

ResearchGate

Google Scholar

I<sup>WORLD</sup>  
I<sup>JOURNALS</sup>

НАУЧНАЯ ЭЛЕКТРОННАЯ  
БИБЛИОТЕКА  
LIBRARY.RU



ISSN

e-ISSN(Online) 2709-1201



МЕЖДУНАРОДНЫЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

**ENDLESS LIGHT IN SCIENCE**

**NO 2**

**28 ФЕВРАЛЯ 2026**

**Астана, Казахстан**



[lrc-els.com](http://lrc-els.com)

**МЕЖДУНАРОДНЫЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ «ENDLESS LIGHT IN SCIENCE»**  
**INTERNATIONAL SCIENTIFIC JOURNAL «ENDLESS LIGHT IN SCIENCE»**



**Main editor:** G. Shulenbaev

**Editorial colleague:**

B. Kuspanova  
Sh Abyhanova

**International editorial board:**

R. Stepanov (Russia)  
T. Khushruz (Uzbekistan)  
A. Azizbek (Uzbekistan)  
F. Doflat (Azerbaijan)

International scientific journal «Endless Light in Science», includes reports of scientists, students, undergraduates and school teachers from different countries (Kazakhstan, Tajikistan, Azerbaijan, Russia, Uzbekistan, China, Turkey, Belarus, Kyrgyzstan, Moldova, Turkmenistan, Georgia, Bulgaria, Mongolia). The materials in the collection will be of interest to the scientific community for further integration of science and education.

Международный научный журнал «Endless Light in Science», включают доклады учёных, студентов, магистрантов и учителей школ из разных стран (Казахстан, Таджикистан, Азербайджан, Россия, Узбекистан, Китай, Турция, Беларусь, Кыргызстан, Молдавия, Туркменистан, Грузия, Болгария, Монголия). Материалы сборника будут интересны научной общественности для дальнейшей интеграции науки и образования.

28 февраля 2026 г.  
Астана, Казахстан

<https://doi.org/10.5281/zenodo.18951657>

## EKSPERT SISTEMLƏRİNİN PROLOQ DİLİNDƏ REALLAŞDIRILMASI: NƏZƏRIYYƏDƏN TƏCRÜBƏYƏ SEVINC

ƏLƏKBƏR QIZI ŞABANOVA

ADPU, Kompüter elmləri kafedrasının baş müəllimi, p.ü.f.d.

**Annotasiya:** *Məqalədə Süni intellektin təhsildə tətbiqindən, Proloq proqramlaşdırma dilindən istifadə etməklə Ekspert sistemlərinin layihələndirməsi məsələlərinin tələbələrə öyrədilməsinin üstünlüklərindən bəhs edilir.*

**Açar sözlər:** *süni intellekt, ekspert sistemləri, proloq dili, fərdiləşdirilmiş təlim, məntiqi təfəkkür, alqoritmik düşüncə*

**Annotation:** *The article discusses the advantages of teaching students about the application of Artificial Intelligence in education and the design of Expert Systems using the Proloq programming language.*

**Keywords:** *artificial intelligence, expert systems, Proloq language, personalized learning, logical reasoning, algorithmic thinking*

Süni intellekt (ing. Artificial intelligence)- informatikanın hesablama sistemləri və digər süni qurğuların köməyi ilə fikir və hadisələri təminat imkanlarını öyrənən bölməsidir. Süni intellekt dedikdə insanın proqramlaşdırılmış şəkildə, süni yollarla yaratdığı və digər köməkçi vasitələrlə üzə çıxan qeyri-ənənəvi intellekt, alışmadığımız bir idrak kateqoriyası başa düşülür.

Məsələn, insan robot yaradır və onun bəşər övladına adekvatlığından bəhs edir. Robot insana çay gətirirsə və yaxud bir neçə sualın cavabını verirsə bu hələ süni intellekt deyil, bu sadəcə həmin robotun proqramlaşdırılmadan irəli gələn funksiyalarıdır. Süni intellektə malik robotsa insanın əsəbi olduğunu görüb artıq hərəkətlərə, yersiz “söhbətə” yol verməyən robotdur (hələlik belə bir süni varlıq yaradılmayıb). Yaxud başqa bir misal. Adi kalkulyatorlar insanın imkanları xaricində olan riyazi hesablamaları bir neçə saniyədə həll edir. Lakin bu o demək deyil ki, hər hansı bir kalkulyator insandan “ağıllıdır”. Sadəcə, həmin hesablamalar insan tərəfindən yaradılan proqram təminatı əsasında verilən əmrləri yerinə yetirir.

