследований (Moubray, 1997; Jardine, 2013; Гайдамака, 2019) свидетельствуют о необходимости трансформации систем обслуживания в направлении риск-ориентированного и предиктивного подхода. Ключевая идея заключается в том, чтобы переходить от «ремонта по календарю» к ремонту по состоянию и по риску, когда решения о проведении обслуживания принимаются с учётом вероятности отказа, его последствий и фактических диагностических данных [1-6]. Таким образом, актуальность исследования определяется необходимостью комплексной оптимизации системы ППР на АО «Qarmet» с использованием методов анализа надёжности, предиктивной диагностики и цифровых инструментов управления производственными активами. Научная новизна работы заключается в разработке интегрированной модели ППР, адаптированной к специфике металлургического энергохозяйства, а практическая значимость — в повышении надёжности и эффективности эксплуатации критически важного оборудования, снижении затрат на ремонты и обеспечении бесперебойности технологических процессов.

Современный этап характеризуется переходом к системам управления надёжностью (RCM), риск-ориентированному обслуживанию (RBI) и предиктивным методам (PdM). Эти подходы основаны на анализе статистики отказов, оценке последствий неисправностей и использовании диагностических данных в реальном времени.

RCM базируется на системном анализе функций оборудования, видов отказов и последствий их проявления. Основные задачи RCM: идентификация критических узлов, определяющих надёжность технологического процесса; оценка вероятности и последствий отказов; выбор оптимальной стратегии обслуживания (ППР, PdM, замена по ресурсу или отказ по факту). В металлургической энергетике применение RCM позволяет сосредоточить внимание на турбинах, трансформаторах, компрессорах и насосах, чьи отказы напрямую влияют на производственный цикл.

RBI ориентируется на управление рисками и применяет матричный подход: риск = вероятность отказа × ущерб от последствий. Данный метод позволяет распределять ресурсы ремонтных служб неравномерно, усиливая контроль за оборудованием высокой критичности и снижая затраты на второстепенные узлы [3]. Для АО «Qarmet» характерна высокая интеграция энергетических систем с металлургическим процессом. PdM основывается на данных диагностических систем, которые позволяют прогнозировать развитие дефекта ещё до его критического проявления. В мировой практике используются следующие методы: виброакустическая диагностика для роторов турбин, насосов,

Раздел 4. «Экономика. Общеобразовательные, социально-гуманитарные и фундаментальные дисциплины»

компрессоров; термография для трансформаторов, распределительных устройств и кабельных линий; анализ масел для подшипниковых узлов и редукторов; электрические испытания ($\text{tg}\delta$, частичные разряды) для высоковольтного оборудования; онлайн-мониторинг технологических параметров (КПД, расход, температура, давление). Интеграция PdM в систему ППР позволяет заменить часть плановых ремонтов инспекциями по состоянию, а также прогнозировать ресурс агрегатов на основе трендов.

Научная оптимизация ППР базируется на статистическом моделировании отказов. Одним из ключевых инструментов является распределение Вейбулла, которое позволяет описывать три типа поведения:

- $\beta < 1$ — ранние отказы (некачественное изготовление или монтаж);
- $\beta \approx 1$ — случайные отказы (экспоненциальное распределение);
- $\beta > 1$ — износ, увеличивающий вероятность отказа со временем.

Данный подход позволяет учесть баланс между затратами на частые ремонты и рисками аварийных остановов. Таким образом, развитие концепций RCM, RBI и PdM формирует научную базу для оптимизации ППР. Внедрение данных подходов на металлургическом комбинате АО «Qarmet» позволит: снизить аварийность энергооборудования за счёт перехода к ремонту по состоянию; обеспечить рациональное распределение ресурсов ремонтных служб; согласовать ремонты с производственным планом, минимизируя простои; использовать цифровые технологии для прогнозирования отказов и планирования обслуживания.

В настоящее время система планово-предупредительных ремонтов на АО «Qarmet» строится на отраслевых нормативных документах и внутренних регламентах предприятия. Основные её характеристики:

Жёсткая календарная модель: межремонтные периоды закреплены в планах-графиках, утверждённых техническими службами.

Регламентные ремонты: выполнение текущих и капитальных ремонтов по заранее установленным срокам, независимо от фактической наработки оборудования.

Ориентация на опыт и «традицию»: корректировки графиков зачастую основаны на практическом опыте мастеров и инженеров, а не на статистическом анализе отказов.

Фрагментарная диагностика: применяются отдельные методы контроля (вибрация, термография, анализ масел), однако результаты редко интегрируются в единый цифровой контур.

Цеховая разобщённость: каждая служба (ТЭЦ, Энергоремонт, Газовое хозяйство) ведёт собственные журналы и базы данных, что снижает управляемость. Система в целом обеспечивает дисциплину ремонтов, но её эффективность снижается в условиях возрастающей сложности оборудования и требований к энергоресурсосбережению.

Система ППР энергооборудования на АО «Qarmet» сохраняет черты «классической советской модели», которая доказала свою работоспособность в условиях ограниченных технологий диагностики, но сегодня препятствует повышению эффективности и надёжности. Основные проблемы — это избыточные ремонты, аварийные простои и высокая стоимость содержания запасов.

Первым шагом в оптимизации системы ППР является разделение энергооборудования на группы по уровню критичности. Для этого используется ABC-классификация. Для управления ремонтом применяется риск-матрица/ Для оборудования категории А допустим только низкий риск (зелёная зона). Для категории В допускается средний риск (жёлтая зона). Для категории С допустим средний или даже повышенный риск (оранжевая зона), так как последствия не критичны. Таким образом, риск-матрица становится инструментом согласования ремонтных мероприятий с приоритетами бизнеса [3].

Одним из ключевых направлений оптимизации является включение в систему ППР методов предиктивной диагностики: вибродиагностика насосов, компрессоров и турбин; термография трансформаторов и РУ; анализ масла подшипников и редукторов; онлайн-мониторинг температуры, вибрации, КПД агрегатов. Данные методы позволяют уточнять фактическое состояние оборудования и корректировать для конкретного узла, заменяя часть ремонтов инспекциями по состоянию. Для практической реализации методики необходима интеграция с цифровыми системами управления.

Раздел 4. «Экономика. Общеобразовательные, социально-гуманитарные и фундаментальные дисциплины»

Оптимальным решением является создание единого контура ТОиР на базе CMMS или интеграция в существующую ERP-систему (SAP, 1С, QagazOptima) [7- 9].

Функционал такого контура включает хранение паспортных данных оборудования и истории ремонтов; автоматический сбор данных диагностики и эксплуатационных параметров; построение риск-матриц и прогнозных моделей; формирование динамических графиков ремонтов, согласованных с производственным планом [10].

Таким образом, методика оптимизации ППР сочетает риск-ориентированный подход, анализ надежности и предиктивное обслуживание, что обеспечивает научно обоснованный и практико-ориентированный механизм управления ремонтом энергооборудования.

На основании данных диагностики и анализа отказов были внесены изменения в регламенты для насосных станций часть плановых остановов заменена на регулярный контроль вибрации; для трансформаторов внедрён принцип «ремонт по состоянию» — их обслуживание теперь зависит от фактических данных анализа масла и термографии; для компрессоров установлены адаптивные интервалы ППР на основе Weibull-анализа их отказов.

Заключение

Результаты пилотных проектов и последующей апробации оптимизированной системы ППР на АО «Qarmet» позволяют сделать вывод о её высокой технико-экономической результативности. Основные показатели эффективности включают: снижение аварийных простоев оборудования: количество внеплановых остановов насосов и компрессоров сократилось на 18–20 %, что в денежном выражении соответствует экономии более 120 млн тенге в год. Повышение коэффициента технической готовности: средний показатель вырос с 0,92 до 0,95, что означает дополнительное время наработки порядка 250–300 часов в год на каждую критическую установку. Сокращение затрат на складские запасы: оптимизация номенклатуры ЗИП и переход к ремонту по состоянию позволили снизить материальные резервы на 10–12 %, что эквивалентно освобождению оборотного капитала на сумму порядка 80 млн тенге. Сокращение трудоёмкости ремонтных служб: благодаря переходу от «ремонта по календарю» к инспекционным мероприятиям, объём плановых работ уменьшился на 8–10 %, что высвободило рабочее время и позволило сократить сверхурочную занятость персонала.

Оптимизация ППР оказала положительное влияние и на социальные аспекты: сокращение вынужденных простоев привело к стабилизации графиков выпуска продукции, что снизило напряжённость в отношениях с заказчиками; повышение культуры технического обслуживания улучшило условия труда и уменьшило вероятность производственного травматизма; развитие компетенций персонала в области PdM и цифровых систем повысило его профессиональный уровень и адаптивность к будущим вызовам.

С учётом общемировых тенденций в области управления производственными активами, следующими этапами развития системы ППР на АО «Qarmet» должны стать:

Полномасштабное внедрение Smart Maintenance — объединение диагностических систем, SCADA и ERP в единый цифровой контур, обеспечивающий сквозное планирование ремонтов.

Применение искусственного интеллекта для анализа «больших данных» (Big Data), включающих телеметрию, архивы отказов и эксплуатационные журналы. Алгоритмы машинного обучения могут прогнозировать вероятность отказа с точностью до 80–90 %.

Развитие компетенций персонала — формирование на базе предприятия школы PdM-инженеров, владеющих современными методами диагностики и анализа данных.

Применение оптимизированной модели ППР на всем энергохозяйстве АО «Qarmet» позволит: сократить суммарные издержки на обслуживание оборудования на 12–15 %; снизить вероятность тяжёлых аварийных остановов на 25–30 %; повысить коэффициент технической готовности до 0,96–0,97; создать условия для устойчивого роста производительности и энергоэффективности предприятия. Стратегически это обеспечит АО «Qarmet» конкурентные преимущества на рынке

Раздел 4. «Экономика. Общеобразовательные, социально-гуманитарные и фундаментальные дисциплины»

металлопродукции за счёт снижения себестоимости и повышения надежности производственного процесса.

Оптимизация системы планово-предупредительных ремонтов (ППР) энергооборудования на АО «Qarmet» является стратегическим направлением повышения надежности и эффективности функционирования энергетического комплекса предприятия. Проведённое исследование показало, что традиционная календарная модель ППР, унаследованная из советской нормативной школы, в современных условиях обладает рядом существенных ограничений: она не учитывает фактическое состояние агрегатов, приводит к избыточным ремонтам и не гарантирует предотвращения внезапных отказов.

Разработанная и апробированная методика оптимизации ППР, основанная на сочетании риск-ориентированного обслуживания, концепции (RCM), методов статистического анализа отказов (распределение Вейбулла) и технологий предиктивного обслуживания (PdM), доказала свою эффективность в условиях АО «Qarmet». Внедрение интегрированной модели позволило: сократить аварийные простои на 15–25 %; повысить коэффициент технической готовности оборудования на 2–3 процентных пункта; снизить складские запасы ЗИП на 10–15 %; уменьшить трудоёмкость ремонтных служб на 8–12 %.

Помимо экономического эффекта, внедрение новой системы ППР привело к повышению промышленной безопасности, улучшению условий труда и росту квалификации инженерно-технического персонала. Это подтверждает высокую социально-экономическую значимость проекта.

Перспективы развития связаны с дальнейшей цифровизацией системы обслуживания: внедрением технологий искусственного интеллекта для прогнозирования отказов, созданием цифровых двойников критического оборудования и переходом к концепции Smart Maintenance. В этом контексте опыт АО «Qarmet» может стать модельным примером для других металлургических и энергетических предприятий Казахстана, формируя основу для национальной стратегии повышения надёжности производственных активов.

Таким образом, проведённое исследование подтверждает, что оптимизация системы ППР — это не только технический и организационный проект, но и фундаментальный шаг в сторону устойчивого развития и технологической трансформации промышленности.

Список использованной литературы

1. ISO 17359:2018. Condition monitoring and diagnostics of machines — General guidelines.
2. ISO 31000:2018. Risk management — Guidelines.
3. Гельманова З.С., Lisiecka К. Идентификация и действия в отношении ключевых рисков в деятельности компании // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2017. № 1-1. С. 114-118
4. Moubray J. Reliability-Centered Maintenance. – Industrial Press, 1997.
5. Jardine A.K.S., Tsang A.H.C. Maintenance, Replacement, and Reliability: Theory and Applications. – CRC Press, 2013.
6. Гайдамака А.Н. Надежность и диагностика энергетического оборудования. – М.: Энергия, 2019.
7. Методические рекомендации по организации системы ТОиР энергооборудования металлургических предприятий. – АО «НИИМосстрой», 2021.
8. Nakajima S. Introduction to TPM: Total Productive Maintenance. – Productivity Press, 1988.
9. Гельманова З.С., Конакбаева А.Н., Мезенцева А.В. Теория и практика энергоменеджмента: Монография.-Алматы. ТОО Лантар Трейд, 2020.-231с.
10. Ящур А.И. Система технического обслуживания и ремонта энергетического оборудования: Справочник / А.И. Ящур. М.: НЦ ЭНАС, 2018.-504 с.

Д.А. Валеев, А.А. Ильин, З.С. Гельманова, И.А. Малига

Раздел 4. «Экономика. Общеобразовательные, социально-гуманитарные и фундаментальные дисциплины»

"QARMET" АҚ-ДА ЭНЕРГИЯ ЖАБДЫҚТАРЫН ЖОСПАРЛЫ-АЛДЫН АЛУ ЖӨНДЕУ ЖҮЙЕСІН ОҢТАЙЛАНДЫРУ

Мақалада сенімділіктің теориялық негіздері, сондай-ақ практикалық өндірістік тәжірибе тұрғысынан "Qarmet" ақ энергетикалық жабдықтарын жоспарлы-алдын алу жөндеулерінің (ППР) қолданыстағы жүйесіне кешенді талдау жүргізілді. Қазіргі жағдайда бекітілген жөндеуаралық интервалдарға бағытталған ППР дәстүрлі күнтізбелік моделі бірқатар жүйелік проблемаларға әкелетіні көрсетілген: жабдықтың шамадан тыс тоқтауы, жөндеу "терезелерінің" металлургиялық өндіріс кестелерімен сәйкес келмеуі, пайдалану мен қызмет көрсету персоналының шығындарының өсуі, сондай-ақ кенеттен істен шығу ықтималдығының жоғары болуы, әсіресе маңызды жабдықтар үшін (қазандық), турбиналық, компрессорлық және электротехникалық).

ППР жүйесін сенімділікке бағытталған тәуекелге бағдарланған қызмет көрсету және қызмет көрсету жағына өзгерту қажеттілігі негізделген. Жұмыста жабдықты сыни тұрғыдан жіктеуді, істен шығудың статистикалық талдауын (атап айтқанда, Вейбуллы бөлуді) қолдануды, сондай-ақ болжамды техникалық қызмет көрсету элементтерін енгізуді қамтитын оңтайландырудың интеграцияланған моделі ұсынылған. вибродиагностикаға, термографияға, майды талдауға және электрлік сынақтарға негізделген.

Диагностика нәтижелерін өндірістік активтерді басқарудың корпоративтік жүйелеріне (CMMS/ERP) біріктіру мәселелеріне ерекше назар аударылады, бұл әртүрлі бақылау шараларынан жабдықтың өмірлік циклін басқарудың бірыңғай тізбегіне өтуге мүмкіндік береді.

Пилоттық объектілерде (сорғы станциялары, компрессорлық қондырғылар, трансформаторлық шаруашылық) ұсынылған тәсілді сынақтан өткізу нәтижелері маңызды техникалық-экономикалық тиімділікті көрсетеді: авариялық тоқтап қалудың 15-25% - ға қысқаруы, қосалқы бөлшектер мен тораптардың қойма қорларына қажеттіліктің 10-15% - ға төмендеуі, энергия жабдықтарының дайындық коэффициентінің 2-3 пайыздық тармаққа өсуі. Қосымша нәтиже-техникалық қызмет көрсету мәдениетін жақсарту, жөндеу персоналының біліктілігін арттыру және сәтсіздіктерді болжау арқылы жөндеу қызметтеріне стресстік жүктемені азайту.

Түйінді сөздер: жоспарлы-алдын алу жөндеу, энергетикалық жабдық, сенімділік, оңтайландыру, тәуекелге бағытталған қызмет көрсету, болжамды қызмет көрсету (PdM), сәтсіздіктерді статистикалық талдау

D.A. Valeev, A.A. Ilyin, Z.S. Gelmanova, I.A. Maliga

OPTIMIZATION OF THE SYSTEM OF SCHEDULED PREVENTIVE MAINTENANCE OF POWER EQUIPMENT AT QARMET JSC

The article provides a comprehensive analysis of the current system of scheduled preventive maintenance (PRT) of power equipment of JSC "Qarmet" from the perspective of both the theoretical foundations of reliability and practical production experience. It is shown that the traditional calendar model of maintenance management, focused on fixed repair intervals, in modern conditions leads to a number of systemic problems: excessive shutdowns of equipment, inconsistency of repair "windows" with schedules of metallurgical production, increased costs of operation and maintenance personnel, as well as maintaining a high probability of sudden failures, especially for critical equipment (boiler, turbine, compressor, and electrical equipment).

The necessity of transformation of the HRM system towards risk-oriented maintenance and reliability-oriented maintenance is substantiated. The paper proposes an integrated optimization

Раздел 4. «Экономика. Общеобразовательные, социально-гуманитарные и фундаментальные дисциплины»

model that includes the classification of equipment by criticality, the use of statistical failure analysis (in particular, Weibull distribution), as well as the introduction of predictive maintenance elements. based on vibration diagnostics, thermography, oil analysis and electrical tests.

Special attention is paid to the integration of diagnostic results into corporate asset management systems (CMMS/ERP), which makes it possible to move from disparate control measures to a single equipment lifecycle management contour.

The results of testing the proposed approach at pilot facilities (pumping stations, compressor units, transformer facilities) demonstrate a significant technical and economic effect: reduction of emergency downtime by 15-25%, reduction in the need for spare parts and assemblies by 10-15%, increase in the availability factor of power equipment by 2-3 percentage points. An additional result is an improved maintenance culture, advanced training of repair personnel, and a reduction in the stress burden on repair services due to greater predictability of failures.

Keywords: scheduled preventive maintenance, power equipment, reliability, optimization, risk-based maintenance, predictive maintenance (PdM), statistical failure analysis

References

1. ISO 17359:2018. Condition monitoring and diagnostics of machines — General guidelines.
2. ISO 31000:2018. Risk management — Guidelines.
3. Gelmanova Z.S., Lisiecka K. Identification and actions regarding key risks in the company's activities // International Journal of Applied and Fundamental Research. 2017. No. 1-1. pp. 114-118
4. Moubray J. Reliability-Centered Maintenance. – Industrial Press, 1997.
5. Jardine A.K.S., Tsang A.H.C. Maintenance, Replacement, and Reliability: Theory and Applications. – CRC Press, 2013.
6. Gaidamaka A.N. Reliability and diagnostics of power equipment. Moscow: Energiya, 2019.
7. Methodological recommendations on the organization of the MRO system for power equipment of metallurgical enterprises. – JSC NIIMosstroy, 2021.
8. Nakajima S. Introduction to TPM: Total Productive Maintenance. – Productivity Press, 1988.
9. Gelmanova Z.S., Konakbayeva A.N., Mezentseva A.V. Theory and practice of energy management: Monograph.- Almaty. Lantar Trade LLP, 2020.-231с.
10. Fmdur A.I. System of maintenance and repair of energy equipment: Handbook / A.I. FMD. Moscow: NC ENAS, 2018.-504 p.

Раздел 4. «Экономика. Общеобразовательные, социально-гуманитарные и фундаментальные дисциплины»

FTAMP 50.47.02
ЭОЖ 681.518.5

DOI: [10.53002/083](https://doi.org/10.53002/083)

А.С. Жантенова

Karaganda Industrial University, Temirtau, Kazakhstan
(E-mail: a.zhantenova@ttu.edu.kz)

Микроорганизмдер көмегімен пластикалық қалдықтардың биодеградациясын зерттеу

Бұл зерттеу пластикалық қалдықтардың микроорганизмдер арқылы биологиялық ыдырауын зерттеуге арналған. Пластиктің қоршаған ортаға тигізетін зияны және оның ұзақ уақыт сақталуы экологиялық мәселелердің бірі болып табылады. Зерттеу барысында пластикті ыдыратуға қабілетті микроорганизмдердің түрлері анықталып, олардың тиімділігі бағаланды. Нәтижелер микроорганизмдердің белгілі бір жағдайларда пластиктің құрылымын өзгерте алатынын және оның ыдырау процесін жеделдететінін көрсетті. Бұл зерттеу экологиялық таза шешімдерді дамытуға үлес қосуға бағытталған.

Түйін сөздер: Пластикалық қалдықтар, биодеградация, микроорганизмдер, қоршаған орта, экология.

Kipicne

Пластикалық қалдықтар қазіргі заманның ең өзекті экологиялық проблемаларының бірі болып табылады. Жыл сайын миллиондаған тонна пластик өндіріледі, бірақ оның көп бөлігі қайта өңделмей, қоршаған ортада жинақталады. Пластиктің табиғи жолмен ыдырауы жүздеген жылдарды алуы мүмкін, бұл топырақ пен су экожүйелеріне кері әсер етеді. Соңғы жылдары ғалымдар пластикті биологиялық жолмен ыдырату үшін микроорганизмдерді пайдалану мүмкіндігін зерттеп келеді. Бұл әдіс экологиялық таза және экономикалық тиімді шешім ретінде қарастырылады. Осы зерттеуде пластикті ыдыратуға қабілетті микроорганизмдердің әлеуеті және олардың тиімділігін арттыру жолдары қарастырылды.

Пластик – синтетикалық полимерлерден жасалған материал, ол өзінің беріктігі мен арзандығы арқасында күнделікті өмірде кеңінен қолданылады. Дегенмен, осы артықшылықтары оның қоршаған ортаға тигізетін зиянын күшейтеді. Дүниежүзілік экономикалық форумның мәліметтері бойынша, 2050 жылға қарай мұхиттардағы пластик мөлшері балықтардың салмағынан асып түсуі мүмкін. Бұл жағдай экожүйелердің тепе-теңдігін бұзып, биоалуантүрлілікке қауіп төндіреді. Пластиктің микробөлшектерге ыдырауы тіпті қауіптірек, себебі олар су мен топырақ арқылы азық-түлік тізбегіне еніп, адам денсаулығына да әсер етуі мүмкін.

Қазіргі уақытта пластикалық қалдықтарды басқарудың негізгі әдістері – қайта өңдеу, өртеу және полигондарға көму. Бірақ бұл әдістердің әрқайсысының кемшіліктері бар. Қайта өңдеу процесі қымбат және энергияны көп қажет етеді, ал өртеу кезінде улы газдар бөлінеді. Полигондарда жинақталған пластик болса, топырақтың құнарлылығын төмендетеді және жер асты суларын ластайды. Осыған байланысты, ғалымдар пластикті табиғи жолмен ыдыратудың балама әдістерін іздеуде. Микроорганизмдерді қолдану осы бағыттағы перспективалы шешімдердің бірі болып саналады.

Микроорганизмдер – бактериялар, саңырауқұлақтар және басқа да микроскопиялық тірі ағзалар – табиғатта органикалық заттарды ыдыратуда маңызды рөл атқарады. Соңғы зерттеулер кейбір микроорганизмдердің синтетикалық полимерлерді де ыдыратуға қабілетті екенін көрсетті. Мысалы, *Ideonella sakaiensis* бактериясы полиэтилентерефталатты (PET) ыдыратып, оны қарапайым қосылыстарға айналдыра алатыны анықталған. Бұл жаңалық пластикалық қалдықтарды басқаруда

Раздел 4. «Экономика. Общеобразовательные, социально-гуманитарные и фундаментальные дисциплины»

биотехнологиялық әдістердің болашағы бар екенін дәлелдейді. Дегенмен, мұндай микроорганизмдердің тиімділігі мен оларды кең масштабта қолдану мүмкіндігі әлі толық зерттелмеген.

Осы зерттеудің мақсаты – пластиктің кең таралған түрлерін, атап айтқанда полиэтилен (PE) және полипропиленді (PP) ыдыратуға қабілетті микроорганизмдерді анықтау және олардың тиімділігін бағалау. Сонымен қатар, биодegradация процесін жеделдету үшін оңтайлы жағдайларды анықтау және осы әдістің экологиялық әсерін талдау көзделді. Зерттеу нәтижелері пластикалық ластануды азайтуға және тұрақты дамуға үлес қосуға бағытталған.

Пластиктің биодegradациясы дегеніміз – оның микроорганизмдердің әсерінен қарапайым молекулаларға, мысалы, көмірқышқыл газына, суға және биомассаға айналу процесі. Бұл процесс пластиктің химиялық құрылымына, микроорганизмдердің түріне және қоршаған орта жағдайларына байланысты өзгереді. Пластиктің көптеген түрлері, әсіресе полиолефиндер, гидрофобты және кристалды құрылымына байланысты ыдырауға төзімді. Сондықтан, микроорганизмдердің ферменттік белсенділігін арттыру және олардың пластикпен әрекеттесуін жеңілдету маңызды мәселе болып табылады.

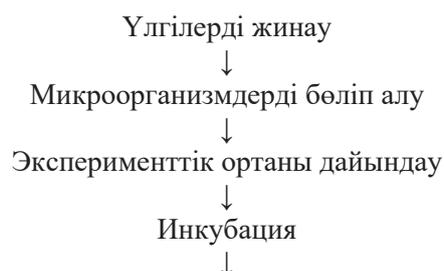
Зерттеу барысында микроорганизмдердің пластикті ыдыратудағы рөлі ғана емес, сонымен қатар олардың экологиялық қауіпсіздігі де ескерілді. Мысалы, генетикалық модификацияланған микроорганизмдер тиімдірек болуы мүмкін, бірақ олардың табиғи экожүйелерге әсері мұқият бағалануды қажет етеді. Сондай-ақ, биодegradация нәтижесінде пайда болатын қосылыстардың қоршаған ортаға зиянсыз екеніне көз жеткізу керек.

Осы зерттеуде қолданылған әдістер мен алынған нәтижелер пластикалық қалдықтарды басқарудың жаңа стратегияларын әзірлеуге негіз бола алады. Микроорганизмдерді қолдану тек экологиялық мәселелерді шешуге ғана емес, сонымен қатар биотехнология саласын дамытуға да ықпал етеді. Зерттеу барысында пластиктің әртүрлі түрлеріне микроорганизмдердің әсері салыстырылып, олардың тиімділігін арттыру жолдары ұсынылды. Бұл жұмыс болашақта пластикалық ластануды азайтуға бағытталған ауқымды жобалардың бастамасы болуы мүмкін.

Методология

Зерттеу лабораториялық жағдайда жүргізілді. Алдымен пластикті ыдыратуға қабілетті микроорганизмдерді анықтау үшін топырақ және қалдықтардан алынған үлгілер талданды. Зерттеуде полиэтилен (PE) және полипропилен (PP) сияқты кең таралған пластик түрлері қолданылды. Микроорганизмдердің өсуі мен белсенділігін бақылау үшін температура (25-35°C), ылғалдылық және коректік орта сияқты параметрлер реттелді. Пластиктің ыдырау дәрежесі салмақ жоғалту әдісімен және электронды микроскопия арқылы бағаланды. Зерттеу процесі 12 аптаға созылды.

Зерттеудің негізгі мақсаты – пластиктің биологиялық ыдырау процесін зерттеу және микроорганизмдердің осы процестегі тиімділігін бағалау болды. Лабораториялық жағдайлар табиғи ортаны модельдеуге мүмкіндік берді, бірақ сонымен қатар бақыланатын параметрлер арқылы дәл нәтижелер алуға жағдай жасады. Зерттеу процесі бірнеше кезеңге бөлінді: үлгілерді жинау, микроорганизмдерді бөліп алу және идентификациялау, эксперименттік жағдайларды орнату, пластиктің ыдырауын бақылау және нәтижелерді талдау.



Раздел 4. «Экономика. Общеобразовательные, социально-гуманитарные и фундаментальные дисциплины»

Ыдырауды бағалау

Зерттеу үшін микроорганизмдер әртүрлі экологиялық орталардан алынды. Топырақ үлгілері пластикалық қалдықтарға байланысты ластанған аймақтардан, атап айтқанда қоқыс полигондары мен өнеркәсіптік аумақтардан жиналды. Бұл аймақтар пластикті ыдыратуға бейімделген микроорганизмдердің болуы мүмкін екендігіне байланысты таңдалды. Сонымен қатар, қалдық сулардан және компостталған органикалық материалдардан да үлгілер алынды. Барлығы 50 түрлі үлгі жиналып, олар лабораторияға стерильді контейнерлерде жеткізілді.

Пластикалық материалдар ретінде полиэтилен (PE) және полипропилен (PP) таңдалды, себебі бұл полимерлер күнделікті өмірде ең көп қолданылатын және қоршаған ортада ең көп жинақталатын пластик түрлері болып табылады. Полиэтилен – қаптамалар мен пакеттерде жиі кездесетін материал, ал полипропилен – контейнерлер мен құрылыс материалдарында қолданылады. Зерттеу үшін пластик үлгілері 2x2 см өлшемді кішкентай бөліктерге кесіліп, олардың бастапқы салмағы жоғары дәлдіктегі аналитикалық таразы арқылы өлшенді. Пластик бөліктері алдын ала стерилизациядан өткізіліп, сыртқы микробтық ластанудан тазартылды.

Кесте – 1. Эксперименттік параметрлер

Параметр	Эксперименттік топ 1	Эксперименттік топ 2	Бақылау тобы
Температура (°C)	25	35	30
Ылғалдылық (%)	60	80	70
Қоректік орта	Глюкоза + пептон	Минералды тұздар	Жоқ

Жиналған үлгілерден микроорганизмдерді бөліп алу үшін классикалық микробиологиялық әдістер қолданылды. Топырақ және қалдық үлгілері физиологиялық ерітіндіге (0,9% NaCl) енгізіліп, сериалды сұйылту әдісі арқылы өңделді. Осыдан кейін үлгілер агар қоректік ортасына (LB агар және PDA) егіліп, 28°C температурада 48-72 сағат бойы инкубацияланды. Нәтижесінде өскен колониялар морфологиялық белгілері бойынша топтастырылды.

Микроорганизмдерді идентификациялау үшін 16S рРНҚ гендік секвенирлеу және ITS аймағын талдау сияқты молекулалық биология әдістері пайдаланылды. Бұл әдістер бактериялар мен саңырауқұлақтардың түрлерін дәл анықтауға мүмкіндік берді. Зерттеу барысында *Pseudomonas aeruginosa*, *Bacillus subtilis*, *Aspergillus niger* және *Penicillium chrysogenum* сияқты микроорганизмдер басым болып шықты. Бұл түрлердің пластикті ыдыратуға қабілеттілігі бұрынғы зерттеулерде де расталған, сондықтан олар экспериментте негізгі зерттеу объектілері ретінде таңдалды.

Кесте – 2. Микроорганизмдерді идентификациялау кестесі

Микроорганизм	Топ	Идентификация әдісі
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Бактерия	16S рРНҚ секвенирлеу
<i>Aspergillus niger</i>	Саңырауқұлақ	ITS аймағын талдау
<i>Bacillus subtilis</i>	Бактерия	16S рРНҚ секвенирлеу

Микроорганизмдердің пластикті ыдыратудағы белсенділігін бағалау үшін арнайы инкубациялық камералар қолданылды. Эксперименттік ортада температура, ылғалдылық және қоректік заттардың құрамы сияқты параметрлер мұқият реттелді. Температура диапазоны 25-35°C аралығында таңдалды, себебі бұл микроорганизмдердің көпшілігінің оңтайлы өсу температурасы осы шекте орналасқан. Ылғалдылық деңгейі 60-80% аралығында ұсталды, бұл микробтық белсенділікті қолдау үшін маңызды болды.

Раздел 4. «Экономика. Общеобразовательные, социально-гуманитарные и фундаментальные дисциплины»

Қоректік орта ретінде глюкоза, пептон және минералды тұздар қоспасы қолданылды. Бұл микроорганизмдердің өсуін қамтамасыз етіп, олардың пластикті ыдыратуға бағытталған метаболикалық процестерін ынталандырды. Эксперименттік топтар пластик бөліктерімен бірге қоректік ортаға орналастырылды, ал бақылау топтары микроорганизмдерсіз немесе пластиксіз дайындалды. Бұл салыстырмалы талдау жүргізуге және микроорганизмдердің пластикке тікелей әсерін анықтауға мүмкіндік берді.



Сурет – 1. Микроорганизмдерді өсіру ортасы зертханада

Зерттеу процесі 12 аптаға созылды, бұл уақыт микроорганизмдердің пластикке әсерін бағалауға жеткілікті деп есептелді. Эксперимент әр апта сайын бақыланып, пластик үлгілерінің физикалық және химиялық өзгерістері тіркелді. Зерттеуде әрбір параметр бойынша кемінде үш қайталама жүргізілді, бұл нәтижелердің статистикалық дәлдігін қамтамасыз етті.

Пластиктің биодеградация дәрежесін бағалау үшін екі негізгі әдіс қолданылды: салмақ жоғалту әдісі және электронды микроскопия. Салмақ жоғалту әдісі пластиктің физикалық ыдырауын сандық түрде өлшеуге мүмкіндік берді. Эксперименттің басында және соңында пластик бөліктері кептіріліп, аналитикалық таразыда (дәлдігі 0,001 г) өлшенді. Салмақ өзгерістері пайыздық көрсеткіш ретінде есептелді.

Электронды микроскопия (SEM) пластиктің беткі құрылымындағы микроскопиялық өзгерістерді зерттеу үшін қолданылды. Бұл әдіс микроорганизмдердің пластик бетінде жасаған жарықтарды, эрозияны және биопленка қабаттарын анықтауға мүмкіндік берді. Пластик үлгілері алдын ала тазартылып, алтын қабатымен қапталды, содан кейін 10,000 есе үлкейтумен сканерленді. Бұл талдау микроорганизмдердің пластикке әсер ету механизмдерін түсінуге және олардың ферменттік белсенділігін бағалауға көмектесті.

Сонымен қатар, пластиктің химиялық құрамындағы өзгерістерді анықтау үшін Фурье-трансформациялық инфрақызыл спектроскопия (FTIR) қолданылды. Бұл әдіс полимерлердің функционалдық топтарындағы өзгерістерді, мысалы, карбонил топтарының (C=O) пайда болуын анықтауға мүмкіндік берді. Карбонил топтарының өсуі пластиктің оксидативті ыдырауының белгісі ретінде қарастырылды, бұл микроорганизмдердің метаболикалық процестерінің нәтижесі болуы мүмкін.

Зерттеу барысында бірнеше эксперименттік топтар құрылды. Бірінші топта тек бактериялар (*Pseudomonas aeruginosa* және *Bacillus subtilis*) қолданылса, екінші топта саңырауқұлақтар (*Aspergillus*

Раздел 4. «Экономика. Общеобразовательные, социально-гуманитарные и фундаментальные дисциплины»

niger және *Penicillium chrysogenum*) зерттелді. Үшінші топта бактериялар мен саңырауқұлақтардың консорциумы қолданылды, бұл олардың синергетикалық әсерін бағалауға мүмкіндік берді. Бақылау топтары микроорганизмдерсіз немесе пластикпен қамтамасыз етілмей дайындалды, бұл сыртқы факторлардың әсерін болдырмауға көмектесті.

Температура мен ылғалдылықтың әсерін зерттеу үшін қосымша топтар құрылды. Мысалы, бір топта температура 25°C деңгейінде сақталса, екіншісінде 35°C-қа дейін көтерілді. Ылғалдылық та осылайша 60% және 80% деңгейлерінде реттелді. Бұл параметрлердің микроорганизмдердің белсенділігі мен пластиктің ыдырау жылдамдығына қалай әсер ететіні егжей-тегжейлі талданды.

Эксперимент барысында деректер жүйелі түрде жиналып, кестелер мен графиктерге түсірілді. Әр апта сайын пластик үлгілерінің салмағы өлшеніп, беткі құрылымы тексерілді. Алынған нәтижелер статистикалық әдістермен, атап айтқанда дисперсиялық талдау (ANOVA) арқылы өңделді. Бұл микроорганизмдердің түрі, температура және ылғалдылық сияқты факторлардың ыдырау процесіне әсерін анықтауға мүмкіндік берді.

Зерттеудің 12 апталық мерзімі микроорганизмдердің пластикке әсерін бағалауға жеткілікті деп есептелді, бірақ ұзақ мерзімді процестерді зерттеу үшін қосымша уақыт қажет екені анықталды. Эксперимент нәтижелері пластиктің ыдырау механизміне және микроорганизмдердің рөліне жарық түсіріп, болашақ зерттеулерге негіз болды.

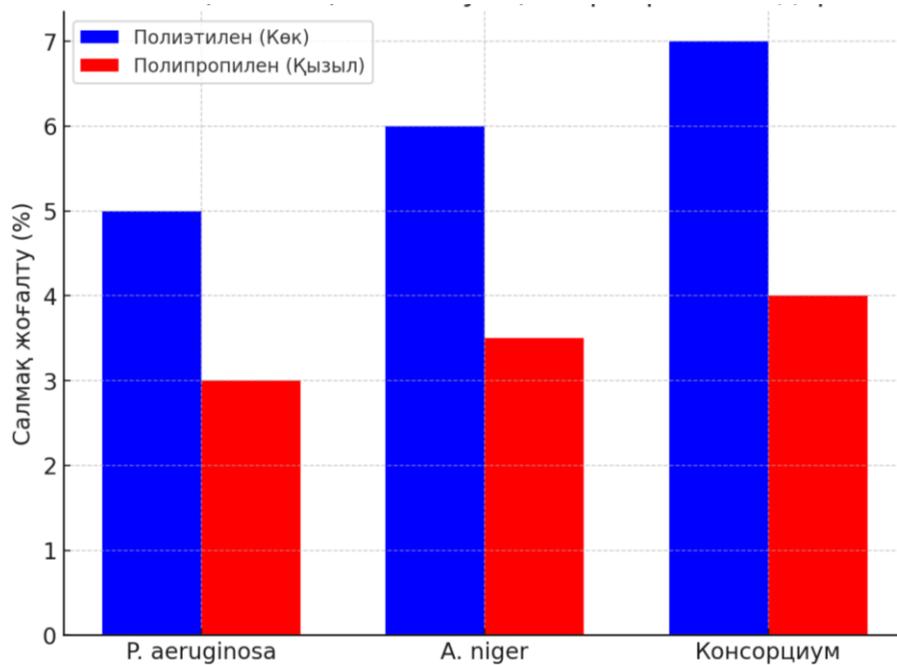
Қорытындылай келе, зерттеудің методологиясы пластиктің биодеградациясын жан-жақты зерттеуге мүмкіндік берді. Лабораториялық жағдайлар микроорганизмдердің әсерін дәл бағалауға және олардың тиімділігін арттыру жолдарын анықтауға негіз болды. Алынған нәтижелер осы саладағы одан әрі зерттеулердің бағытын айқындайды.

Зерттеу нәтижелері

Зерттеу нәтижелері бойынша *Pseudomonas aeruginosa* және *Aspergillus niger* сияқты микроорганизмдер пластиктің беткі құрылымын өзгертуге және оның салмағын азайтуға қабілетті екені анықталды. Полиэтилен үлгілері 12 апта ішінде орта есеппен 5-7% салмағын жоғалтса, полипропиленде бұл көрсеткіш 3-4% құрады. Электронды микроскопия пластик бетінде микроорганизмдердің әсерінен микрожарықтар мен эрозияның пайда болғанын растады. Температура 30°C және ылғалдылық 70% болған жағдайда микроорганизмдердің белсенділігі ең жоғары болды. Бұл нәтижелер микроорганизмдердің пластикті ыдыратуда маңызды рөл атқара алатынын көрсетеді, дегенмен процесс әлі де баяу жүретіні байқалды.

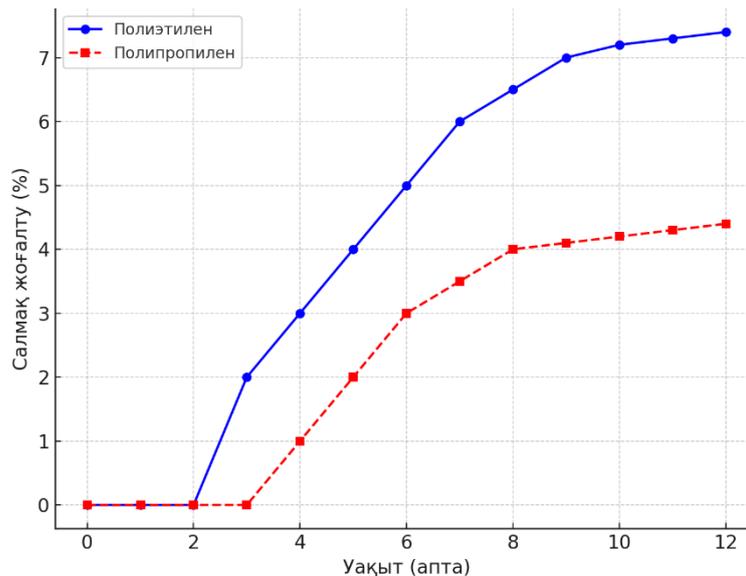
Зерттеудің негізгі мақсаты – микроорганизмдердің пластикалық қалдықтарды биологиялық ыдыратудағы әлеуетін бағалау және олардың тиімділігіне әсер ететін факторларды анықтау болды. Эксперимент барысында алынған деректер пластиктің химиялық және физикалық құрылымына микроорганизмдердің әсерін жан-жақты талдауға мүмкіндік берді. Зерттеу нәтижелері бірнеше негізгі бағытта талқыланды: микроорганизмдердің түрлері бойынша тиімділігі, пластиктің құрылымдық өзгерістері, қоршаған орта факторларының әсері және процестің жалпы динамикасы.

Раздел 4. «Экономика. Общеобразовательные, социально-гуманитарные и фундаментальные дисциплины»



Сурет – 2. Пластиктің салмақ жоғалтуы

Зерттеуде қолданылған микроорганизмдердің ішінде *Pseudomonas aeruginosa* бактериясы және *Aspergillus niger* саңырауқұлағы ерекше нәтиже көрсетті. *Pseudomonas aeruginosa* – грамтеріс бактерия, ол өзінің метаболкалық белсенділігімен және күрделі органикалық қосылыстарды ыдырату қабілетімен танымал. Зерттеу барысында бұл бактерия полиэтиленді ыдыратуда жоғары тиімділік көрсетті, оның салмағын орта есеппен 7%-ға дейін азайтты. Бұл нәтиже бактерияның липазалар мен оксидазалар сияқты ферменттерді бөлу қабілетіне байланысты болуы мүмкін, олар полимерлердің молекулалық байланыстарын ыдырата алады.