Son illər dünya ölkələrində olduğu kimi, Azərbaycanda da soft kompüter (soft computing), hesablama intellekti məsələlərinə diqqət artırılıb, bu sahədə sanballı elmi tədqiqatlar meydana gəlib. Professor Lütfi Zadəni və Rafiq Əliyevi isə bu sahənin öncülləri kimi qəbul edirlər. Məsələn, R.Əliyevin invariantlıq nəzəriyyəsi sahəsindəki işləri neft emalı, neftkimya sənayesi, intellektual robotlar sahəsindəki işləri metallurgiya və əlvan metallar sənayesində, elmi əsaslarını yaratdığı böyük sistemlərdə koordinasiya nəzəriyyəsi müxtəlif iqtisadi və istehsal sistemlərinin qurulmasında, süni intellekt, hesablama intellekti, soft kompüter sahəsindəki nəticələri neftçixarma, neftemalı, təbabət, təhsil, konfliktologiya, biznes, iqtisadiyyat sahələrində, ALİ-1, ALİ-2, ALİ-3 məntiqləri isə kosmik obyektlərdə tətbiq olunub. Coğrafiya baxımından bu tətbiqlər Azərbaycan, Rusiya, Özbəkistan, Ukrayna, Almaniya, İran, Türkiyə, Bolqarıstan və s. ölkələri əhatə edib. ALİ-1, ALİ-2, ALİ-3 məntiqlərinin yeniliyi ondadır ki, onlar qeyri-müəyyənlik şəraitində insan təfəkkürünü, nəticə çıxartmaq mexanizmini başqa məntiqlərə nisbətən daha dəqiq və dürüst yazır.

1996 və 1999-cu illərdə Rusiyanın strateji təyinatlı raket qoşunları hərbi akademiyasının alimləri eksperimental yolla bu üç məntiqin başqa məntiqlərdən üstünlüyünü isbat etmiş və onlar strateji səma obyektlərinin idarəolunmasında və diaqnostikasında istifadə olunmuşdur. Alimin sonrakı elmi işləri postmodern hesablama və informasiya texnologiyalarının sinerjisinə (qovuşmasına) əsaslanan və əsası dövrümüzün ən böyük elm dühası olan professor Lütfi Zadə tərəfindən qoyulan soft kompüter və sözlə hesablama (ədədlə yox, sözlə) nəzəriyyələrinin və texnologiyalarının yaranmasına və inkişafına həsr olunub.

Artıq bir neçə ildir ki, “Zadə irsi və süni intellekt” Assosiasiyası fəaliyyət göstərir. Bu assosiasiya indi əsasən iki istiqamətdə iş aparır. Birincisi, qeyri-səlis məntiq, soft kompüter, hesablama intellekti, sözlə və persepsiya ilə hesablama sahəsində hər il beynəlxalq konfranslar və simpoziumlar təşkil edir. Bu günə kimi Almaniya, İran, Türkiyə, İtaliya, İspaniya və başqa ölkələrdə 10-dan çox belə konfranslar təşkil olunub. İkincisi, Azərbaycanda assosiasiyanın daimi elmi seminarları keçirilir ki, bu seminarlarda dünyanın, o cümlədən Azərbaycanın sanballı alimləri aldıkları orijinal elmi nəticələrlə çıxış edirlər.

Bildiyimiz kimi, süni intellektin ən bariz nümunəsi olan beşinci nəsil kompüterlər qeyri-səlis məntiqə əsaslanır. Qeyri-səlis məntiq R.Əliyev tərəfindən obrazlı şəkildə belə izah olunur: Aristotel məntiqi ilə mühakimə yürüdən beyin dünyanı yalnız ağ və ya qara rəngdə qavrayır, Zadə məntiqi isə dünyanı bütün çalarları ilə qavramağa imkan verir. Çünki Aristotel məntiqi ikili məntiqdir, Zadə məntiqi çoxmənali (kəsilməz qiymətli) məntiqdir. Aristotelə görə, bir müddəə ya doğru, ya da yalan ola bilər. Zadəyə görə, hər bir müddəanın doğruluq dərəcəsi doğru və ya yalan arasında (və ya sıfırla bir arasında) kəsilməz qiymətlər alır. Zadə məntiqində real həyatı daha dürüst inikas etmək qabiliyyəti var, bu məntiqdə tolerantlıq daha çoxdur. Aristotel məntiqinə görə, bir adam ya dostdur, ya düşmən. Zadə məntiqinə görə, dostla düşmən münasibətləri arasında sonsuz sayda münasibət dərəcəsi var (məsələn, neytral, çox yaxın dost və s.). Formal məntiqi dildə desək, Zadəyə görə, sıfır ilə bir arasında çoxlu rəqəmlər var.