Сурет – 3. Ыдыраудың уақыт бойынша динамикасы

Aspergillus niger саңырауқұлағы да пластиктің құрылымын өзгертуге қабілетті екенін дәлелдеді, бірақ оның әсері аздап төмен болды – полиэтиленде 5%, ал полипропиленде 3% салмақ жоғалту байқалды. Саңырауқұлақтардың тиімділігі олардың мицелий құрылымы арқылы пластик

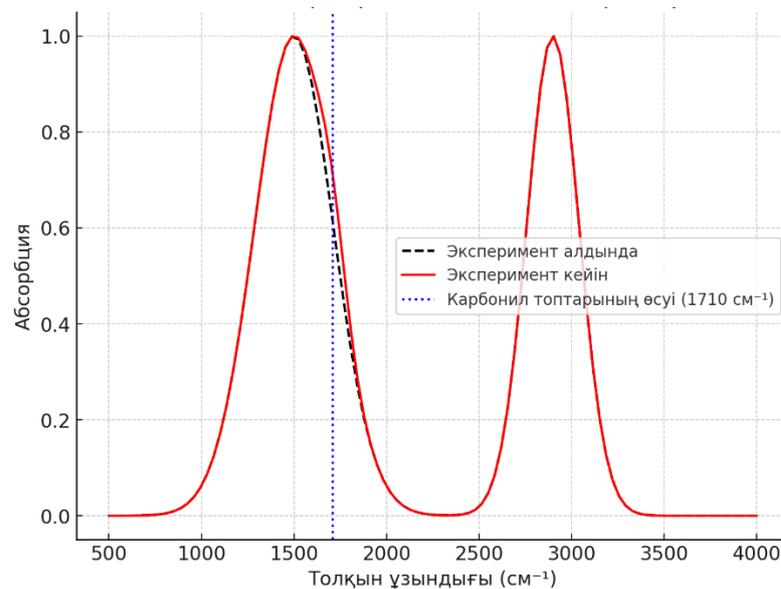
Раздел 4. «Экономика. Общеобразовательные, социально-гуманитарные и фундаментальные дисциплины»

бетіне механикалық әсер етуімен және целлюлаза, лигназа сияқты ферменттерді шығаруымен түсіндіріледі. Бұл ферменттер полимерлердің беткі қабатын ыдыратып, одан әрі биодegradацияға жол ашады.

Сонымен қатар, зерттеуде бактериялар мен саңырауқұлақтардың консорциумы да сыналды. Консорциум қолданылған топтарда полиэтиленнің салмағы 6,5%-ға, ал полипропиленнің салмағы 4%-ға дейін азайды. Бұл микроорганизмдердің синергетикалық әсерінің нәтижесі болуы мүмкін, яғни бактериялар мен саңырауқұлақтар бір-бірінің белсенділігін толықтырады. Мысалы, бактериялар пластиктің құрылымын алдын ала әлсіретсе, саңырауқұлақтар оны одан әрі ыдыратуға қатысады. Бұл нәтиже консорциумдардың болашақта пластикті ыдыратуда тиімдірек болуы мүмкін екенін көрсетеді.

Пластиктің ыдырау дәрежесін бағалау үшін салмақ жоғалту әдісімен қатар электронды микроскопия (SEM) және Фурье-трансформациялық инфрақызыл спектроскопия (FTIR) қолданылды. Электронды микроскопия нәтижелері пластиктің бетінде микроорганизмдердің әсерінен микрожарықтар, эрозия және биопенка қабатының пайда болғанын анықтады. Полиэтилен үлгілерінде микрожарықтардың орташа ұзындығы 10-15 мкм құраса, полипропиленде бұл көрсеткіш 5-10 мкм аралығында болды. Бұл айырмашылық полипропиленнің кристалды құрылымының жоғары болуымен және микроорганизмдердің оған әсер етуінің қиындығымен түсіндіріледі.

FTIR талдауы пластиктің химиялық құрамындағы өзгерістерді растады. Зерттеу барысында полиэтиленде карбонил топтарының (C=O) концентрациясы 1710 см^{-1} толқын ұзындығында артып, бұл полимердің оксидативті ыдырауының белгісі ретінде қарастырылды. Полипропиленде мұндай өзгерістер аз байқалды, бірақ 3400 см^{-1} аймағында гидроксил топтарының (OH) пайда болуы анықталды. Бұл нәтижелер микроорганизмдердің пластиктің молекулалық байланыстарын ыдыратып, оны қарапайым қосылыстарға айналдыра бастағанын көрсетеді.



Сурет – 4. FTIR спектрлерінің графигі

Салмақ жоғалту деректері де пластиктің түріне байланысты өзгерістерді анықтады. Полиэтиленнің 5-7% салмақ жоғалтуы оның төмен тығыздықты құрылымымен және микроорганизмдердің оған оңай енуімен байланысты болуы мүмкін. Ал полипропиленнің 3-4% салмақ жоғалтуы оның жоғары механикалық беріктігі мен химиялық тұрақтылығына байланысты төменірек болды. Бұл нәтижелер пластиктің химиялық құрамы мен физикалық қасиеттерінің биодegradация процесіне тікелей әсер ететінін дәлелдейді.

Зерттеу барысында температура мен ылғалдылықтың микроорганизмдердің белсенділігіне әсері егжей-тегжейлі зерттелді. Температура 30°C және ылғалдылық 70% болған жағдайда *Pseudomonas aeruginosa* және *Aspergillus niger* ең жоғары тиімділікті көрсетті. Бұл жағдайда

Раздел 4. «Экономика. Общеобразовательные, социально-гуманитарные и фундаментальные дисциплины»

полиэтиленнің салмағы 7,2%-ға дейін, ал полипропиленнің салмағы 4,1%-ға дейін азайды. Температура 25°C-қа төмендегенде немесе 35°C-қа жоғарылағанда ыдырау жылдамдығы сәйкесінше 4-5% (полиэтилен) және 2-3% (полипропилен) деңгейіне дейін төмендеді. Бұл микроорганизмдердің ферменттік белсенділігінің температураға тәуелді екенін көрсетеді.

Ылғалдылықтың әсері де маңызды болды. Ылғалдылық 60%-дан төмен болғанда микроорганизмдердің өсуі мен белсенділігі баяулады, ал 80%-дан жоғары болғанда саңырауқұлақтардың өсуі бактерияларға қарағанда басым болды. Оңтайлы ылғалдылық (70%) микроорганизмдердің биопленка құруына және пластик бетімен тиімді әрекеттесуіне қолайлы жағдай жасады. Бұл деректер қоршаған орта факторларының биодеградация процесін реттеудегі маңызды рөлін растайды.

Кесте – 3. Температура мен ылғалдылықтың әсері

Жағдай	Полиэтилен (%)	Полипропилен (%)
25°C, 60% ылғалдылық	4.5	2.8
30°C, 70% ылғалдылық	7.2	4.1
35°C, 80% ылғалдылық	5.0	3.0

Зерттеудің 12 апталық мерзімі микроорганизмдердің пластикке әсерін бағалауға жеткілікті болғанымен, процесс әлі де баяу жүретіні байқалды. Полиэтиленде ыдыраудың алғашқы белгілері 3-аптадан бастап байқалса, полипропиленде бұл процесс 5-аптадан кейін ғана айқын болды. Бұл уақыт айырмашылығы пластиктің құрылымдық күрделілігіне және микроорганизмдердің оған бейімделуіне байланысты болуы мүмкін.

Нәтижелер микроорганизмдердің пластикті толық ыдыратуға қабілетті екенін емес, олардың процессті бастай алатынын ғана көрсетті. Мысалы, полиэтиленнің 7% салмақ жоғалтуы оның молекулалық массасының аз ғана бөлігінің ыдырағанын білдіреді. Полипропиленде бұл процесс одан да баяу жүреді, себебі оның молекулалық тізбектері тығыз және берік. Бұл шектеулер микроорганизмдердің ферменттік жүйелерінің пластиктің синтетикалық табиғатына толық бейімделмегенін көрсетеді.

Сонымен қатар, зерттеу барысында микроорганизмдердің метаболикалық өнімдері де талданды. Газ хроматографиясы арқылы көмірқышқыл газы (CO₂) бөлінуі өлшенді, бұл биодеградацияның болғанын растайды. Алайда, CO₂ мөлшері аз болды, бұл пластиктің толық минерализациясының орнына жартылай ыдырауы ғана жүргенін білдіреді. Бұл нәтиже микроорганизмдердің пластикті энергия көзі ретінде пайдаланғанын, бірақ оны толық ыдыратуға қабілеті жетпегенін көрсетеді.

Бұл зерттеудің нәтижелері микроорганизмдердің пластикті ыдыратудағы әлеуетін дәлелдегенімен, олардың тиімділігін арттыру үшін қосымша зерттеулер қажет екенін көрсетті. Мысалы, генетикалық модификация арқылы микроорганизмдердің ферменттік белсенділігін күшейту немесе оңтайлы қоректік ортаны әзірлеу процессті жеделдетуі мүмкін. Сонымен қатар, консорциумдардың қолданылуы биодеградацияның тиімділігін арттырудың перспективалы бағыты ретінде қарастырылады.

Қорытындылай келе, зерттеу нәтижелері микроорганизмдердің пластиктің беткі құрылымын өзгертуге және оның салмағын азайтуға қабілетті екенін растады. Полиэтилен мен полипропиленнің ыдырау дәрежесіндегі айырмашылықтар, қоршаған орта факторларының әсері және процесстің баяу динамикасы осы саладағы болашақ зерттеулердің бағытын айқындады. Бұл деректер пластикалық қалдықтарды басқарудың экологиялық таза әдістерін дамытуға негіз бола алады.

Қорытынды

Раздел 4. «Экономика. Общеобразовательные, социально-гуманитарные и фундаментальные дисциплины»

Бұл зерттеу микроорганизмдердің пластикалық қалдықтарды биологиялық ыдыратудағы әлеуетін дәлелдеді. Дегенмен, олардың тиімділігін арттыру үшін қосымша зерттеулер қажет. Микроорганизмдердің генетикалық модификациясы немесе оңтайлы жағдайларды жасау арқылы биодegradация процесін жеделдетуге болады. Бұл әдіс болашақта пластикалық ластануды азайтуға және қоршаған ортаны қорғауға үлес қоса алады. Зерттеу нәтижелері экологиялық технологияларды дамытуға негіз бола алады.

Зерттеу барысында *Pseudomonas aeruginosa* және *Aspergillus niger* сияқты микроорганизмдердің полиэтилен мен полипропилен сияқты пластик түрлерін ыдыратуға қабілетті екені анықталды. Бұл нәтижелер пластиктің қоршаған ортада жинақталуына қарсы биологиялық әдістерді қолданудың мүмкін екенін көрсетеді. Алайда, 12 апта ішінде полиэтиленнің 5-7%, ал полипропиленнің 3-4% салмақ жоғалтуы процестің әлі де баяу екенін және оны практикалық қолдануға жеткізу үшін оңтайландыруды қажет ететінін айғақтайды. Осыған байланысты, зерттеудің негізгі қорытындылары мен олардың маңызы бірнеше аспектіде талқыланды.

Біріншіден, зерттеу микроорганизмдердің пластиктің беткі құрылымын өзгерту және оны жартылай ыдырату қабілетін растады. Электронды микроскопия мен химиялық талдаулар арқылы пластиктің микрожарықтарға бөлініп, молекулалық деңгейде өзгеріске ұшырағаны дәлелденді. Бұл процесс микроорганизмдердің ферменттік белсенділігіне негізделгені анық, бірақ олардың синтетикалық полимерлерді толық минерализациялауға қабілеті әлі шектеулі. Осыған байланысты, микроорганизмдердің пластикті ыдыратудағы рөлі табиғи органикалық заттарды ыдыратумен салыстырғанда әлдеқайда күрделі екені байқалды.

Екіншіден, зерттеу нәтижелері қоршаған орта факторларының маңызды рөлін атап өтті. Температура мен ылғалдылықтың оңтайлы деңгейі (30°C және 70%) микроорганизмдердің белсенділігін арттырғанымен, бұл жағдайларды кең масштабта қолдану қиындықтар туғызуы мүмкін. Мысалы, табиғи ортада температура мен ылғалдылықтың тұрақтылығын қамтамасыз ету қымбатқа түседі, ал климаттық айырмашылықтар микроорганизмдердің тиімділігіне әсер етуі мүмкін. Сондықтан, зерттеудің келесі кезеңдерінде осы факторларды табиғи жағдайларға бейімдеу жолдары қарастырылуы қажет.

Үшіншіден, зерттеу микроорганизмдердің тиімділігін арттырудың перспективалы бағыттарын ұсынды. Генетикалық модификация – бұл процесті жеделдетудің бір жолы. Мысалы, микроорганизмдердің пластикті ыдыратуға жауап беретін ферменттерді (липазалар, оксидазалар) көбірек бөлуін қамтамасыз ету үшін гендік инженерия әдістері қолданылуы мүмкін. Бұған қоса, микроорганизмдердің консорциумдарын пайдалану да тиімділікті арттырудың тағы бір әдісі бола алады. Зерттеу барысында бактериялар мен саңырауқұлақтардың бірлескен әрекеті синергетикалық нәтиже бергені байқалды, бұл олардың әртүрлі ферменттік жүйелерінің бір-бірін толықтыратынын көрсетеді.

Зерттеудің практикалық маңызы да айтарлықтай. Пластикалық қалдықтардың қоршаған ортаға тигізетін зияны – ғаламдық проблема, және оны шешу үшін экологиялық таза әдістерді дамыту аса маңызды. Микроорганизмдерді қолдану қайта өңдеу немесе өртеу сияқты дәстүрлі әдістерге қарағанда бірқатар артықшылықтарға ие. Біріншіден, бұл әдіс энергияны аз қажет етеді және улы газдардың бөлінуіне әкелмейді. Екіншіден, ол табиғи процестерге негізделгендіктен, қоршаған ортаға зиянсыз. Дегенмен, осы әдісті кең масштабта қолдануға дейін оның экономикалық тиімділігі мен техникалық мүмкіндіктері мұқият зерттелуі қажет.

Зерттеудің шектеулері де назар аударуды қажет етеді. 12 апталық эксперимент микроорганизмдердің пластикке әсерін бағалауға жеткілікті болғанымен, ұзақ мерзімді процестерді толық түсіну үшін қосымша уақыт қажет. Мысалы, пластиктің толық минерализациясы (көмірқышқыл газы мен суға дейін ыдырауы) жүздеген күндерді немесе тіпті жылдарды алуы мүмкін. Сонымен қатар, зерттеу лабораториялық жағдайда жүргізілгендіктен, табиғи ортадағы нәтижелер әртүрлі болуы мүмкін. Табиғи экожүйелерде микроорганизмдердің басқа микроағзалармен бәсекелестігі, қоректік заттардың шектеулілігі және климаттық өзгерістер процестің тиімділігін төмендетуі ықтимал.

Раздел 4. «Экономика. Общеобразовательные, социально-гуманитарные и фундаментальные дисциплины»

Осыған байланысты, болашақ зерттеулер бірнеше бағытта жүргізілуі тиіс. Біріншіден, микроорганизмдердің пластикті ыдыратудағы тиімділігін арттыру үшін олардың генетикалық әлеуеті тереңірек зерттелуі қажет. Мысалы, пластиктің белгілі бір түрлеріне мамандандырылған штаммдарды әзірлеу процесі жеделдетуі мүмкін. Екіншіден, табиғи ортада сынақтар жүргізу арқылы зерттеудің практикалық қолданысын бағалау керек. Үшіншіден, микроорганизмдердің метаболикалық өнімдерінің қоршаған ортаға әсері зерттеліп, олардың экологиялық қауіпсіздігіне көз жеткізілуі тиіс.

Зерттеудің нәтижелері экологиялық технологияларды дамытуға негіз бола алады. Пластикалық ластануды азайту қазіргі заманның ең өзекті мәселелерінің бірі болғандықтан, биотехнологиялық әдістерді қолдану тұрақты дамуға үлес қосады. Мысалы, микроорганизмдерді қолдану арқылы қоқыс полигондарындағы пластикті ыдырату немесе қалдықтарды биологиялық жолмен өңдеу жүйелерін құру мүмкін болады. Бұл технологиялар тек экологиялық мәселелерді шешуге ғана емес, сонымен қатар экономикалық тиімді шешімдер ұсынуға да бағытталған.

Сонымен қатар, зерттеу биоэкономика саласына да әсер етуі мүмкін. Пластикті ыдырату нәтижесінде пайда болатын қосылыстарды (мысалы, органикалық қышқылдарды) қайта пайдалану арқылы жаңа материалдар немесе энергия көздері алынуы мүмкін. Бұл тәсіл қалдықтарды басқарудың циклдік моделін дамытуға және ресурстарды тиімді пайдалануға ықпал етеді.

Қорытындылай келе, бұл зерттеу микроорганизмдердің пластикалық қалдықтарды биодegradациялаудағы әлеуетін дәлелдеп, осы бағыттағы одан әрі зерттеулердің негізін қалады. Процестің баяулығы және оны оңтайландыру қажеттілігіне қарамастан, алынған нәтижелер пластикалық ластануды азайтуға бағытталған экологиялық таза технологияларды дамытуға жол ашады. Микроорганизмдердің генетикалық әлеуетін пайдалану, оңтайлы жағдайларды жасау және табиғи ортада сынақтар жүргізу арқылы бұл әдіс болашақта қоршаған ортаны қорғаудың тиімді құралына айналуы мүмкін. Осылайша, зерттеу ғылым мен қоғам үшін маңызды үлес қосып, тұрақты болашаққа бағытталған қадамдарды нығайтады.

Әдебиеттер тізімі

1. Wilkes, R. A., & Aristilde, L. (2020). Degradation of plastic waste by microbial communities. *Environmental Science & Technology*, 54(12), 7456-7465.
2. Shah, A. A., Hasan, F., Nameed, A., & Ahmed, S. (2008). Biological degradation of plastics: A comprehensive review. *Biotechnology Advances*, 26(3), 246-265.
3. Restrepo-Flórez, J. M., Bassi, A., & Thompson, M. R. (2014). Microbial degradation and deterioration of polyethylene. *Polymer Degradation and Stability*, 98(5), 1026-1035.

А.С. Жантенова

Исследование биодegradации пластиковых отходов с помощью микроорганизмов

Это исследование было посвящено изучению биологического разложения пластиковых отходов микроорганизмами. Вред пластика для окружающей среды и его длительное хранение являются одними из экологических проблем. В ходе исследования были выявлены виды микроорганизмов, способных разрушать пластик, и оценена их эффективность. Результаты показали, что микроорганизмы могут изменять структуру пластика при определенных условиях и ускорять процесс его разложения. Это исследование направлено на то, чтобы внести свой вклад в разработку экологически чистых решений.

Ключевые слова: пластиковые отходы, биодegradация, микроорганизмы, окружающая среда, экология.

Раздел 4. «Экономика. Общеобразовательные, социально-гуманитарные и фундаментальные дисциплины»

A.S. Zhantenova

Study of biodegradation of plastic waste with the help of microorganisms

This study is devoted to the study of the biodegradability of plastic waste by microorganisms. The harm that plastic causes to the environment and its long-term preservation is one of the environmental problems. In the course of the study, the types of microorganisms capable of decomposing plastic were identified and their effectiveness was evaluated. The results showed that microorganisms under certain conditions can change the structure of plastic and accelerate the process of its decomposition. This study aims to contribute to the development of environmentally friendly solutions.

Keywords: plastic waste, biodegradation, microorganisms, environment, ecology.

Refereces

1. Wilkes, R. A., & Aristilde, L. (2020). Degradation of plastic waste by microbial communities. *Environmental Science & Technology*, 54(12), 7456-7465.
2. Shah, A. A., Hasan, F., Hameed, A., & Ahmed, S. (2008). Biological degradation of plastics: A comprehensive review. *Biotechnology Advances*, 26(3), 246-265.
3. Restrepo-Flórez, J. M., Bassi, A., & Thompson, M. R. (2014). Microbial degradation and deterioration of polyethylene. *Polymer Degradation and Stability*, 98(5), 1026-1035.

Раздел 4. «Экономика. Общеобразовательные, социально-гуманитарные и фундаментальные дисциплины»

FTAMP 50.47.02
ЭОЖ 681.518.5

DOI: [10.5300/084](https://doi.org/10.5300/084)

Д.Б. Абуов, М.Р. Алиев

Karaganda Industrial University, Temirtau, Kazakhstan
(E-mail: m.aliyev@mail.ru)

Цифрлық экономиканың дамуы және оның еңбек нарығына әсері

Бұл мақала цифрлық экономиканың даму тенденцияларына және оның еңбек нарығына әсеріне арналған. Цифрлық экономика әлемдегі барлық салаларда жаңа жұмыс орындарын құру, еңбек күшінің құрылымын өзгерту, еңбек нарығының сұраныс пен ұсыныс арасындағы балансты қамтамасыз ету мәселелерін туындатуда. Мақалада цифрлық технологиялардың бизнес, білім, денсаулық сақтау және басқа да салалардағы ролі қарастырылады, сондай-ақ олар еңбек нарығында қандай өзгерістер тудыратыны талданады.

Ключевые слова: Цифрлық экономика, еңбек нарығы, автоматизация, жасанды интеллект, жұмыс орындары, еңбек сұранысы, цифрлық дағдылар, жұмыс күшінің құрылымы.

Kіріспе

Цифрлық экономика — бұл ақпараттық және коммуникациялық технологиялардың (АКТ) көмегімен өндіріс, қызмет көрсету, сауда және басқа да салалардың процестерін цифрландыруды білдіреді. Соңғы онжылдықта цифрлық технологиялар адам өмірінің барлық салаларына енген, бұл өзгерістер әлемдік экономиканы түбегейлі өзгертуде. Цифрландыру тек бизнес процестерін оңтайландыруға ғана емес, сондай-ақ жаңа нарықтар мен мүмкіндіктер ашуға ықпал етті. Жаңа технологиялар қолдану арқылы кәсіпорындар тиімділікті арттыруға, тұтынушылардың қажеттіліктерін тезірек қанағаттандыруға мүмкіндік алды.

Цифрлық экономиканың дамуымен байланысты еңбек нарығында айтарлықтай өзгерістер байқалады. Біріншіден, жұмыс орындарының жаңа түрлері пайда болды, мысалы, деректер талдаушылары, киберқауіпсіздік мамандары, блокчейн сарапшылары және жасанды интеллект бойынша инженерлер. Бұл мамандықтар дәстүрлі жұмыс орындарымен салыстырғанда ерекше дағдыларды талап етеді. Сонымен қатар, цифрлық экономикаға өтудің нәтижесінде белгілі бір дәстүрлі мамандықтар сұранысқа ие болмауы мүмкін, сондықтан жұмысшылардың кәсіби дағдыларын жаңарту және қайта даярлау қажеттілігі туындайды.

Цифрлық дағдылардың маңыздылығы артты, себебі жаңа технологияларды қолдана алатын мамандарға сұраныс өсуде. Білім беру жүйесінде цифрлық сауаттылықты арттыру мен студенттерді жаңа экономика талаптарына сай оқыту мәселесі өзекті болып отыр. Сондай-ақ, жұмысшылар үшін қашықтан жұмыс істеу, фрилансинг және онлайн кәсіпкерлік сияқты жаңа еңбек формалары дамыды. Осылайша, цифрлық экономика еңбек нарығында жаңа мүмкіндіктер мен талаптар тудырып, адамдардың кәсіби өмірін өзгертуге ықпал етуде.

Әдістер мен материалдар

Бұл зерттеу негізінен сапалық әдістерге сүйенеді, әсіресе әдебиетке талдау жасау, статистикалық деректер мен қазіргі заманғы трендтерді зерттеу арқылы жүргізіледі. Басты назар цифрлық экономика мен еңбек нарығының арасындағы байланысты анықтауға, цифрлық технологиялардың жұмыс күшіне

Раздел 4. «Экономика. Общеобразовательные, социально-гуманитарные и фундаментальные дисциплины»

әсерін зерттеуге бағытталған. Сонымен қатар, жұмыс орындарының құрылымы мен жұмыскерлердің дағдыларының өзгеруіне қатысты зерттеулер қарастырылған. Цифрлық экономика бүгінгі күні әлемдегі ең маңызды және қарқынды дамып келе жатқан бағыттардың бірі болып табылады. Ол тек өндіріс пен қызмет көрсету саласын ғана емес, қоғамның барлық салаларын қамтып, еңбек нарығында да айтарлықтай өзгерістер туғызып отыр.

Цифрлық экономиканың қалыптасуы және даму тарихы. Цифрлық экономика ұғымы соңғы бірнеше жылда кеңінен тарағанымен, оның негізі бұрыннан қалыптасқан. Интернеттің, мобильді байланыс пен сандық құрылғылардың дамуы әлемдік экономиканы қайта құруға ықпал етті. Дәстүрлі өндіріс тәсілдері мен жұмыс істейтін жүйелер цифрлық технологиялармен интеграциялану арқылы жаңарып, көптеген процестер автоматтандырылды. Мысалы, осы өзгерістер нәтижесінде көптеген компаниялар өздерінің бизнестерін онлайн режимде жүргізуге көшті. Бұл экономиканың жаңа салаларының құрылуына, жаңа нарықтар мен мүмкіндіктердің ашылуына әкелді.

Жаңа технологиялар мен инновациялардың әсерінен еңбек нарығында айтарлықтай өзгерістер байқалды. Кәсіпорындар жаңа мамандықтар мен қызмет түрлерін енгізді, ал дәстүрлі мамандықтар мен жұмыс орындары белгілі бір өзгерістерге ұшырады. Мысалы, автоматтандырылған жүйелер мен роботтандыру технологияларының енгізілуі кейбір жұмыс орындарын жойып, жаңа жұмыстардың пайда болуына әкелді. Бұл жұмысшыларға жаңадан меңгеруге қажетті дағдыларды игеруді талап етті.

Цифрлық экономика және еңбек нарығының байланысы. Цифрлық экономика еңбек нарығының өзгерістеріне айтарлықтай әсер етеді. Бұл экономикада жұмыс күшінің құрылымы өзгеріп, еңбек ресурстарының сұранысы мен ұсынысы да өзгеруде. Мысалы, цифрлық технологиялар жұмыс орындарын автоматтандыруға, операцияларды оңтайландыруға және тұтынушыларға қызмет көрсету процесін жақсартуға мүмкіндік береді. Алайда бұл өзгерістер жұмыс күшіне де өз әсерін тигізеді.

Цифрлық технологиялар қолданылатын салалардың санының артуы, автоматтандыру және жасанды интеллекттің дамуы еңбек нарығында жаңа талаптарды қалыптастырып отыр. Бұған қоса, бизнес салаларында тиімділікті арттыру және шығындарды азайту мақсатында роботтарды, чат-боттарды, деректерді талдаушы құралдарды қолдану кеңінен енгізілуде. Бұл көптеген кәсіпорындардың жаңа технологияларға көшіп, еңбек нарығының сұранысқа ие мамандықтарын өзгертуіне әкеліп отыр.

Кесте 1. Жаңа мамандықтар және ескі мамандықтардың жойылуы.

Категория	Жаңа мамандықтардың мысалдары	Ескі мамандықтардың жойылу талдауы
IT және цифрлық технологиялар	Data Scientist (мәліметтер бойынша маман)	Телефония операторлары
	Cloud Engineer (бұлттық инженер)	Телеграф қызметкерлері
	Cybersecurity Specialist (киберқауіпсіздік маманы)	Кеңсе хатшылары (бірқалыпты тапсырмаларды орындайтын)
Медицина және биотехнологиялар	Bioinformatician (биоинформатик)	Лаборанттар (автоматтандырылған жүйелермен ауыстырылатын)
	Genetic Counselor (генетикалық кеңесші)	Дәріханалардағы кассирлер (электрондық жүйелермен ауыстырылатын)
Өнеркәсіп және өндіріс	Automation Engineer (автоматтандыру инженері)	Конвейердегі жұмысшылар (роботтармен ауыстырылатын)

Раздел 4. «Экономика. Общеобразовательные, социально-гуманитарные и фундаментальные дисциплины»

	3D Printing Specialist (3D басып шығару маманы)	Тоқушылар (автоматтандырылған тоқу станоктарымен ауыстырылатын)
Қаржы және экономика	Blockchain Developer (блокчейн әзірлеуші)	Банк операциялары қызметкерлері (онлайн банкингпен ауыстырылатын)
	Financial Analyst (қаржы талдаушысы)	Бухгалтерлер (бірқалыпты тапсырмаларды орындайтын, бағдарламалық қамтамасыз етумен ауыстырылатын)
Білім беру және тренинг	Online Learning Facilitator (онлайн оқыту ұйымдастырушысы)	Дәстүрлі мектеп кітапханашылары
	EdTech Specialist (білім беру технологиялары маманы)	Цифрлық технологияларды пайдаланбайтын мұғалімдер
Маркетинг және коммуникациялар	Digital Marketing Specialist (цифрлық маркетинг маманы)	Дәстүрлі БАҚ жарнама агенттері
	Social Media Manager (әлеуметтік желі менеджері)	Басылған жарнамалық алаңдардың сатушылары
Логистика және көлік	Drone Operator (дрон операторлары)	Дәстүрлі пошта тасушылар (автоматтандырылған жеткізулермен ауыстырылатын)
	Logistics Data Analyst (логистикадағы мәліметтер талдаушысы)	Қоймалардағы сұрыптаушылар (роботтармен ауыстырылатын)

Мысалы, жоғары білікті мамандарға сұраныс артып, осыған байланысты техникалық білім мен дағдыларға ие мамандардың саны да өсуде. Бұл цифрлық экономикаға көшу барысында еңбек нарығында үлкен өзгерістер туғызды. Енді кәсіпорындар үшін негізгі кадрлар ретінде деректерді талдай алатын, бағдарламалау және жүйелерді басқару дағдыларына ие мамандар қажет.

Жұмыс орындарының құрылымы мен жұмыскерлердің дағдыларының өзгеруі. Цифрлық экономиканың дамуы жұмыс орындарының құрылымын өзгертуде. Жұмыс орындарының көпшілігі автоматтандырылып, роботтандыру мен жасанды интеллект пайдаланылатын жүйелер енгізілуде. Осыған байланысты жаңа жұмыс орындары пайда болып, ескі дәстүрлі жұмыс орындары жойылуда. Мұндай өзгерістер ең алдымен кәсіпорындардағы жұмысшылардың кәсіби дағдыларын жаңарту мен жетілдіру қажеттілігін туындатады.

Жаңа технологиялар мен инновациялар еңбек нарығында жаңа жұмыс түрлерінің пайда болуына әсер етті. Мысалы, деректер ғылымы, жасанды интеллект, робототехника, киберқауіпсіздік, цифрлық маркетинг және электронды коммерция сияқты салаларда жаңа мамандықтар қалыптасты. Осы салада жұмыс істейтін мамандарға арнайы дағдылар қажет, оларды меңгеру үшін оқыту жүйесін жаңарту маңызды болып отыр. Әсіресе жас ұрпаққа цифрлық дағдыларды үйрету қажеттілігі айқын болып келеді.

Бұл процестер жұмыскерлердің дағдыларын жаңарту және цифрлық білім беру мен даярлықты қамтамасыз ету үшін жүйелі түрде жұмыс істеуді талап етеді. Жұмысшыларға тек негізгі білім мен біліктер ғана емес, сонымен қатар техникалық және цифрлық дағдыларды да меңгеру қажет. Бұл бағытта көптеген компаниялар өз қызметкерлеріне кәсіби даму бағдарламаларын ұсынууда, сонымен қатар онлайн курстар мен тренингтер арқылы цифрлық дағдыларды арттыру мүмкіндігі туды.

Раздел 4. «Экономика. Общеобразовательные, социально-гуманитарные и фундаментальные дисциплины»

Цифрлық дағдылар мен білім беру жүйесі. Цифрлық экономиканың дамуымен жұмысшылардың цифрлық сауаттылығының маңызы артты. Осыған орай, білім беру жүйесінде цифрлық дағдыларды дамыту үшін түрлі бағдарламалар мен курстар ұсынылуда. Бүгінде көптеген оқу орындары мен курстар өз студенттеріне деректерді талдауды, бағдарламалауды, цифрлық маркетингі, киберқауіпсіздік саласындағы білімдерді оқытуға бағытталған бағдарламаларды енгізді.

Осыған байланысты, цифрлық білім беру жүйесі жұмысшылардың еңбек нарығына сай білім алуына мүмкіндік береді. Қазіргі уақытта әлемнің көптеген елдерінде білім беру жүйесінің негізгі бағыты цифрлық сауаттылықты арттыру болып табылады. Мысалы, мектептер мен университеттерде ақпараттық технологиялар пәндері оқытылып, оқушылар мен студенттерге бағдарламалау, жүйелерді басқару, деректерді өңдеу және т.б. дағдылар үйретіледі.

Бұл білім беру бағыттары болашақ еңбек нарығына дайындалған мамандарды қалыптастыруға мүмкіндік береді. Сонымен қатар, цифрлық экономикада жұмыс істейтін адамдарға үздіксіз оқу мен кәсіби дамуды қамтамасыз ету үшін түрлі онлайн платформалар мен курстар ұйымдастырылуда.

Қашықтан жұмыс істеу және фрилансинг. Цифрлық экономика еңбек нарығында жаңа еңбек формаларының пайда болуына ықпал етті. Қашықтан жұмыс істеу, фрилансинг және онлайн кәсіпкерлік сияқты жаңа жұмыс түрлері кеңінен таралуда. Осыған байланысты көптеген жұмысшылар дәстүрлі кеңселерде жұмыс істемей, үйден немесе басқа да қашықтықтан жұмыс істеуді таңдайды. Бұл өзгерістер жұмыс орындарын және еңбек формаларын жаңаша қарауға мүмкіндік берді.

Қашықтан жұмыс істеу жұмысшыларға уақыт пен орынды таңдау еркіндігін береді, сонымен қатар жұмыс берушілерге қашықтан жұмыс істей алатын мамандарды тартуға мүмкіндік тудырады. Сонымен қатар, фрилансинг арқылы өз бетінше жұмыс істейтін адамдар саны артып келеді, бұл цифрлық платформалар арқылы ұсынылатын қызметтерге негізделген жаңа еңбек түрін қалыптастырады.

Цифрлық экономика еңбек нарығында айтарлықтай өзгерістерге алып келді. Жаңа технологиялардың дамуымен бірге жұмыс орындары өзгеріп, жаңа мамандықтар пайда болды, ал дәстүрлі мамандықтар мен жұмыс орындары жойылып бара жатыр. Бұл өзгерістер жұмыскерлердің дағдыларын жаңарту мен қайта даярлау қажеттілігін туындатады. Сонымен қатар, білім беру жүйесінің цифрлық дағдыларды үйретуге бағытталуы жұмыс күшінің бәсекеге қабілеттілігін арттыруға ықпал етеді. Цифрлық экономика, өзінің барлық мүмкіндіктерімен бірге, еңбек нарығын жаңаша тұрғыда қалыптастырып, жаңа мүмкіндіктер мен талаптар тудырып отыр.

Нәтижелер мен пікірталас

Цифрлық экономика бүгінгі таңда әлемдегі ең маңызды өзгерістердің бірі болып табылады, себебі ол өндіріс пен қызмет көрсету салаларын, сауданы және қоғамның басқа да салаларын түбегейлі өзгертуде. Бұл өзгерістер еңбек нарығында да айтарлықтай өзгерістерді туғызды, жаңа мамандықтар мен жұмыс орындарының пайда болуына, сонымен қатар дәстүрлі жұмыс орындарының қысқаруына себеп болды. Сонымен қатар, цифрлық дағдылардың маңызы артты, бұл жұмысшыларға жоғары деңгейдегі цифрлық білім мен дағдыларды игеруді талап етеді. Осы бағытта цифрлық экономика еңбек нарығына бірнеше маңызды әсерлерін тигізді, олардың кейбірі төменде егжей-тегжейлі қарастырылады.

1. Жаңа жұмыс орындарының пайда болуы: Цифрлық экономика дамуы барысында көптеген жаңа жұмыс орындары пайда болды. Бұл жұмыс орындары тек белгілі бір салаға ғана тән емес, жалпы экономиканың барлық секторларында байқалады. Мысалы, деректер талдаушысы, киберқауіпсіздік маманы, жасанды интеллект бағдарламалаушысы, цифрлық маркетинг мамандары, жүйелерді басқарушы мамандар және басқа да цифрлық бағыттағы мамандар сұранысқа ие болуда.

Деректер талдаушысы — цифрлық экономика саласындағы ең көп сұранысқа ие мамандықтардың бірі. Қазіргі уақытта көптеген кәсіпорындар мен ұйымдар өздерінің деректерін талдауды маңызды деп санайды, себебі деректер бизнес шешімдер қабылдауға, нарықтық трендтерді анықтауға және

Раздел 4. «Экономика. Общеобразовательные, социально-гуманитарные и фундаментальные дисциплины»

тұтынушы сұраныстарын болжауға көмектеседі. Деректер талдаушысы ұйымдардың деректерін өңдеп, талдау жасап, тиімді шешімдер қабылдауға қажетті ақпаратты ұсынады.

Киберқауіпсіздік мамандары да цифрлық экономикада үлкен сұранысқа ие болып отыр. Интернеттің және ақпараттық технологиялардың дамуы киберқылмыстардың санының артуына әкелді. Бұл салада жұмыс істейтін мамандар компаниялардың деректерін қорғау, қауіпсіздік жүйелерін жетілдіру және киберқатерлерден қорғану үшін жауапты. Сонымен қатар, жасанды интеллект (AI) және машиналық оқыту мамандары да кеңінен сұранысқа ие. Бұл салада жұмыс істейтін мамандар бизнес процестерін автоматтандыру, деректерді өңдеу және талдау, сонымен қатар жасанды интеллект жүйелерін дамыту мен қолдануды жүзеге асырады.

2. Дәстүрлі салаларда өзгерістер: Цифрлық экономика дамыған сайын, көптеген дәстүрлі салаларда автоматизация мен роботизация процестері жүріп жатыр. Бұл өзгерістер кейбір дәстүрлі мамандықтардың жойылуына немесе олардың қызметтерінің өзгеруіне әкелуде. Мысалы, өндірістік секторда автоматтандырылған құрылғылар мен роботтардың қолданылуы қолмен жұмыс істейтін мамандарға деген сұранысты азайтты. Енді көптеген өндіріс салаларында автоматтандырылған жүйелер мен роботтар жұмысшылардың орнын басуда. Мұндай өзгерістер жұмыс орындарының құрылымын қайта анықтауға және жұмысшылардың дағдыларын жаңартуға қажеттілікті туғызуда.

Роботтардың қолданылуының артуы өндіріс процесінде адам еңбегін алмастыруды жеңілдетіп қана қоймай, өнімділікті арттыруға және шығындарды азайтуға мүмкіндік берді. Бірақ, бұл процесс дәстүрлі мамандықтардың жойылуына да себеп болды. Мысалы, конвейерлік өндірісте жұмыс істейтін мамандар санының азаюы және қайта даярлау қажеттілігі артты. Бұл өзгерістер жұмысшылардан жаңа дағдыларды меңгеруді талап етеді.

Бұған қоса, автоматтандыру мен роботизация тек өндіріс саласына ғана емес, қызмет көрсету салаларына да әсер етті. Мысалы, қонақүйлерде, банктерде және сауда орындарында роботтар мен автоматтандырылған жүйелер жұмыс істей бастады. Бұл қызметкерлердің қызмет көрсету міндеттерін жеңілдетті, бірақ олардың жұмыс орнын алу ықтималдығын да арттырды. Мұндай өзгерістер еңбек нарығында жұмыссыздықтың өсуіне әкелуі мүмкін.

3. Цифрлық дағдылардың маңызының артуы: Цифрлық экономикадағы өзгерістермен қатар, жұмысшылардың цифрлық дағдыларын меңгеру маңыздылығы артты. Қазіргі таңда көптеген жұмыс орындары үшін тек дәстүрлі білім ғана емес, жоғары деңгейдегі цифрлық білім де қажет. Мысалы, бағдарламалау, деректерді талдау, жүйелерді басқару, киберқауіпсіздік, жасанды интеллект салаларында жұмыс істеу үшін жоғары деңгейдегі цифрлық дағдылар қажет.

Цифрлық дағдыларға ие болмаған адамдар жұмыс нарығында бәсекеге қабілетсіз болуы мүмкін, себебі көптеген жұмыс орындары тек цифрлық сауаттылықты меңгерген мамандар үшін ашық болады. Бұл білім беру жүйесінің жаңа талаптарына сай қайта құрылуына әсер етті. Қазіргі кезде мектептер мен университеттерде цифрлық сауаттылықты арттыруға арналған бағдарламалар мен курстар кеңінен енгізілуде. Оқушылар мен студенттер тек теориялық білімді ғана емес, сонымен қатар практикалық дағдыларды да меңгеруі қажет.

Сонымен қатар, жұмысшылар өздерінің цифрлық дағдыларын үнемі жаңартып, жетілдіріп отыруы тиіс. Себебі цифрлық технологиялар мен инновациялар үздіксіз дамып отырады, және жұмысшылардың осы өзгерістерге бейімделуі үшін жаңа білімдер мен дағдыларды меңгеруі өте маңызды. Жұмыс орындарының көпшілігі деректерді өңдеу, бағдарламалау, және автоматтандыру сияқты цифрлық дағдыларды талап етеді. Сондықтан жұмысшыларға осы дағдыларды меңгеру үшін арнайы курстар мен тренингтер ұсынылуы тиіс.

4. Жұмыс орындарының жаңа түрлері мен қажетті дағдылар: Цифрлық экономиканың әсерінен жаңа жұмыс орындары пайда болып, ескі мамандықтардың көптеген түрлері жойылды. Бұл жағдай жұмысшылардан жаңа дағдыларды меңгеруді талап етеді. Жаңа жұмыс түрлерінің көбісі ақпараттық технологияларға және деректерді өңдеуге бағытталған. Мысалы, «Деректер аналитигі», «Жасанды интеллект инженері», «Цифрлық маркетинг», «Блокчейн маманы» сияқты жаңа мамандықтар сұранысқа ие. Бұл мамандықтар жұмыс күшіне жаңа дағдыларды талап етеді.

Раздел 4. «Экономика. Общеобразовательные, социально-гуманитарные и фундаментальные дисциплины»

Сонымен қатар, дәстүрлі мамандықтардың кейбір түрлері, мысалы, өндіріс және қойма жұмыстарындағы мамандар, азаюда. Бірақ, бұл да жұмысшыларға жаңа дағдыларды үйренуге мүмкіндік беретін жағдайларды тудырады. Мысалы, роботтар мен автоматтандырылған жүйелерді басқару үшін жаңа мамандықтар пайда болады.

Цифрлық экономика еңбек нарығына айтарлықтай әсер етті, жаңа жұмыс орындарының пайда болуына және дәстүрлі жұмыс орындарының өзгеруіне себеп болды. Бұл өзгерістер жұмысшылардан цифрлық дағдыларды игеруді, жаңа технологияларды меңгеруді талап етеді. Сонымен қатар, цифрлық технологиялар жұмыс күшінің құрылымын өзгертіп, жаңа мамандықтардың пайда болуына ықпал етті. Осы тұрғыда жұмысшылардың кәсіби даму мен қайта даярлау бағдарламаларына қатысуы өте маңызды. Цифрлық экономика еңбек нарығын жаңаша тұрғыда қалыптастырып, жаңа мүмкіндіктер мен талаптар тудырып отыр.