Süni İntellekt (Sİ), kompüterlərin və ya xüsusi proqram təminatlarının insan zəkasına məxsus funksiyaları — öyrənmə, məntiqi nəticə çıxarma, problem həll etmə, qavrama və dil anlama kimi qabiliyyətləri nümayiş etdirməsi sahəsidir. Bu texnologiya, verilənlər bazasındakı böyük həcmli məlumatları analiz edərək qanunauyğunluqları aşkar edir və gələcək hadisələr haqqında proqnozlar verir. Klassik proqramlaşdırmadan fərqli olaraq, Sİ sistemləri birbaşa əmrlərlə deyil, təcrübə və məlumatlar əsasında özünü təkmilləşdirərək işləyir.

Süni intellektin təhsildə tətbiqi, təlim prosesini daha effektiv, fərdiləşdirilmiş və əlçatan etmək üçün böyük potensiala malikdir. Bu texnologiyalar müəllimlərin yükünü azaltmaqla yanaşı, tələbələrin ehtiyaclarına uyğunlaşdırılmış təhsil mühiti yaradır.

Fərdiləşdirilmiş təlim (Personalized Learning): Sİ alqoritmləri tələbənin öyrənmə sürətini, güclü və zəif tərəflərini analiz edərək ona xüsusi tədris planı və materiallar təqdim edir.

*Məsələn:* Tələbə riyaziyyatda çətinlik çəkirsə, sistem avtomatik olaraq təməl mövzulara dair daha çox tapşırıq təklif edir.

- Ağillı tutor sistemləri (Intelligent Tutoring Systems): Bu sistemlər real vaxt rejimində tələbələrə fərdi yardım göstərir, səhvlərini izah edir və suallarına cavab verir.

- Avtomatlaşdırılmış qiymətləndirmə: Sİ, testləri və hətta esse tipli yazıları sürətlə yoxlayaraq müəllimlərə vaxta qənaət etməyə və obyektiv qiymətləndirmə aparmağa kömək edir.

- Müəllimlər üçün köməkçi alətlər: Sİ müəllimlərə dərs planlarının hazırlanması, tədris materiallarının yaradılması və inzibati işlərin idarə olunmasında dəstək verir.

- Böyük verilənlərin analizi (Learning Analytics): Tələbələrin akademik nəticələrini və davranışlarını analiz edərək, təhsil müəssisələri tələbələrin uğurunu proqnozlaşdırma və risk qruplarını əvvəlcədən müəyyən edə bilər.

Süni intellekt təhsilin şəffaflığını və bərabərliyini təmin edərək, biliklərin daha sürətli və keyfiyyətli mənimsənilməsinə şərait yaradır.

Süni intellektin ən erkən və ən tətbiqi sahələrindən biri olan ekspert sistemləri, insan mütəxəssislərin biliklərini kompüter sistemlərinə köçürmək məqsədi daşıyır. Bu sistemlər, konkret bir sahədə (məsələn, tibbi diaqnoz, nasazlıqların aşkarlanması) məntiqi nəticələr çıxarmaqla insanlara qərar qəbul etməkdə kömək edir. Proloq (Programming in Logic) dili, məntiqi proqramlaşdırma paradigmasına əsaslandığı üçün ekspert sistemlərinin qurulması üçün ən ideal vasitələrdən biridir.

Ekspert sistemi, işləməsi üçün bir neçə əsas komponentdən ibarət olan bir çərçivədir (shell).

- Biliklər bazası: Konkret sahəyə aid faktların və "əgər-onda" (if-then) qaydalarının toplusudur.

- **Çıxış maşını (Inference Engine):** Biliklər bazasındakı qaydaları istifadəçi tərəfindən daxil edilən məlumatlara tətbiq edərək məntiqi nəticələr çıxaran mexanizmdir.

- **İstifadəçi interfeysi:** İstifadəçi ilə sistem arasında ünsiyyəti təmin edən hissədir.

Proloq (Programming in Logic), məntiqi proqramlaşdırma paradigmasına əsaslanan və süni intellekt sahəsində xüsusi yeri olan yüksək səviyyəli proqramlaşdırma dilidir. Bu dil, məsələnin həlli alqoritmini addım-addım yazmaqdan ziyadə, problemin nə olduğunu (faktlar və qaydalar) təsvir etməyə əsaslanır. Proloq-un iş prinsipi, verilən sorğuları məntiqi baza ilə unifikasiya (uyğunlaşdırma) və geri qayıtma (backtracking) mexanizmləri vasitəsilə həll etməkdən ibarətdir.