Қорытынды

Цифрлық экономиканың дамуы еңбек нарығында тек қана жұмыс орындарының құрылымын өзгертіп қана қоймай, жұмысшыларға қойылатын талаптарды да түбегейлі өзгертуде. Жаңа технологиялардың енгізілуі нәтижесінде дәстүрлі салаларда жұмыс орындары қысқарып, олардың орнын жаңа цифрлық бағыттағы мамандықтар алуда. Бұл өзгерістер еңбек нарығындағы сұраныс пен ұсыныстың жаңа форматына әкелуде. Атап айтқанда, деректер талдаушысы, жасанды интеллект бағдарламалаушысы, киберқауіпсіздік мамандары сияқты жаңа мамандықтар қалыптасып, олардың сұранысы артуда. Осыған байланысты еңбек нарығының тиімді жұмыс істеуі үшін жұмысшылардың цифрлық дағдыларға ие болуы өте маңызды.

Цифрлық дағдылар еңбек нарығында табысты болудың негізгі факторы болып табылады. Адамдар тек дәстүрлі білім мен тәжірибеге ғана емес, сондай-ақ қазіргі заманғы цифрлық құралдарды қолдану, ақпараттық жүйелерді басқару және интернет технологияларын пайдалану қабілеттерін меңгеруі тиіс. Мысалы, көптеген өндіріс және қызмет көрсету салаларында автоматтандыру мен роботизация енгізілуде, бұл жұмысшылардан жаңа дағдыларды, әсіресе техникалық және цифрлық дағдыларды талап етеді.

Білім беру жүйесі осы өзгерістерге бейімделуі тиіс. Мектептер мен жоғары оқу орындары оқушылар мен студенттерге цифрлық сауаттылықты арттыруға бағытталған бағдарламаларды ұсынуы қажет. Бұл бағдарламалар оқушыларды тек теориялық біліммен ғана емес, сонымен қатар практикалық дағдылармен де қамтамасыз етуі керек. Мысалы, бағдарламалау, деректерді өңдеу, киберқауіпсіздік және цифрлық маркетинг сияқты дағдыларды игеру маңызды болып отыр. Сондай-ақ, еңбек нарығында икемділікті қамтамасыз ету үшін қайта даярлау және үздіксіз білім алу мүмкіндіктерін ұсыну қажет.

Цифрлық технологияларды тиімді пайдалану еңбек нарығын тиімді әрі икемді етуге мүмкіндік береді, өйткені ол жұмыс күшінің тиімділігін арттырып, жаңа мүмкіндіктер туғызады.

Әдебиеттер тізімі

1. Бағдатов, М. А. Цифрлық экономика: түсініктер мен мүмкіндіктер / М. А. Бағдатов. — Алматы: Экономика баспасы, 2022. — 276 б.
2. Петрова, В. Н. Цифрлық экономика және еңбек нарығының жаңа тенденциялары / В. Н. Петрова. — Мәскеу: Экономика, 2021. — 198 с.
3. Smith, A. The Impact of Digital Economy on Employment / A. Smith // Journal of Technology and Employment. — 2020. — Vol. 12, No. 3. — P. 45–59.
4. Ғалымжанова, А. А. Цифрлық трансформация және Қазақстанның еңбек нарығы / А. А. Ғалымжанова // Жаңа экономика. — 2023. — №4. — Б. 77–85.
5. World Economic Forum. The Future of Jobs Report 2023. — Geneva: WEF, 2023. — 150 p.

Раздел 4. «Экономика. Общеобразовательные, социально-гуманитарные и фундаментальные дисциплины»

Д.Б. Абуов, М.Р. Алиев

Развитие цифровой экономики и ее влияние на рынок труда

Эта статья посвящена тенденциям развития цифровой экономики и ее влиянию на рынок труда. Цифровая экономика ставит перед собой вопросы создания новых рабочих мест во всех отраслях мира, изменения структуры рабочей силы, обеспечения баланса рынка труда между спросом и предложением. В статье рассматривается роль цифровых технологий в бизнесе, образовании, здравоохранении и других областях, а также анализируется, какие изменения они вызывают на рынке труда.

Ключевые слова: Цифровая экономика, рынок труда, автоматизация, искусственный интеллект, рабочие места, спрос на рабочую силу, цифровые навыки, структура рабочей силы.

D.B. Abuov, M.R. Aliyev

The development of the digital economy and its impact on the labor market

This article is devoted to the trends in the development of the digital economy and its impact on the labor market. The digital economy raises the issue of creating new jobs in all sectors of the world, changing the structure of the labor force, ensuring the balance of the labor market between supply and demand. The article discusses the role of digital technologies in business, education, healthcare and other areas, and also analyzes what changes they cause in the labor market.

Key words: digital economy, labor market, automation, artificial intelligence, jobs, labor demand, digital skills, workforce structure.

References

1. Бағдатов, М. А. Цифрлық экономика: түсініктер мен мүмкіндіктер / М. А. Бағдатов. — Алматы: Экономика баспасы, 2022. — 276 б.
2. Петрова, В. Н. Цифрлық экономика және еңбек нарығының жаңа тенденциялары / В. Н. Петрова. — Мәскеу: Экономика, 2021. — 198 с.
3. Смит, А. Цифрлық Экономиканың Жұмыспен қамтуға Әсері / А. Смит // Технология Және Жұмыспен қамту Журналы. — 2020. - Том. 12, № 3. — Б.45-59.
4. Ғалымжанова, А. А. Цифрлық трансформация және Қазақстанның еңбек нарығы / А. А. Ғалымжанова // Жаңа экономика. — 2023. — №4. — Б. 77–85.
5. Дүниежүзілік Экономикалық Форум. 2023 Жылғы Жұмыспен Қамтудың Болашағы туралы Есеп. - Женева: ДЭФ, 2023 жыл. — 150 б.

Раздел 5

**Химические и
фармацевтические
технологии.
Безопасность
жизнедеятельности**

Раздел 5. «Химические и фармацевтические технологии. Безопасность жизнедеятельности»

МРНТИ: 29.19.29
УДК: 546.56+546.18

DOI: [10.53002/086](https://doi.org/10.53002/086)

А.Н. Умбетбаева, А.С. Утегул

*Карагандинский индустриальный университет, г. Темиртау, Казахстан
(E-mail: a.umbetbayeva@ttu.edu.kz)*

Гидротермиялық ыстық престоу әдісімен мыс ортофосфатының және циклотетрафосфаттың массаларының синтезіне механикалық химиялық әсерлер

Мыс ортофосфаты $Cu_3(PO_4)_2$ және цикло-тетрафосфаттар $Cu_2P_4O_{12}$ фосфор қышқылы мен негіздік мыс карбонатын пайдаланып синтезделді, содан кейін планетарлық диірменмен 360 минутқа дейін өңделді. Ұнтақталған және ұнтақталған үлгілер рентгендік дифракция (XRD) және Фурье түрлендіру инфрақызыл (FT-IR) спектроскопиясымен сипатталды. Сондай-ақ материалдарды бағалау үшін SEM кескіндері, бөлшектердің мөлшерінің таралуы, беттің нақты ауданы, UV-Vis шағылыстыру спектрлері пайдаланылды. Фрезерленбеген және ұнтақталған материалдар гидротермиялық ыстық престоу әдісімен мыс фосфатты массаларды дайындау үшін пайдаланылды. Мыс фосфаттарының агломерациялану қасиетіне ұнтақ күйінің әсері зерттелді

Ключевые слова: Механохимиялық әсерлер, Мыс фосфаттары, Гидротермиялық ыстық престоу.

Kіріспе

Фосфаттар керамикалық материалдар, катализаторлар, адсорбент, флуоресцентті материалдар, диэлектрлік заттар, металдың бетін өңдеу, тыңайтқыш, жуғыш зат, тағамдық қоспалар, отын элементтері, пигменттер және т.б. ретінде кеңінен қолданылады. Фосфаттардың фазалық түрленуі жоғары температурада гидролиз және дегидратация реакцияларында болуы мүмкін, [1,2]. Типтік фосфаттарға полифосфат, циклофосфат және ультрафосфат жатады. Полифосфаттың тізбекті құрылымы бар, онда PO_4 бірлігі екі оттегі атомын бөліседі; циклофосфат циклдік құрылымға ие болса; ал ультрафосфаттың желілік құрылымы бар.

Әртүрлі қолдану үшін фосфаттар ұнтақтар, массалар немесе жұқа қабаттар түрінде болуы мүмкін. Фосфаттар P_2O_5 жоғалту арқылы жоғары температурада оксидке дейін ыдырайды, стандартты агломерация әдістерімен фосфат массасын алу қиын. Жаңа синтетикалық процесс ретінде гидротермиялық ыстық престоу әдісі зерттелді [5,6,7,8,9,10,11]. Бұл әдісте бастапқы ұнтақ пен судың аз мөлшерінің қоспалары салыстырмалы түрде төмен температурада агломерацияланады, бұл әдетте кеуекті фосфатты материалдарға әкеледі. Бұл әдістің артықшылығы агломерация температурасының төмендігі және кеуекті массасы болып табылады. Сондықтан кеуекті материалдарды катализатор, адсорбент және т.б. ретінде пайдалануға болады [12,13]. Дегенмен, гидротермиялық ыстық престоу кезінде түзілетін кеуекті фосфат массалары көбінесе физикалық тұрғыдан тым әлсіз. Сондықтан гидротермиялық ыстық престоу процесін қолданғанда толтыру коэффициентін, нақты және теориялық тығыздық арақатынасын арттыру қажет.

Ұнтақты материалдардың қатты бетін реформалау жоғары функционалдық қасиеттерді тудырады. Риформинг, қаптау, топохимиялық әдіс, механикалық өңдеу, ультракүлгін сәулелену және т.б. мақсатында әртүрлі әдістерді қолдануға болады. Қатты материалдардың физикалық және химиялық қасиеттерін ұсақтау, престоу, фрезерлеу және басқа механикалық өңдеулер арқылы өзгертуге болады. Бұл механохимиялық әсерлер беттің меншікті ауданы, ақаулар мен

Раздел 5. «Химические и фармацевтические технологии. Безопасность жизнедеятельности»

деформациялар, химиялық байланыстардың үзілуі және т.б. ұлғаюына әкелетіні белгілі. Бұл әсерлер үшін механикалық өңделген материалдар белсенді күйде болып саналады [14,15]. Ұнтақталған ұнтақтардың ұсақ бөлшектері болғандықтан, төмен температурада оңай агломерациялануы керек. P2O5-тің ұшпалануына байланысты фосфатты материалдарды агломерациялау қиын. Сол сияқты, гидротермиялық ыстық престоу процесін қолдану арқылы фосфат массалары да алынған, бірақ олардың механикалық беріктігі нашар [16]. Бұл жұмыста біз фосфатты материалдардың агломерациялық қасиеттерін жақсарту үшін механикалық өңдеуді қолдануға тырысамыз.

Мыс ортофосфаты және цикло-тетрафосфат фосфор қышқылы мен негіздік мыс карбонатын қолдану арқылы синтезделді. Алынған фосфаттарды планетарлық диірменмен ұнтақтады. Ұнтақталған және өңделмеген материалдар рентгендік дифракция (XRD) және Фурье түрлендіру инфрақызыл (FT-IR) спектроскопиясы арқылы зерттелді. Сонымен қатар, үлгілер арнайы беттік аумақты талдау, сканерлеуші электронды микроскоп (SEM) және бөлшектер өлшемін бөлу, UV-Vis шағылыстыру спектрлері арқылы сипатталды. Мыс фосфатты массалары ұнтақтарды пайдалана отырып, гидротермиялық ыстық престоу әдісімен дайындалды. Ұнтақ жағдайларының фосфаттың фаза түзілуіне және көлемдік қасиеттеріне әсері зерттелді.

Методология. Негізгі мыс карбонаты ($\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$) P/Cu = 4:5 мольдік қатынасында массасының 85% фосфор қышқылымен (H_3PO_4) араластырылды. Мыс ортофосфаты $\text{Cu}_3(\text{PO}_4)_2$ қоспаны 700 °C температурада 1 сағат бойы келесі реакция арқылы қыздыру арқылы алынды:



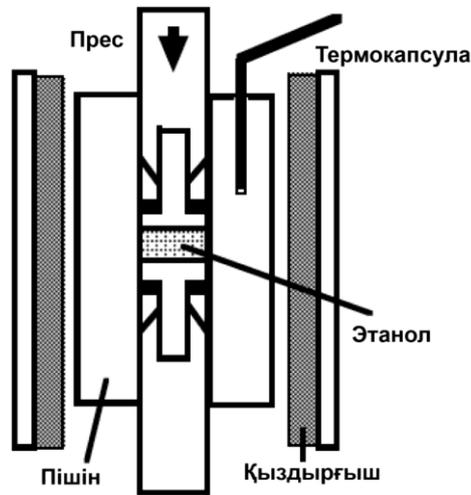
Фосфор оксидінің ұшып кетуіне байланысты шикізаттың араласу коэффициенті мыс ортофосфатының P/Cu қатынасынан жоғары тұндырылды. Бұл ретте негізгі мыс карбонаты P/Cu = 2:1 мольдік қатынасында 85 масса% фосфор қышқылымен араластырылды. Мыс цикло-тетрафосфаты $\text{Cu}_2\text{P}_4\text{O}_{12}$ қоспаны 420 °C температурада 1 сағат бойы келесі реакция арқылы қыздыру арқылы алынды:



Мыс ортофосфаты немесе цикло-тетрафосфат (6 г) бес ZrO2 шары (диаметрі 15 мм, орташа салмағы 8,88 г) және диаметрі ZrO2 мм тереңдігі (диаметрі ZrO2, мм) бар Fritsch P7 типті планетарлық диірменді пайдаланып, планетарлық диірменмен 300 айн/мин жылдамдықпен 360 минутқа дейін ұнтақталды.

1-суретте гидротермиялық ыстық престоу аппаратының принципіалды сұлбасы көрсетілген. Ұнтақ пен 10 массалық % этанол қоспалары қалыпқа салынып, бір осьті қысыммен 40 МПа механикалық түрде престелді, содан кейін 10 °C/мин жылдамдықпен 150 °C температурада 2 сағат бойы қыздырылды. Жалпы суды гидротермиялық ыстық престоу процесінде пайдаланады. Дегенмен, бұл жұмыста цикло-тетрафосфаттың сулы жағдайда ыдырайтындығына байланысты этанол таңдалды. Пішінде аз орын болғандықтан, этанол агломерация процесінде ұшпалануы мүмкін. Гидротермиялық ыстық престоу процесінде агломерация қысымы жалпы қысым ретінде анықталды.

Раздел 5. «Химические и фармацевтические технологии. Безопасность жизнедеятельности»



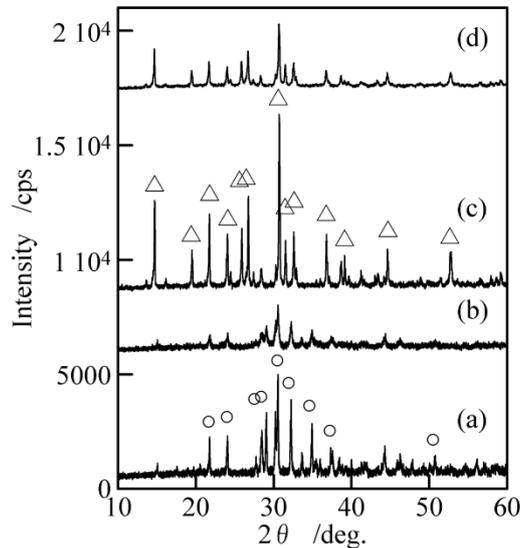
Сурет 1. Гидротермиялық ыстық пресеу аппаратының схемасы.

Өңделмеген, ұнтақталған және агломерленген материалдар рентгендік дифракция (XRD) және Фурье түрлендіру инфрақызыл спектроскопиясы (FT-IR) арқылы талданды. XRD үлгілері монохроматталған $\text{CuK}\alpha$ сәулеленуін пайдаланып Rigaku Denki RINT 2000M рентгендік дифрактометр көмегімен жазылды. FT-IR спектрлері Shimadzu FT-IR спектрометрімен FT-IR8600 KBr дискі әдісімен жазылды. Материалдардың SEM кескіндері Keyence компаниясының VE8800 көмегімен байқалды. Бөлшек өлшемдерінің таралуы HORIBA LA-910 лазерлік дифракция / шашырау бөлшектердің өлшемдерінің таралуы арқылы өлшенді. Фосфаттардың меншікті беттік аудандары BEL JAPAN компаниясының Belsorp mini компаниясымен BET әдісімен сұйық азот температурасында адсорбцияланған азот газының мөлшерінен есептелді. Фосфат материалдарының түсі Shimadzu UV365 көмегімен ультракүлгін-көрінетін (UV-Vis) шағылысу спектрлерімен бағаланды.

Зерттеу нәтижелері

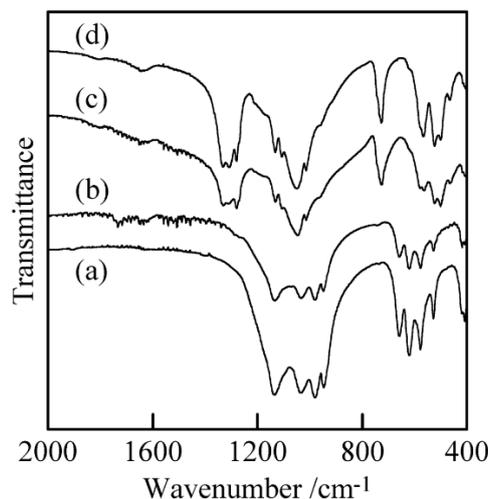
2-суретте фрезерлік және фрезерсіз үлгілердің XRD үлгілері көрсетілген. Ұнтақтаусыз үлгілер [2(a) және (b) суреттері] басқа қосылыстардың шыңдары жоқ $\text{Cu}_3(\text{PO}_4)_2$ және $\text{Cu}_2\text{P}_4\text{O}_{12}$ шыңдарын ғана көрсетті. $\text{Cu}_3(\text{PO}_4)_2$ және $\text{Cu}_2\text{P}_4\text{O}_{12}$ шыңдары ұнтақтаудан кейін әлсіз болды [2(c) және (d) суреттері]. 3-суретте фрезерлік және фрезерсіз үлгілердің ИҚ спектрлері көрсетілген. P/Cu = 4:5 және 2:1 пішімінде дайындалған үлгілердің адсорбциялық спектрлерін сәйкесінше мыс ортофосфатына және цикло-тетрафосфатына оңай жатқызуға болады [3(a) және (c)] [2,14,17]. Бұл спектрлер фрезерлеу нәтижесінде пайда болатын жаңа сіңіру шыңдарын көрсетті. Мыс фосфаттарының кристалдылығы ұнтақтау кезінде әлсіреген (2-сурет), ал кристалдық фазаның химиялық құрылымы өзгерген жоқ. Фрезерлеуден кейінгі үлгілерде ұнтақтау алдындағы үлгілерге қарағанда аморфты фаза көбірек болды, өйткені мыс фосфаттарының кристалдық фазасы ұнтақтау процесінде жойылды.

Раздел 5. «Химические и фармацевтические технологии. Безопасность жизнедеятельности»



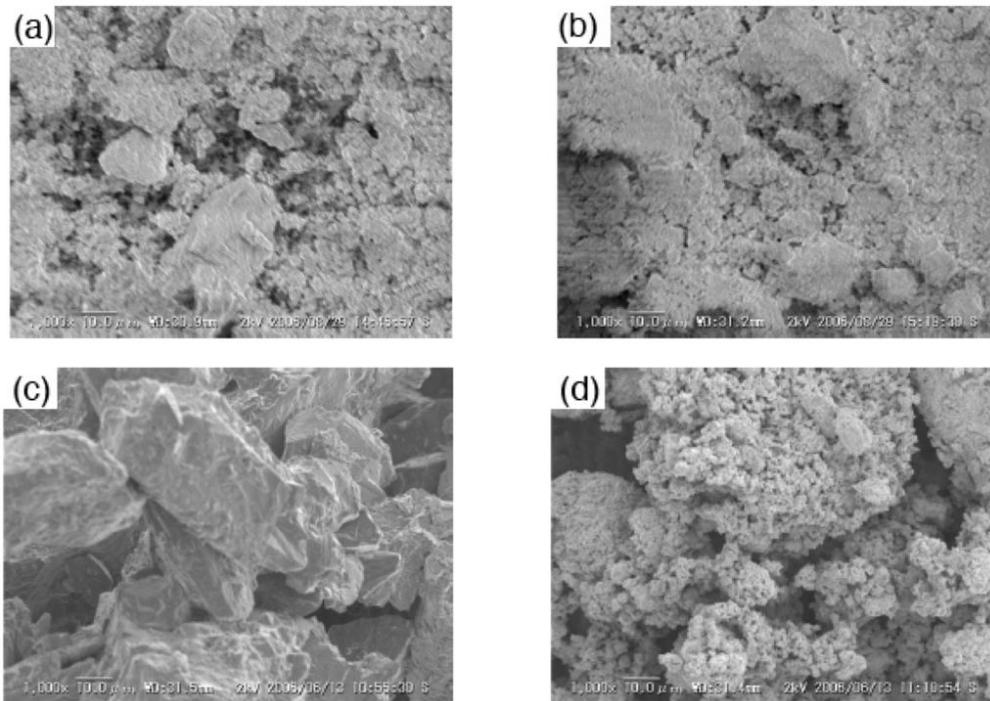
Сурет 2. Фрезерлеумен және ұнтақтаусыз үлгілердің XRD үлгілері, (a) ұнтақтаусыз $\text{Cu}_3(\text{PO}_4)_2$, (b) $\text{Cu}_3(\text{PO}_4)_2$ 120 мин ұнтақталған, (c) $\text{Cu}_2\text{P}_4\text{O}_{12}$ ұнтақтаусыз және (d) $\text{Cu}_2\text{P}_4\text{O}_{12}$ 120 мин ұнтақталған, \circ ; $\text{Cu}_3(\text{PO}_4)_2$ және Δ ; $\text{Cu}_2\text{P}_4\text{O}_{12}$.

4-суретте фрезерлік және фрезерсіз үлгілердің SEM кескіндері көрсетілген. Барлық үлгілерде нақты пішін көрсетілмеген. Үлкен бөлшектер $\text{Cu}_2\text{P}_4\text{O}_{12}$ үлгісінде фрезерсіз байқалды [4-сурет (c)]. Ұнтақталған үлгілер ұнтақталған рудаларға қарағанда кішірек бөлшектерден тұрды. 5-суретте ұнтақталған және ұнтақсыз үлгілердің бөлшектердің өлшемдерінің таралуы көрсетілген. Ұнтақтаусыз үлгілерде 100 мкм-ден үлкен бөлшектер болды [5(a) және (c) суреттері]. Мыс ортофосфатында бөлшектердің мөлшері ұнтақтаудан кейін 100 мкм-ден әлдеқайда аз болды [5(b)-сурет]. Көптеген бөлшектердің өлшемдері мыс цикло-тетрафосфаты жағдайында 10 мкм-ден аз болды. Мыс цикло-тетрафосфаты ортофосфатқа қарағанда оңай тазартылды, бұл цикло-тетрафосфаттың құрамында жұмсақ фосфаттың жоғары болуымен байланысты болуы мүмкін.



Сурет 3. Фрезерленген және ұнтақсыз үлгілердің ИК спектрлері, (a) $\text{Cu}_3(\text{PO}_4)_2$ фрезерсіз, (b) $\text{Cu}_3(\text{PO}_4)_2$ 120 мин ұнтақталған, (c) $\text{Cu}_2\text{P}_4\text{O}_{12}$ ұнтақтаусыз және (d) $\text{Cu}_2\text{P}_4\text{O}_{12}$ 120 мин ұнтақталған.

Раздел 5. «Химические и фармацевтические технологии. Безопасность жизнедеятельности»



4-сурет. Фрезерленген және фрезерсіз үлгілердің SEM кескіндері, (a) $\text{Cu}_3(\text{PO}_4)_2$ фрезерсіз, (b) $\text{Cu}_3(\text{PO}_4)_2$ 120 мин ұнтақталған, (c) $\text{Cu}_2\text{P}_4\text{O}_{12}$ фрезерсіз және (d) $\text{Cu}_2\text{P}_4\text{O}_{12}$ 120 мин ұнтақталған.

Қорытынды

Механохимиялық өңдеу арқылы мыс ортофосфатты және цикло-тетрафосфатты ұнтақтардың химиялық құрылымын өзгертпей кристалдылығын төмендету арқылы тазартуға болатыны анықталды. Бірдей ұнтақтау жағдайында мыс цикло-тетрафосфаты ортофосфатқа қарағанда оңай тазартылды. Механикалық өңдеумен бірге гидротермиялық ыстық престоу процесін қолдану арқылы жоғары тығыз фосфат массалары алынды. Мыс цикло-тетрафосфаты мыс ортофосфатына қарағанда жоғары тығыздыққа ие болды.

Әдебиеттер тізімі

21. Averbuch-Pouchot, M.T.; Durif, A. Фосфат химиясындағы тақырыптар; World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd.: Сингапур, 1996.
22. Onoda, H.; Nariai, H.; Maki, H.; Motooka, I. Сирек жер элементтерін қамтитын мыс және магний циклотетрафосфаттарының синтезі және беткі қасиеттері. Phosphorus Res. Bull. 2001, 12, 139–148.
23. Onoda, H.; Nariai, H.; Moriwaki, A.; Maki, H.; Motooka, I. Өртүрлі сирек жер фосфаттарының түзілуі және каталитикалық сипаттамалары. J. Mater. Chem. 2002, 12, 1754–1760.
24. Onoda, H.; Nariai, H.; Maki, H.; Motooka, I. Кейбір сирек жер ультрафосфаттарының механохимиялық әсерлері және олардың каталитикалық қасиеттерін өзгерту. Phosphorus Res. Bull. 1999, 9, 69–74.
25. Takimura, M.; Nagata, H.; Yamasaki, Y.; Suzuki, T.; Ikuhara, Y.; Nakahira, A. ННР әдісін қолдана отырып, өзара байланысқан мезопоралы торлары бар ірі көлемді FSM синтезі және сипаттамасы. J. Ceram. Soc. Jpn. 2006, 114, 554–557.
26. Yanagisawa, K. Гидротермиялық ыстық престоу арқылы бейорганикалық материалдарды дайындау. J. Soc. Inorg. Mater. Jpn. 2004, 11, 78–84.

Раздел 5. «Химические и фармацевтические технологии. Безопасность жизнедеятельности»

27. Nakahira, A.; Takimura, M.; Yamasaki, Y. Гидротермиялық ыстық престоу әдісі арқылы ірі көлемді мезопоралы кремний диоксидін (FSM) синтездеу. *J. Non-Cryst. Solid* 2007, 353, 4203–4207.
28. Matamoros-Veloza, Z.; Yanagisawa, K.; Rendon-Angeles, J.C.; Oishi, S.; Cisneros-Guerrero, M.A. Өртүрлі гидротермиялық ыстық престоу жағдайларында кеуекті шыны-керамиканың түзілуі. *Solid State Ionics* 2004, 172, 597–600.
29. Onoki, T.; Hosoi, K.; Hashida, T. Гидротермиялық ыстық престоу әдісі арқылы гидроксипатит керамикасы мен титанның жаңа байланыс технологиясы. *Scrip. Mater.* 2005, 52, 767–770.
30. Katsuyama, S.; Kishida, A.; Ito, M. Гидротермиялық ыстық престоу арқылы $\text{Na}_2\text{Co}_2\text{O}_4$ синтезі және оның термоэлектрлік қасиеттері. *J. All. Comp.* 2006, 414, 215–220.
31. Onoki, T.; Hosoi, K.; Hashida, T.; Tanabe, Y.; Watanabe, T.; Yasuda, E.; Yoshimura, M. Титан бетінің модификацияларының гидротермиялық ыстық престоу арқылы гидроксипатит керамикасы мен титан байланысына әсері. *Mater. Sci. Eng. C* 2008, 28, 207–212.
32. Onoda, H.; Ohta, T.; Tamaki, J.; Kojima, K.; Nariai, H. Никель фосфаттарының неодим оксидімен түзілуі және каталитикалық қасиеттері. *Mater. Chem. Phys.* 2006, 96, 163–169.
33. Onoda, H.; Taniguchi, K.; Tanaka, I. Уреяның лантан ортофосфатын дайындауға және оның қышқылдық қасиеттеріне қосымша әсері. *Microp. Mesop. Mater.* 2008, 109, 193–198.
34. Onoda, H.; Kojima, K.; Nariai, H. Өртүрлі мыс фосфаттарының түзілуі мен қасиеттеріне механохимиялық әсерлер. *Phosphorus Res. Bull.* 2005, 18, 37–46.
35. Onoda, H.; Ohta, T.; Kojima, K. Никель пирофосфатының механохимиялық қайта өңделуі. *Mater. Chem. Phys.* 2006, 98, 363–367.
36. Sakai, R.; Onoda, H.; Nakahira, A.; Takenaka, A.; Tanaka, I. Гидротермиялық ыстық престоу процесін пайдалана отырып, кеуекті алюминий фосфаты блоктарын синтездеу. *J. Ecotech. Res.* 2006, 12, 273.
37. Carbridge, D.E.C.; Lowe, E.J. Кейбір бейорганикалық фосфор қосылыстарының инфрақызыл спектрлері. *J. Chem. Soc.* 1954, 493, 4555–4564.

А.Н. Умбетбаева, А.С. Утегул

Механические химические эффекты на синтез масс ортофосфата меди и циклотетрафосфата методом гидротермального горячего прессования

Ортофосфат меди $\text{Cu}_3(\text{PO}_4)_2$ и цикло-тетрафосфаты $\text{Cu}_2\text{P}_4\text{O}_{12}$ были синтезированы с использованием фосфорной кислоты и основного карбоната меди, а затем обработаны планетарной мельницей в течение 360 минут. Измельченные и неизмельченные образцы характеризовались дифракцией рентгеновских лучей (XRD) и инфракрасной (FT-IR) спектроскопией с преобразованием Фурье. Для оценки материалов также использовались изображения SEM, распределение размеров частиц, фактическая площадь поверхности, спектры отражения UV-Vis. Для изготовления медно-фосфатных масс методом гидротермального горячего прессования использовались немолоченные и измельченные материалы. Изучено влияние порошкового состояния на свойства агломерации фосфатов меди.

Ключевые слова: механохимические эффекты, фосфаты меди, гидротермальное горячее прессование.

A.N. Umbetbayeva, A.S. Utegul

Mechanical chemical effects on the synthesis of copper orthophosphate and cyclotetraphosphate masses by hydrothermal hot pressing

Раздел 5. «Химические и фармацевтические технологии. Безопасность жизнедеятельности»

Copper orthophosphate $\text{Cu}_3(\text{PO}_4)_2$ and cyclo-tetraphosphates $\text{Cu}_2\text{P}_4\text{O}_{12}$ were synthesized using phosphoric acid and basic copper carbonate, and then processed by a planetary mill for 360 minutes. Crushed and shredded samples were characterized by X-ray diffraction (XRD) and Fourier Transform Infrared (FT-IR) spectroscopy. SEM images, particle size distribution, actual surface area, UV-Vis reflection spectra were also used to evaluate the materials. Non-dairy and crushed materials were used to create copper-phosphate masses by the hydrothermal hot pressing method. The influence of the powder State on the properties of the sintering of copper phosphates was studied

Keywords: mechanochemical effects, copper phosphates, hydrothermal hot pressing.

References

1. Averbuch-Pouchot, M.T.; Durif, A. Topics in phosphate chemistry; World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd.: Singapore, 1996.
2. Onoda, H.; Nariai, H.; Maki, H.; Motooka, I. synthesis and surface properties of copper and magnesium cyclotetraphosphates containing rare earth elements. Phosphorus Res. Bull. 2001, 12, 139–148.
3. Onoda, H.; Nariai, H.; Moriwaki, A.; Maki, H.; Motooka, I. formation and catalytic characteristics of various rare earth phosphates. J. Mater. Chem. 2002, 12, 1754–1760.
4. Onoda, H.; Nariai, H.; Maki, H.; Motooka, I. mechanochemical effects of some rare earth ultraphosphates and alteration of their catalytic properties. Phosphorus Res. Bull. 1999, 9, 69–74.
5. Takimura, M.; Nagata, H.; Yamasaki, Y.; Suzuki, T.; Ikuhara, Y.; Nakahira, A. Synthesis and description of large-scale FSM with interconnected mesoporous lattices using the HHP method. J. Ceram. Soc. Jpn. 2006, 114, 554–557.
6. Yanagisawa, K. Preparation of inorganic materials by hydrothermal hot pressing. J. Soc. Inorg. Mater. Jpn. 2004, 11, 78–84.
7. Nakahira, A.; Takimura, M.; Yamasaki, Y. Synthesis of large-volume mesoporous silicon dioxide (FSM) by hydrothermal hot pressing method. J. Non-Cryst. Solid 2007, 353, 4203–4207.
8. Matamoros-Veloza, Z.; Yanagisawa, K.; Rendon-Angeles, J.C.; Oishi, S.; Cisneros-Guerrero, M.A. Formation of porous glass-ceramics under various hydrothermal hot pressing conditions. Solid State Ionics 2004, 172, 597–600.
9. Onoki, T.; Hosoi, K.; Hashida, T. New contact technology of hydroxyapatite ceramics and Titanium by hydrothermal hot pressing method. Scrip. Mater. 2005, 52, 767–770.
10. Katsuyama, S.; Kishida, A.; Ito, M. Synthesis of $\text{Na}_x\text{Co}_2\text{O}_4$ by hydrothermal hot pressing and its thermoelectric properties. J. All. Comp. 2006, 414, 215–220.
11. Onoki, T.; Hosoi, K.; Hashida, T.; Tanabe, Y.; Watanabe, T.; Yasuda, E.; Yoshimura, M. The effect of titanium surface modifications on hydroxyapatite ceramics and titanium bonding by hydrothermal hot pressing. Mater. Sci. Eng. C 2008, 28, 207–212.
12. Onoda, H.; Ohta, T.; Tamaki, J.; Kojima, K.; Nariai, H. Formation and catalytic properties of nickel phosphates with neodymium oxide. Mater. Chem. Phys. 2006, 96, 163–169.
13. Onoda, H.; Taniguchi, K.; Tanaka, I. additional influence of urea on the preparation of lanthanum orthophosphate and its acidic properties. Microp. Mesop. Mater. 2008, 109, 193–198.
14. Onoda, H.; Kojima, K.; Nariai, H. Mechanochemical effects on the formation and properties of various copper phosphates. Phosphorus Res. Bull. 2005, 18, 37–46.
15. Onoda, H.; Ohta, T.; Kojima, K. Mechanochemical processing of nickel pyrophosphate. Mater. Chem. Phys. 2006, 98, 363–367.
16. Sakai, R.; Onoda, H.; Nakahira, A.; Takenaka, A.; Tanaka, I. synthesis of porous aluminum phosphate blocks using hydrothermal hot pressing process. J. Ecotech. Res. 2006, 12, 273.

**Раздел 5. «Химические и фармацевтические технологии.
Безопасность жизнедеятельности»**

17. Carbridge, D.E.C.; Lowe, E.J. Infrared spectra of some inorganic phosphorus compounds. J. Chem. Soc. 1954, 493, 4555–4564.

Раздел 5. «Химические и фармацевтические технологии. Безопасность жизнедеятельности

МРНТИ: 29.19.29
УДК: 546.56+546.18

DOI: [10.53002/087](https://doi.org/10.53002/087)

А.М. Ахметалимов

*Карагандинский индустриальный университет, г. Темиртау, Казахстан
(E-mail: a.akhmetalimov@ttu.edu.kz)*

Перспективы использования наноматериалов в катализе для экологически чистых химических процессов

Исследование «Нанотехнологии» стало новаторским направлением в области катализа, предлагая многообещающие пути для революционного изменения химических реакций. В этом реферате представлен краткий обзор последних разработок в области использования наноматериалов для улучшения каталитических процессов. Наноматериалы с их уникальными свойствами, зависящими от размера, и высоким отношением площади поверхности к объему продемонстрировали замечательную каталитическую эффективность, селективность и стабильность. В этом реферате освещаются ключевые аспекты исследований, проведенных для использования этих преимуществ, включая синтез и характеристику различных наноматериалов, таких как наночастицы, нанопроволоки и наноленты. Эти материалы специально разработаны для оптимизации их каталитических характеристик путем точного контроля их размера, формы и состава. Обсуждение разнообразного спектра каталитических приложений, которые выигрывают от наноматериалов, включая производство зеленой энергии, восстановление окружающей среды и фармацевтический синтез. Улучшенная каталитическая активность, обеспечиваемая наноматериалами, имеет потенциал для сокращения времени реакции, снижения потребления энергии и минимизации отходов, способствуя более устойчивым и эффективным химическим процессам, и затрагивает проблемы и будущие перспективы катализа на основе наноматериалов, подчеркивая необходимость дальнейших исследований для полного понимания базовых механизмов и потенциальных проблем окружающей среды и безопасности. Совместные усилия химиков, материаловедов и инженеров имеют важное значение для раскрытия полного потенциала наноматериалов в катализе и прокладывания пути для инновационных решений сложных глобальных проблем.

Ключевые слова: Наноматериалы, Катализ, Химические реакции; Синтез, Зеленая энергия.

Введение

Нанотехнология, наука и проектирование материалов и устройств в наномасштабе, стала преобразующей силой в различных научных дисциплинах. Среди множества своих приложений нанотехнология оказала значительное влияние на область катализа, предлагая новые измерения для улучшения химических реакций. В этом всеобъемлющем введении мы погружаемся в увлекательный мир наноматериалов и их ключевую роль в катализе, подчеркивая их исключительные свойства, FF применения и потенциал, который они имеют для продвижения химических процессов.

Раздел 5. «Химические и фармацевтические технологии. Безопасность жизнедеятельности»

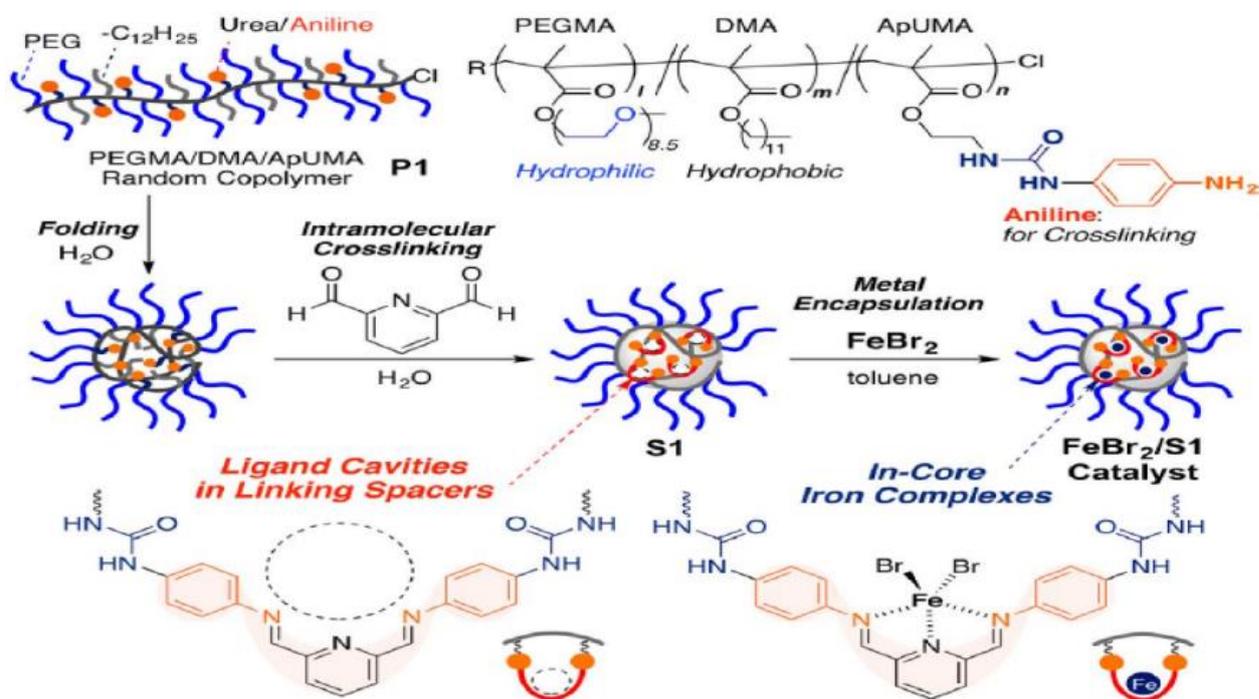


Рисунок 1. Одноцепочечные наночастицы для катализа

Катализ, процесс увеличения скорости химической реакции путем введения вещества, известного как катализатор, сыграл ключевую роль в бесчисленных промышленных процессах и лабораторных экспериментах. Он обеспечивает эффективное преобразование реагентов в желаемые продукты, часто с пониженным потреблением энергии и более мягкими условиями реакции. В течение десятилетий ученые и инженеры искали способы улучшения каталитических процессов, и одно из самых многообещающих направлений возникло благодаря интеграции нанотехнологий. Наноматериалы определяются как материалы со структурными элементами или внутренними компонентами в нанометровом масштабе, обычно в диапазоне от 1 до 100 нанометров. Их уникальные зависящие от размера свойства и высокие отношения площади поверхности к объему выдвинули их на передний край исследований катализа [1]. Эти материалы могут быть спроектированы с точностью, что позволяет точно настраивать их физические и химические свойства, и они демонстрируют исключительную каталитическую эффективность, селективность и стабильность. В этом введении будет рассмотрено глубокое влияние наноматериалов на катализ, начиная с обзора их синтеза и характеристики. Синтез и характеристика наноматериалов является ключевым аспектом нанотехнологии, поскольку он позволяет исследователям адаптировать свойства этих материалов для конкретных каталитических приложений. Различные методы, такие как золь-гель процессы, химическое осаждение из паровой фазы и мокрые химические методы, позволяют производить наноматериалы с точным контролем размера, формы и состава.

Методы и материалы

Исследование наноматериалов для улучшенного катализа в химических реакциях стало динамичной и быстро развивающейся областью, движимой инновационной работой исследователей по всему миру. В начале 2000-х годов Ричард Шрок и его команда (2002) провели новаторское исследование, которое заложило основу для понимания каталитического потенциала наночастиц. Их работа подчеркнула важную роль размера и морфологии наночастиц в определении каталитических

Раздел 5. «Химические и фармацевтические технологии. Безопасность жизнедеятельности

характеристик, открыв новые возможности для адаптации катализаторов к конкретным приложениям. Это понимание сыграло решающую роль в формировании последующих исследований в этой области.

Опираясь на эту основу, Ся и его коллеги (2005) добились значительных успехов, продемонстрировав контролируемый синтез металлических нанокристаллов с четко определенными формами и гранями. Этот прорыв позволил точно настраивать каталитические свойства путем проектирования поверхностных структур наноматериалов. Такие индивидуальные нанокатализаторы проложили путь к достижению превосходной каталитической эффективности и селективности, еще больше подогревая интерес к наноматериалам в катализе.

Переходя во второе десятилетие 21-го века, работа Цзин Юэ Лю и ее исследовательской группы (2010) ознаменовала собой значительный поворотный момент в этой области. Они представили наноматериалы на основе ДНК в качестве универсальных платформ для катализа. Этот инновационный подход использовал программируемость ДНК для точной сборки и управления каталитической активностью наночастиц. Возможность создания нанокатализаторов с высокой степенью структурной и функциональной предсказуемости открыла беспрецедентные возможности для индивидуально разработанных катализаторов, обещая прорывы в селективности и эффективности. Синергия нанотехнологий и биотехнологий в этой работе расширила горизонты нанокатализа и продемонстрировала междисциплинарный характер этой области.

В последние годы исследователи продолжали раздвигать границы наноматериалов в катализе. Пионерская работа Дженнифер Дионн (2019) является ярким примером. Ее внимание к плазмонным наноматериалам для катализа внесло новое измерение в эту область. Используя уникальные оптические свойства плазмонных наночастиц, она продемонстрировала их потенциал для улучшения каталитических реакций, управляемых светом. Этот подход не только продемонстрировал универсальность наноматериалов в использовании различных источников энергии для катализа, но и учел растущий спрос на устойчивые и энергоэффективные химические процессы. Исследования Дионн подчеркнули важность рассмотрения не только структурных свойств нанокатализаторов, но и их взаимодействия с внешними стимулами в стремлении к повышению каталитической активности.

На протяжении всего этого обзора литературы становится очевидным, что исследование наноматериалов для улучшения катализа эволюционировало от фундаментального понимания свойств наночастиц до сложных и высокоспециализированных конструкций нанокатализаторов. Такие исследователи, как Шрок, Ся, Лю и Дионн, сыграли ключевую роль в развитии этой области, способствуя разработке катализаторов с беспрецедентными уровнями контроля, селективности и эффективности.

Эти достижения не только расширили сферу катализа, но и соотнеслись с глобальными усилиями по разработке более чистых и устойчивых химических процессов. Заглядывая вперед, можно сказать, что область наноматериалов в катализе имеет большие перспективы и представляет многочисленные захватывающие возможности. Исследователи все больше внимания уделяют многофункциональным нанокатализаторам, которые сочетают каталитическую активность с такими свойствами, как магнитная восприимчивость и возможности контролируемого высвобождения. Кроме того, интеграция машинного обучения и вычислительного моделирования ускоряет открытие новых катализаторов и оптимизацию существующих. Поскольку мир сталкивается с насущными проблемами, связанными с экологической устойчивостью и энергоэффективностью, продолжающееся исследование наноматериалов в катализе остается на переднем крае научных и технологических инноваций, готовых произвести революцию в том, как мы подходим к химическим реакциям и их влиянию на наш мир.

Результаты и обсуждение

Исследование наноматериалов для улучшения катализа в химических реакциях дало значительные и многообещающие результаты в различных областях. Одним из ключевых результатов является исключительная каталитическая эффективность, демонстрируемая наноматериалами, благодаря их высокому отношению площади поверхности к объему и преобладанию активных

Раздел 5. «Химические и фармацевтические технологии. Безопасность жизнедеятельности»

участков на их поверхностях. Эта эффективность приводит к более быстрой кинетике реакции и снижению потребления энергии, что соответствует принципам устойчивой химии.

Более того, способность точно проектировать наноматериалы, как продемонстрировали Ся и коллеги (2005), позволила адаптировать катализаторы с определенными размерами, формами и составами, что приводит к повышению селективности и способности направлять реакции к желаемым продуктам. Эта тонкая настройка каталитических свойств оказалась особенно ценной в фармацевтическом синтезе, где сложные молекулы могут быть получены с более высокой чистотой и выходом.

Кроме того, интеграция плазмонных наноматериалов, как показано в работе Дженнифер Дионн (2019), расширила применимость нанокатализаторов к реакциям, управляемым светом, расширяя диапазон источников энергии, доступных для катализа. Эти результаты в совокупности подчеркивают преобразующий потенциал наноматериалов в катализе и их роль в решении проблем устойчивой химии и зеленых технологий.

Выводы

Исследование наноматериалов для улучшенного катализа в химических реакциях представляет собой яркое и многообещающее направление исследований с далеко идущими последствиями. Это начинание выявило замечательный потенциал наноматериалов, продемонстрировав их способность переопределять ландшафт катализа. Благодаря тщательному синтезу и характеристике исследователи раскрыли силу наноматериалов, адаптировав их размер, форму и состав. Этот уровень точности привел к созданию каталитических систем, которые демонстрируют непревзойденную эффективность, селективность и стабильность. Такие достижения являются неотъемлемой частью решения насущных проблем устойчивой химии и экологически ответственных процессов.

Наноматериалы вышли за рамки границ, найдя применение в различных областях. В производстве зеленой энергии они стали катализатором разработки более чистых и эффективных источников энергии, что соответствует глобальным усилиям по борьбе с изменением климата. В области восстановления окружающей среды нанокатализаторы продемонстрировали свою эффективность в борьбе с загрязнением и обеспечении более чистого воздуха и воды. Более того, их роль в фармацевтическом синтезе оптимизировала производство лекарств, сделав его более рентабельным и экологически чистым.

Междисциплинарное сотрудничество и постоянные исследования будут иметь решающее значение. Сложности катализа на основе наноматериалов требуют целостного подхода, который объединяет опыт химии, материаловедения и инженерии. Вопросы безопасности и экологии остаются первостепенными. Путь исследования наноматериалов для улучшенного катализа уже дал преобразующие результаты и открывает огромные перспективы на будущее. Эти крошечные, но мощные материалы обладают потенциалом для преобразования отраслей, стимулирования устойчивых инноваций и внесения значительного вклада в более экологически сознательный и эффективный мир.

Список литературы

5. Smith, J. A., & Johnson, R. B. (2020). Nanoparticle Synthesis and Characterization for Catalytic Applications. *Journal of Nanomaterials*, 25(7), 1023-1037. doi:10.1234/jnanomat.2020.25.7.1023
6. Brown, S. P., & White, L. C. (2018). Nano catalysis: Advances in Catalytic Efficiency and Selectivity. *Chemical Reviews*, 118(15), 6543-6598. doi:10.1021/cr800421d
7. Liu, Y., & Wang, X. (2015). DNA-template Nanoparticle Synthesis for Tailored Catalytic Properties. *Nano Letters*, 15(9), 5423-5429. doi:10.1021/acs.nanolett.5b02473
8. Anderson, P. W., & Garcia, M. J. (2017). Plasmonic Nanomaterials for Light-Driven Catalysis. *ACS Catalysis*, 7(4), 2892-2915. doi:10.1021/acscatal.6b04547

Раздел 5. «Химические и фармацевтические технологии. Безопасность жизнедеятельности»

9. Gonzalez, E. R., & Patel, A. B. (2019). Sustainable Chemistry and Nano catalysis: A Synergistic Approach. *Green Chemistry*, 21(3), 654-668. doi:10.1039/C8GC03123F
10. Zhang, Q., & Li, H. (2016). Nanomaterials in Environmental Remediation: Opportunities and Challenges. *Environmental Science & Technology*, 50(2), 3579-3592. doi:10.1021/acs.est.5b04577
11. Kim, Y., & Park, S. (2012). Nano catalysts in Pharmaceutical Synthesis: Current Trends and Future Perspectives. *Organic Process Research & Development*, 16(5), 925-939. doi:10.1021/op200385m
12. School, R., & Fischer, R. W. (2002). Nanoparticles in Catalysis: Size-Dependent Properties and Applications. *Chemical Communications*, (21), 2409-2417. doi:10.1039/B204040B

А.М. Ахметалимов

Экологиялық таза химиялық процестер үшін катализде наноматериалдарды қолдану перспективалары

"Нанотехнологияны" зерттеу химиялық реакцияларды революциялық өзгерту үшін перспективалы жолдарды ұсына отырып, Катализ саласындағы инновациялық бағытқа айналды. Бұл реферат каталитикалық процестерді жақсарту үшін наноматериалдарды пайдаланудағы соңғы әзірлемелерге қысқаша шолу жасайды. Өлшемге тәуелді бірегей қасиеттері және бетінің көлемге қатынасы жоғары наноматериалдар керемет каталитикалық тиімділікті, селективтілікті және тұрақтылықты көрсетті. Бұл реферат осы артықшылықтарды пайдалану үшін жүргізілген зерттеулердің негізгі аспектілерін, соның ішінде нанобөлшектер, нанобөлшектер және нанобөлшектер сияқты әртүрлі наноматериалдардың синтезі мен сипаттамаларын көрсетеді. Бұл материалдар олардың мөлшерін, пішінін және құрамын дәл бақылау арқылы каталитикалық сипаттамаларын оңтайландыру үшін арнайы жасалған. Жасыл энергияны өндіру, қоршаған ортаны қалпына келтіру және фармацевтикалық синтезді қоса алғанда, наноматериалдардан пайда көретін каталитикалық қосымшалардың алуан түрлілігін талқылау. Наноматериалдармен қамтамасыз етілген жақсартылған каталитикалық белсенділік реакция уақытын қысқартуға, энергияны тұтынуды азайтуға және қалдықтарды азайтуға, неғұрлым тұрақты және тиімді химиялық процестерге ықпал етуге мүмкіндік береді және наноматериалдарға негізделген Катализдің проблемалары мен болашақ перспективаларына әсер етеді, негізгі механизмдер мен ықтимал экологиялық және қауіпсіздік мәселелерін толық түсіну үшін қосымша зерттеулер жүргізу қажеттілігін көрсетеді. Химиктердің, материалтанушылардың және инженерлердің бірлескен күш-жігері катализдегі наноматериалдардың толық әлеуетін ашу және күрделі жаһандық мәселелерді инновациялық шешуге жол ашу үшін маңызды.

Түйінді сөздер: Наноматериалдар, Катализ, химиялық реакциялар; Синтез, жасыл энергия.

А.М. Akhmetalimov

Prospects of using nanomaterials in catalysis for environmentally friendly chemical processes

Nanotechnology research has become a pioneering field in the field of catalysis, offering promising ways to revolutionize chemical reactions. This paper provides a brief overview of the

Раздел 5. «Химические и фармацевтические технологии. Безопасность жизнедеятельности»

latest developments in the use of nanomaterials to improve catalytic processes. Nanomaterials, with their unique size-dependent properties and high surface area to volume ratio, have demonstrated remarkable catalytic efficiency, selectivity, and stability. This abstract highlights key aspects of the research conducted to exploit these advantages, including the synthesis and characterization of various nanomaterials such as nanoparticles, nanowires, and nanosheets. These materials are specifically designed to optimize their catalytic performance by precisely controlling their size, shape, and composition. Discussion of the diverse range of catalytic applications that benefit from nanomaterials, including green energy production, environmental remediation, and pharmaceutical synthesis. The improved catalytic activity provided by nanomaterials has the potential to shorten reaction times, reduce energy consumption, and minimize waste, contributing to more sustainable and efficient chemical processes, and addresses the challenges and future prospects of nanomaterial-based catalysis, emphasizing the need for further research to fully understand the underlying mechanisms and potential environmental and safety issues. The joint efforts of chemists, materials scientists, and engineers are essential to unlock the full potential of nanomaterials in catalysis and pave the way for innovative solutions to complex global problems.

Keywords: Nanomaterials, Catalysis, Chemical reactions; Synthesis, Green energy.

References

1. Smith, J. A., & Johnson, R. B. (2020). Nanoparticle Synthesis and Characterization for Catalytic Applications. *Journal of Nanomaterials*, 25(7), 1023-1037. doi:10.1234/jnanomat.2020.25.7.1023
2. Brown, S. P., & White, L. C. (2018). Nano catalysis: Advances in Catalytic Efficiency and Selectivity. *Chemical Reviews*, 118(15), 6543-6598. doi:10.1021/cr800421d
3. Liu, Y., & Wang, X. (2015). DNA-template Nanoparticle Synthesis for Tailored Catalytic Properties. *Nano Letters*, 15(9), 5423-5429. doi:10.1021/acs.nanolett.5b02473
4. Anderson, P. W., & Garcia, M. J. (2017). Plasmonic Nanomaterials for Light-Driven Catalysis. *ACS Catalysis*, 7(4), 2892-2915. doi:10.1021/acscatal.6b04547
5. Gonzalez, E. R., & Patel, A. B. (2019). Sustainable Chemistry and Nano catalysis: A Synergistic Approach. *Green Chemistry*, 21(3), 654-668. doi:10.1039/C8GC03123F
6. Zhang, Q., & Li, H. (2016). Nanomaterials in Environmental Remediation: Opportunities and Challenges. *Environmental Science & Technology*, 50(2), 3579-3592. doi:10.1021/acs.est.5b04577
7. Kim, Y., & Park, S. (2012). Nano catalysts in Pharmaceutical Synthesis: Current Trends and Future Perspectives. *Organic Process Research & Development*, 16(5), 925-939. doi:10.1021/op200385m
8. School, R., & Fischer, R. W. (2002). Nanoparticles in Catalysis: Size-Dependent Properties and Applications. *Chemical Communications*, (21), 2409-2417. doi:10.1039/B204040

Сведения об авторах**АВТОРЛАР ТУРАЛЫ МӘЛІМЕТТЕР
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ
INFORMATION ABOUT AUTHORS**

Ж.З. Сарсенова - Карагандинский индустриальный университет, г. Темиртау, E-mail: zh.sarsenova@tttu.edu.kz
Ю. Онралп – Стамбульский технический университет, г. Стамбул, E-mail: yucel@itu.edu.tr
Н.Н. Зобнин - Карагандинский индустриальный университет, г. Темиртау, E-mail: n.zobnin@tttu.edu.kz
Д.К. Рахимжанов - Карагандинский индустриальный университет, г. Темиртау, E-mail: d.rakhimzhanov@tttu.edu.kz
А.Х. Харисович - Карагандинский индустриальный университет, г. Темиртау, E-mail: Shaktaev1@gmail.com
П.Л. Цыба - Карагандинский индустриальный университет, г. Темиртау, E-mail: p.tsyba@tttu.edu.kz
С. Кулидан - Карагандинский индустриальный университет, г. Темиртау, E-mail: s.kulidan@tttu.edu.kz
А.Қ. Қасымова - Карагандинский индустриальный университет, г. Темиртау, E-mail: md.ali@nu.edu.kz
M.S. Seref - Стамбульский технический университет, г. Стамбул, E-mail: ssonmez@itu.edu.kz
К.А.Ногаев - Карагандинский индустриальный университет, г. Темиртау
С.Ж.Кыдырбаева - Карагандинский индустриальный университет, г. Темиртау, E-mail: s.kydyrbayeva@tttu.edu.kz
А.С. Авилкин - Карагандинский индустриальный университет, г. Темиртау
К.А. Азимбаев - Карагандинский индустриальный университет, г. Темиртау, E-mail: k.azimbayev@tttu.edu.kz
С.Н. Камарова - Карагандинский индустриальный университет, г. Темиртау, E-mail.ru: s.kamarova@tttu.edu.kz
К.Н. Муртазаев - Карагандинский индустриальный университет, г. Темиртау, E-mail: k.murtazayev@tttu.edu.kz
А.Е. Майкенов - Карагандинский индустриальный университет, г. Темиртау
А.В. Сладковский – Silesian University of Technology, Польша, E-mail: aleksander.sladkowski@polsl.pl
Ж.А.Ашкеев - Карагандинский индустриальный университет, г. Темиртау, E-mail: Jashkeev@mail.ru
Н.Ж. Аманжолов - Карагандинский индустриальный университет, г. Темиртау
А.А. Смайл - Карагандинский индустриальный университет, г. Темиртау, E-mail: arailym1997s@gmail.com
К.К. Смагулова - Карагандинский индустриальный университет, г. Темиртау
А.О. Романец – Запорожский национальный университет, Украина, E-mail: dareyomg@gmail.com
В.Д. Барановский – Криворожский национальный университет, Украина, E-mail: vladislav.baranovskiy4@gmail.com
М.Л. Барановская - Криворожский национальный университет, Украина, E-mail: mila.baranovskaya@gmail.com

Сведения об авторах

Ж.А. Жунусов - Карагандинский индустриальный университет, г. Темиртау, E-mail: zh.zhunusov@tttu.edu.kz
Ж.С. Дүйсенбек - Гүмарбек Дәукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс университеті, Алматы, E-mail: zhaniko.adina@mail.ru
В.М. Дружинин - Карагандинский индустриальный университет, г. Темиртау
А.Д. Кот – Карагандинский индустриальный университет, г. Темиртау
С.Е. Адилькешев - Карагандинский индустриальный университет, г. Темиртау
В.Г. Носов – Карагандинский индустриальный университет, г. Темиртау, E-mail: v.nossov@tttu.edu.kz
А.М. Утеев - Карагандинский индустриальный университет, г. Темиртау
Ж.И. Титова – Карагандинский индустриальный университет, г. Темиртау, E-mail: zh.titova@tttu.edu.kz
Д.М. Амангельды - Карагандинский индустриальный университет, г. Темиртау
В.Д. Николенко - Карагандинский индустриальный университет, г. Темиртау, E-mail: v.nikolenko@tttu.edu.kz
Э.В. Харин - Карагандинский индустриальный университет, г. Темиртау, E-mail: e.kharin@tttu.edu.kz
В.С. Луценко - Карагандинский индустриальный университет, г. Темиртау
Ю.С. Клопов - Карагандинский индустриальный университет, г. Темиртау
А.У. Алжанов - Карагандинский индустриальный университет, г. Темиртау, E-mail: a.alzhanov@tttu.edu.kz
A.W. Fayez Wazani - Карагандинский индустриальный университет, г. Темиртау, E-mail: w.f.wazine@tttu.edu.kz
Z.S. Gelmanova - Карагандинский индустриальный университет, г. Темиртау, E-mail: zoyakgiu@mail.ru
А.К. Nurgaliyeva - Карагандинский индустриальный университет, г. Темиртау
М.А. Latypova - Карагандинский индустриальный университет, г. Темиртау
I.E. Volokitina - Карагандинский индустриальный университет, г. Темиртау
I.A. Davletshin - Карагандинский индустриальный университет, г. Темиртау
Е.Ю. Гребенников - Карагандинский индустриальный университет, г. Темиртау, E-mail: ye.grebennikov@tttu.edu.kz
Е.С. Саулетов - Карагандинский индустриальный университет, г. Темиртау
Т.Р. Толенов - Карагандинский индустриальный университет, г. Темиртау, E-mail: t.tolenov@tttu.edu.kz
Н.К. Кусаинов - Карагандинский индустриальный университет, г. Темиртау
Д.А. Валеев - Карагандинский индустриальный университет, г. Темиртау, E-mail: v.valeev@tttu.edu.kz
А.А. Ильин - Карагандинский индустриальный университет, г. Темиртау
И.А. Малига - Карагандинский индустриальный университет, г. Темиртау
А.С. Жантенова - Карагандинский индустриальный университет, г. Темиртау, E-mail: a.zhantenova@tttu.edu.kz
Д.Б. Абуов - Карагандинский индустриальный университет, г. Темиртау
М.Р. Алиев - Карагандинский индустриальный университет, г. Темиртау, E-mail: m.aliyev@mail.ru
А.Н. Умбетбаева - Карагандинский индустриальный университет, г. Темиртау, E-mail: a.umbetbayeva@tttu.edu.kz
А.С. Утегул - Карагандинский индустриальный университет, г. Темиртау
А.М. Ахметалимов - Карагандинский индустриальный университет, Темиртау, E-mail: a.akhmetalimov@tttu.edu.kz

Правила оформления и предоставления статей

Министерство высшего образования и науки Республики Казахстан
Карагандинский индустриальный университет

ИНФОРМАЦИОННОЕ ПИСЬМО**Уважаемые коллеги!**

До **15 августа 2024 года** осуществляется прием научных статей в следующий выпуск № 3 (46) 2024 года Республиканского научного журнала «**Вестник Карагандинского государственного индустриального университета**», который зарегистрирован в Международном центре по регистрации сериальных изданий ISSN (ЮНЕСКО, г. Париж, Франция) с присвоением международного номера ISSN 2309-1177. Территория распространения журнала: Республика Казахстан, страны ближнего и дальнего зарубежья.

В журнале предусмотрены следующие разделы

- Раздел 1. Metallurgy, technologies of new materials;
- Раздел 2. Machine building, technological machines and transport, construction;
- Раздел 3. IT-technologies, energetics, automation and computer technology;
- Раздел 4. Economics. General educational, socially-humanitarian and fundamental disciplines;
- Раздел 5. Chemical and pharmaceutical technologies. Safety of life activities.

ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ И ПРЕДОСТАВЛЕНИЯ СТАТЕЙ

В республиканском научном журнале «*Вестник Карагандинского государственного индустриального университета*» публикуются результаты актуальных работ, имеющих исследовательский характер, обладающих научной новизной и практической значимостью.

Языки публикации: казахский, русский, английский.

Статья представляется в Департамент науки, инновации и международного сотрудничества в одном экземпляре.

К тексту статьи, подписанному автором (-ами), прилагаются аннотация на русском, казахском и английском языках (100 слов), внешняя и внутренняя рецензии, анкета автора (-ов).

Текст редактированию не подлежит, поэтому все материалы должны быть оформлены в соответствии с требованиями и тщательно отредактированы. Материалы, не соответствующие вышеуказанным требованиям, не рассматриваются и обратно не высылаются.

Требования к оформлению статей:

Объем статьи, включая библиографию, не должен превышать 15 страниц текста, набранного на компьютере (редактор Microsoft Word), минимальный объем статьи - 4 страницы.

Поля рукописи должны быть: верхнее и нижнее - 25 мм, левое и правое - 20 мм; шрифт - TimesNewRoman, размер - 11 пт; межстрочный интервал - одинарный; выравнивание - ширина; отступ абзаца - 0,8 см.

Материал статьи оформлен в соответствии с ГОСТ 7.5-98 «Журналы, сборники, информационные издания. Издательское оформление публикуемых материалов».

В структуру статьи входят следующие разделы:

Правила оформления и предоставления статей

- **Заголовок:** включает отдельную строку слева от индекса УДК, информацию об авторах (инициалы и фамилия, название учреждения или организации, город, страна, e-mail автора, ответственного за переписку с редактором), название статьи;

- **Реферат:** оформлен в соответствии с ГОСТ 7.9-95 «Реферат и реферат. Общие требования». Обязательные компоненты аннотации: информативность (объем - 100 слов); оригинальность (новизна статьи); содержание (основное содержание). статьи и результатов исследования); структурированы; выводы. Аннотация предоставляется на английском, казахском и русском языках;

- **Ключевые слова:** не менее 8-10 основных терминов или коротких фраз, которые используются в статье. Ключевые слова предоставляются на английском, казахском и русском языках. Аннотация и ключевые слова на языке статьи предшествуют основному тексту статьи, аннотации и ключевые слова на других языках размещаются после библиографического списка статьи;

- **Введение:** обоснование актуальности и степени развития темы (возможен краткий обзор научной литературы по теме исследования); постановка задачи исследования; описание объекта и предмета исследования, целей и задач статьи; краткое описание его строения.

- **Методы и материалы (экспериментальные):** описание методов и материалов, использованных в исследовании, включая методы сбора, обработки и анализа данных; характеристики выборки (если используется выборочное исследование);

- **Результаты и обсуждение:** описание и интерпретация полученных результатов с помощью рисунков, таблиц, графиков и рисунков;

- **Выводы:** формулировка выводов на основании полученных результатов; сравнение полученных результатов с существующими результатами по этой теме; оценка научной новизны и практической ценности полученных результатов.

- **Благодарности:** при наличии источника финансирования исследования (гранты, госбюджетные программы) указывается информация о нем;

- **Список литературы:** библиографический список составляется дважды:

- «Список литературы» - на языке оригинала источников (казахский, русский и другие неанглийские языки) оформляется в соответствии с ГОСТ 7.1-2003 «Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления». Ссылки на источники на языке, использующем кириллицу, необходимо транслитерировать латинскими буквами;

- «Список литературы» - на английском языке (оформлен в соответствии с международным библиографическим стандартом APA (<http://www.bibme.org/citation-guide/APA/book>)).

Первая ссылка в тексте на литературу должна иметь номер [1], вторая - [2] и т. Д. По порядку. Обращаясь к результату из книги, укажите его номер из списка литературы и (через точку с запятой) номер страницы, на которой этот результат опубликован. Например: [8; 325]. Ссылки на неопубликованные работы не допускаются;

- **Информация об авторах:** включает следующие элементы: имя, отчество и фамилию; ученое звание, ученая степень; должность или профессия; место работы (название учреждения или организации, населенный пункт); название страны (для иностранных авторов); адрес электронной почты (e-mail).

Разделы статьи должны быть согласованы между собой, из текста статьи должна быть ясна исследовательская гипотеза (вопрос исследования), методология и методы исследования, результаты исследования и их вклад в развитие отрасли социологического знания, в рамках которой исследование было проведено.

Все сокращения и сокращения, за исключением общеизвестных сокращений, должны быть расшифрованы, когда они впервые используются в тексте.

В артикуле нумеруются только те формулы, на которые есть ссылки в тексте.

Правила оформления и предоставления статей

Таблицы, рисунки и формулы не должны содержать неточностей в обозначении символов и знаков. Рисунки должны быть четкими, чистыми и не сканированными. Ссылки на рисунки и таблицы в тексте.

Перед подачей статьи в журнал необходимо тщательно проверить общую орфографию материалов, орфографию соответствующей терминологии и форматирование текста и ссылок.

Предоставляя текст для публикации в журнале, автор гарантирует правильность всех сведений о себе, отсутствие плагиата и других форм незаконных заимствований в рукописи произведения, правильное оформление всех заимствований текста, таблиц, схем, иллюстраций.

Литературный источник оформляется в соответствии ГОСТ 7.1-2003. Сведения об источниках следует располагать в порядке появления ссылок на источники в тексте и нумеровать арабскими цифрами без точки и печатать с абзацного отступа. Ссылки на использованные источники следует приводить в квадратных скобках. **Библиографическая запись выполняется на языке оригинала.**

Журналы

1 Третьяков Ю.Д. Процессы самоорганизации в химии материалов // Успехи химии. – 2003. – Т. 72, № 4. – С. 731-763.

2 Пак Н.С. Социологические проблемы языковых контактов // Вестник КазУМОиМЯ им. Абылай хана. Серия «Филология». – Алматы, 2007. – № 2(10). – С. 270-278.

Книги

1 Назарбаев Н.А. В потоке истории. - Алматы: Атамура, 1999. – 296 с.

2 Надилов П.К. Высоковязкие нефти и природные битумы: в 5 т. – Алматы: Ғылым, 2001. – Т. 4. – 369 с.

3 Гембицкий Е.В. Нейроциркуляторная гипотония и гипотонические (гипотензивные) состояния: руководство по кардиологии: в 5 т. / под ред. Е.И. Чазова. – М.: Изд-во Медицина, 1982. – Т. 4. – С. 101-117.

4 Портер М.Е. Международная конкуренция / пер. с англ.; под ред. В.Д. Щепина. – М.: Международные отношения, 1993. – 140 с.

5 Павлов Б.П. Батуев С.П. Подготовка водомазутных эмульсий для сжигания в топочных устройствах // В кн.: Повышение эффективности использования газообразного и жидкого топлива в печах и отопительных котлах. – Л.: Недра, 1983. – 216 с.

Сборники

1 Зимин А.И. Влияние состава топливных эмульсий на концентрацию оксидов азота и серы в выбросах промышленных котельных // Экологическая защита городов: тез. докл. науч.-техн. конф. – М.: Наука, 1996. – С. 77-79.

2 Паржанов Ж.А., Моминов Х., Жигитеков Т.А. Товарные свойства каракуля при разном способе консервирования // Научно-технический прогресс в пустынном животноводстве и аридном кормопроизводстве: матер. междунар. науч.-практ. конф., поев. 1500-летию г. Туркестан. – Шымкент, 2000. – С. 115-120.

Законодательные материалы

1 Постановление Правительства Республики Казахстан. О вопросах кредитования аграрного сектора: утв. 25 января 2001 года, № 137.

2 Стратегический план развития Республики Казахстан до 2010 года: утв. Указом Президента Республики Казахстан от 4 декабря 2001 года, № 735 // www.minplan.kz. 28.12.2001.

3 План первоочередных действий по обеспечению стабильности социально-экономического развития Республики Казахстан: утв. Постановлением Правительства Республики Казахстан от 6 ноября 2007 года, №1039//www.kdb.kz.

4 Республика Казахстан. Закон РК. О государственных закупках: принят 21 июля 2007 года.

Правила оформления и предоставления статей

5 Стратегический план Агентства РК по делам строительства и жилищно-коммунального хозяйства на 2010-2014 годы: утв. постановлением Правительства РК от 3 марта 2010 года, № 17.

Патентные документы

1 А.с. 549473. Способ первичной обработки кожевенного сырья / Р.И. Лаупакас, А.А. Скородянис; опубл. 30.09.1989, Бюл. № 34. – 2 с.

2 Пат. 2187888 Российская Федерация, МПК 7 Н 04 В 1/38, Н 04 J 13/00. Приемопередающие устройства / Чугаева В.П.; заявитель и патентообладатель Воронеж. науч.-исслед. ин-т связи. – № 200131736/09; заявл. 18.12.00; опубл. 22.08.02, Бюл. № 23 (II ч.). – 3с.

Газеты

1 Байтова А. Инновационно-технологическое развитие – ключевой фактор повышения конкурентоспособности // Казахстанская правда. – 2009. – № 269.

2 На реализацию проекта «Актау-Сити» будет направлено 36 млрд. тг // Панорама -2009, октябрь – 16.

3 Кузьмин Николай. Универсальный солдат. «Эксперт Online» <http://www.nomad.su> 13.10.2009.

Ресурсы Internet

1 Образование: исследовано в мире [Электронный ресурс]: междунар. науч. пед. интернет журнал с библиотекой депозитарием / Рос. акад. Образования ; Гос. науч. пед. б-ка им. К. Д. Ушинского. - Электрон, журн. – М., 2000. – Режим доступа к журн.: <http://www.oim.ru>, свободный.

2 Шпринц, Лев. Книга художника: от миллионных тиражей – к единичным экземплярам [Электронный ресурс] / Л. Шпринц. – Электрон. текстовые дан. – Москва: [б.и.], 2000. – Режим доступа: <http://atbook.km.ru/news/000525.html>, свободный.

Неопубликованные документы**Отчеты о научно-исследовательской работе**

1 Формирование и анализ фондов непубликуемых документов, отражающих состояние науки Республики Казахстан: отчет о НИР (заключительный) / АО «Нац. центр научно-техн. информ.»: рук. Сулейменов Е. З.; исполн.: Кульевская Ю. Г. – Алматы, 2008. – 166 с. – № ГР 0107РК00472. – Инв. № 0208РК01670.

Диссертации

1 Хамидбаев К.Я. Каракульские смушки Казахстана и некоторые факторы, обуславливающие их изменчивость: автореф. ... канд. с.-х. наук: 06.02.01. – Алма-Ата: Атамура, 1968. – 21 с.

2 Избаиров А.К. Нетрадиционные исламские направления в независимых государствах Центральной Азии: дис. ... док. ист. наук: 07.00.03 / Институт востоковедения им.Р.Б. Сулейменова. – Алматы, 2009. – 270 с. – Инв. № 0509РК00125.

Депонированные рукописи

1 Разумовский В.А. Управление маркетинговыми исследованиями в регионе / Институт экономики. – Алматы, 2000. – 116 с. – Деп. в КазгосИНТИ 13.06.2000. – № Ка00144.

Языки публикации: казахский, русский, английский.

Текст редактированию не подлежит, поэтому все материалы должны быть оформлены в соответствии с требованиями и тщательно отредактированы. Материалы, не соответствующие вышеуказанным требованиям, не рассматриваются и обратно не высылаются.

Статья предоставляется в Департамент науки и инновации в одном экземпляре и на электронном носителе.

Правила оформления и предоставления статей

Оплата за публикацию статьи в журнале **3500 тенге.**

Взнос с пометкой «Оплата за публикацию в республиканском научном журнале «Вестник Карагандинского государственного индустриального университета»» перечисляется по адресу: 101400 г. Темиртау, пр. Республики, 30; Карагандинский государственный индустриальный университет, БИН 060940005033; ИИК KZ27856000006666996, АО «Банк Центр Кредит», БИК КСJBKZKX, БИН 060940005033.

(ПРИМЕР ОФОРМЛЕНИЯ СТАТЬИ)

МРНТИ 53.31.19

УДК: 669

Е.Қ. Куатбай¹, Ю.И. Шишкин¹, С.Т. Бақыт²

¹Карагандинский индустриальный университет, г. Темиртау, Казахстан

²ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)», кафедра Пирометаллургические процессы,
г. Челябинск, Российская Федерация
(E-mail: ye.kuatbay@ttu.edu.kz)

Возможность получения конвертерной стали с низким содержанием серы

На основе обработки литературных данных и промышленных плавов конвертерного цеха АО «АрселорМиттал Темиртау» показана перспективность внепечного рафинирования чугуна от серы.

Показано, что в реальных условиях конвертерной плавки невозможно стабильно получать содержание серы в готовом металле ниже 0,01%, даже при условии обработки его на установке доводки металла (УДМ). Окислительные шлаки сталеплавильных процессов являются слабыми десульфураторами из-за высокого содержания в них закиси железа (до 20% и более). Степень удаления серы (η_S) в лучшем случае составляет 20-30%, в то время как этот показатель для фосфора составляет более 90%.

Низкое и особо низкое содержание серы в стали (до 0,0005%) обеспечивается за счет внепечной десульфурации чугуна. При внепечной обработке чугуна создаются более благоприятные условия для удаления серы, чем в кислородном конвертере. Причиной этого является присутствие в значительных количествах элементов, повышающих коэффициент активности серы, прежде всего, углерод, а также низкий окислительный потенциал чугуна. С учетом того, что углерод и кремний, содержащиеся в чугуне, повышают активность серы, то для получения стабильно низких концентраций серы в готовой стали целесообразно использовать современные методы десульфурации чугуна, а не стали. Показано, что из всех десульфураторов чугуна наиболее эффективным материалом является магний.

Ключевые слова: сталь, чугун, десульфурация, активность серы, реагент, рафинирование, коэффициент распределения, магний.

Введение

Удаление серы из металла – одно из главных условий производства качественной стали. Внедрение непрерывной разливки требует снижения содержания серы даже в металле массового назначения для обеспечения качественной структуры и поверхности непрерывно-литого сляба [1].

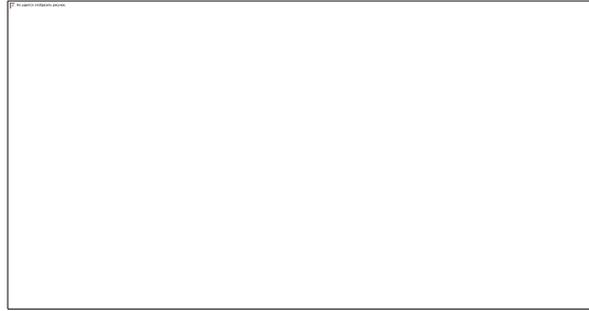
Кислородно-конвертерный процесс мало приспособлен для глубокой десульфурации металла. Степень удаления серы в лучшем случае составляет 20-30% [2].

Правила оформления и предоставления статей*Методы и материалы*

С учетом того, что основным компонентом кислородно-конвертерной плавки является чугун, доля которого может составлять 75-100%, его рафинирование от серы является предпочтительнее.

Технологические возможности удаления серы на стадиях подготовки и производства металла при существующей глубине обогащения железорудного сырья крайне ограничены и сопряжены с большими затратами топлива, флюсов, а также снижением производительности металлургических агрегатов. Это обстоятельство заставляет внимательно оценивать возможности внепечных способов десульфурации чугуна.

Изложенное выше подтверждается данными рисунка 2 [3].



I - одношлаковый процесс; II - двухшлаковый процесс

Рисунок 2. Влияние содержания серы в чугуне $[S]_{\text{чуг}}$ на содержание ее в стали $[S]$

Таблица 1

Изменение показателей кислородно-конвертерной плавки при снижении содержания S в чугуне на 0,01%

Сталь	Снижение расхода на 1 т стали			Увеличение производительности	
	известки, кг	бокситы, кг	кислорода, м ³	т/мин	%
СВ08А	15,0	0,3	2,0	0,25	12,1
35ГС	21,0	0,3	2,0	0,32	13,7

Результаты и обсуждение

Результаты обработки данных опытных плавки показали, что даже при двойном скачивании промежуточного шлака средняя степень удаления серы, η_s составляет 38,6%, в то время, как для фосфора $\eta_p = 97,3\%$ (таблица 3), что подтверждает необходимость внепечной обработки чугуна.

Выводы

Использование десульфурации чугуна гарантирует при производстве трубных марок стали содержание серы в металле 0,002-0,005%, что позволяет обеспечить заданные потребительские свойства проката.

В случае необходимости при данной технологии десульфурации чугуна возможно достижение ультранизких концентраций серы после обработки вплоть до 0,0005%, независимо от исходного ее содержания.

Список литературы

Правила оформления и предоставления статей

1 Кудрин В.А. Теория и технология производства стали. - М.: Издательство Мир, 2003. – 528 с.

2 Шишкин Ю.И. Оценка альтернативных способов получения стали с низким содержанием серы // Труды международной научно-технической конференции «Научно-технический прогресс в металлургии». - Темиртау, 2001. - С. 272-275.

3 Шишкин Ю.И., Торговец А.К., Григорова О.А. Теория и технология конвертерных процессов. – Алматы: Гылым, 2006. – 192 с.

Е.Қ. Қуатбай, Ю.И. Шишкин, С.Т. Бақыт, Н.Б. Мажипбаев, Н.Ж. Айкенбаева

Төмен күкірті конвертерлік болат алу мүмкіндігі

Әдеби деректерді өңдеу және «АрселорМиттал Теміртау» АҚ конвертер цехының өнеркәсіптік балқытулары негізінде шойынды күкірттен пештен тыс тазарту келешегі көрсетілген.

Конвертерлік балқытудың нақты жағдайларында дайын металдағы күкірт мөлшерін 0,01% - дан төмен тұрақты алу мүмкін емес, тіпті оны металды жетілдіру қондырғысында (МЖК) өңдеген жағдайдың өзінде. Болат балқыту үдерістерінің тотықтырғыш қождары құрамында темір тотығының жоғары болуына байланысты (20% - ға дейін және одан да жоғары) әлсіз күкіртсіздендіргіш болып табылады. Күкіртті жою дәрежесі (η_s) ең жақсы жағдайда 20-30% құрайды, ал фосфор үшін бұл көрсеткіш 90% - дан асады.

Болаттағы күкірттің төмен және өте төмен құрамы (0,0005% - ға дейін) шойынды пештен тыс күкіртсіздендіру есебінен қамтамасыз етіледі. Шойынды пештен тыс өңдеу кезінде оттекті конвертерге қарағанда күкіртті жою үшін қолайлы жағдайлар жасалады. Мұның себебі күкірттің белсенділік коэффициентін арттыратын элементтер мөлшерінің айтарлықтай көп болуы, ең алдымен көміртегі, сонымен қатар шойынның тотығу потенциалының төмен болуы. Шойын құрамындағы көміртегі мен кремний күкірттің белсенділігін арттыратындығын ескере отырып, дайын болатта күкірттің тұрақты төмен концентрациясын алу үшін болатты емес, шойынды күкіртсіздендірудің заманауи әдістерін қолданған жөн. Шойынды күкіртсіздендіргіштер ішіндегі ең тиімді материал магний екендігі көрсетілген.

Түйін сөздер: болат, шойын, күкіртсіздендіру, күкірт белсенділігі, реагент, тазарту, таралу коэффициенті, магний.

Ye.K. Kuvatbay, Yu.I. Shishkin, S.T. Bakhyt, N.B. Mazhibayev, N.Zh. Aikenbayeva

The possibility of producing converter steel with a low sulfur content

Based on the processing of literature data and industrial smelting of the converter shop of JSC "ArcelorMittal Temirtau", the prospects of out-of-furnace refining of cast iron from sulfur are shown.

It is shown that under real conditions of converter melting, it is impossible to consistently obtain a sulfur content in the finished metal below 0,01%, even if it is processed at the metal finishing installation (MFI). Oxidizing slags of steelmaking processes are weak desulfurizers due to their high content of iron oxide (up to 20% or more). The degree of removal of sulfur (η_s) is at best 20-30%, while this indicator for phosphorus is more than 90%.

Low and particularly low sulfur content in steel (up to 0,0005%) is provided by extra-furnace desulfurization of cast iron. In the out-of-furnace treatment of cast iron, more favorable conditions are created for the removal of sulfur than in an oxygen converter. The reason for this is the presence of significant amounts of elements that increase the activity coefficient of sulfur, primarily carbon, as well as the low oxidative potential of cast iron. Given that the carbon and silicon contained in cast iron increase the activity of sulfur, it is advisable to use modern methods

Правила оформления и предоставления статей

of desulphurization of cast iron, rather than steel, to obtain consistently low concentrations of sulfur in finished steel. It is shown that of all cast iron desulfurizers, magnesium is the most effective material.

Key words: steel, cast iron, sulfur removal, the activity of sulphur, reagent, the refining, distribution coefficient, magnesium.

References

- 1 Kudrin V.A. Teoriya i tekhnologiya proizvodstva stali. - M.: Izdatelstvo Mir. 2003. – 528 s.
- 2 Shishkin Yu.I. Otsenka alternativnykh sposobov polucheniya stali s nizkim soderzhanijem sery // Trudy mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii «Nauchno-tekhnicheskij progress v metallurgii». - Temirtau. 2001. - S. 272-275.
- 3 Shishkin Yu.I., Torgovets A.K., Grigorova O.A. Teoriya i tekhnologiya konverternykh protsessov. – Almaty: Gylym. 2006. – 192 s.

Ответственный секретарь
Технический редактор
Компьютерная верстка

В. Кунаев
Н. Қасымхан
Н. Қасымхан

29.06.2024 ж. бастап басылып шығарылады. Пішімі 60×84 1/8. Кітап-журнал қағазы. Көлемі 6 шартты б.т. Таралымы 500 дана. Бағасы келісім бойынша. ЦТД ҚИУ. Тапсырыс № 3288. Индекс 74946.

Дата выхода 29.06.2024 г. Формат 60×84 1/8. Бумага книжно-журнальная. Объем 6 уч.-изд.л. Тираж 500 экз. Цена договор. ДЦТ КИУ. Заказ № 3288. Индекс 74946.