Proloq-un əsas tətbiq sahələri:

- **Ekspert sistemlərinin yaradılması:** Mürəkkəb qaydalar toplusuna əsaslanan və insan mütəxəssislərin biliklərini simulyasiya edən sistemlərin (məsələn, tibbi diaqnoz, hüquqi məsləhət) qurulması.

- **Təbii dilin emalı (Natural Language Processing - NLP):** İnsan dilinin strukturunu təhlil etmək, cümlə quruluşlarını analiz etmək və tərcümə sistemləri yaratmaq.

- **Avtomatlaşdırılmış teorem sübutu (Automated Theorem Proving):** Riyazi məntiqə əsaslanaraq, verilmiş aksiomlardan yeni teoremlərin avtomatik olaraq sübut edilməsi.

- **Məlumat bazaları və məntiqi axtarış:** Mürəkkəb münasibətləri ehtiva edən məlumat bazalarında səmərəli sorğuların aparılması və qanunauyğunluqların tapılması.

- **Planlaşdırma:** Məhdud resurslar şəraitində tapşırıqların yerinə yetirilməsi üçün ən optimal ardıcılığın məntiqi qaydalarla müəyyən edilməsi.

Proloq, tələbələrdə **məntiqi təfəkkürü** və **alqoritmik düşüncəni** inkişaf etdirmək üçün əvəzedilməz bir vasitədir. Bu dil, məsələləri strukturlaşdırmaq və münasibətləri abstrakt şəkildə ifadə etmək bacarığını formalaşdırır.

Proloq, öz daxili unifikasiya və geri qayıtma (backtracking) mexanizmləri ilə həm biliklər bazasını (faktlar və qaydalar kimi), həm də çıxış maşını (sorğu mexanizmi kimi) özündə birləşdirir.

*Proloq-da Biliklər Bazasının Qurulması*

Proloq-da biliklər bazası faktlar və qaydalar toplusundan ibarətdir. Gəlin, pedaqoji məqsədlər üçün sadə bir "İdman növünü təyin edən ekspert sistemi" nümunəsini quraq.

### **Faktların Təsviri**

Faktlar sistemin bildiyi əsas həqiqətlərdir:

Prolog

% Tələbənin xüsusiyyətləri fakt kimi təsvir edilə bilər

sevmir(sokrat, qapalı\_mekan).

sevir(sokrat, komanda\_oyunu).

### **Qaydaların Təsviri**

Qaydalar faktlar arasındakı əlaqəni və məntiqi nəticəni təyin edir:

Prolog

% Qayda: Əgər tələbə qapalı məkanı sevmir və komanda oyununu sevirsə, onda o futbol oynamaqlıdır.

tovsiyə\_et(Tələbə, futbol) :-

\+ sevmir(Tələbə, qapalı\_mekan),

sevir(Tələbə, komanda\_oyunu).

### **Dinamik biliklər bazası: Assert və Retract**

Ekspert sistemləri istifadəçi ilə qarşılıqlı əlaqə zamanı yeni məlumatlar öyrənməlidir. Bunun üçün Proloq-un dinamik predikatlarından istifadə edirik:

- **assert(fakt):** Bazaya yeni fakt əlavə edir.

- **retract(fakt):** Bazadan faktı silir.

### **İstifadəçidən məlumat almaq**

Sistem istifadəçiyə sual verərək cavabı bazaya yazmağa bilər:

Prolog

```
sorus(Sual) :-  
    format('~w? (y/n): ', [Sual]),  
    read(Cavab),  
    (Cavab == y -> assert(fakt(Sual)) ; fail).
```

### **Çıxış maşınının reallaşdırılması**

Çıxış maşını istifadəçinin suallarına cavab tapmaq üçün biliklər bazasında axtarış aparır.

Prolog

% Yekun diaqnoz funksiyası

diaqnoz :-

```
    write('Sistem işə düşdü...'), nl,  
    (tovsiye_et(sokrat, futbol) ->  
        write('Tövsiyə: Futbol oynayın.') ;  
        write('Uyğun idman növü tapılmadı.')), nl.
```

Bu prosesdə Proloq-un Backtracking mexanizmi bütün mümkün qaydaları yoxlayaraq ən doğru nəticəni tapmağa çalışır.

**Pedaqoji nümunə:** Heyvanların Təsnifatı

Aşağıda, tələbələrə nümayiş etdiriləcək biləcək tam bir "Heyvan təsnifatı" sisteminin kodu verilmişdir:

Prolog

% --- Biliklər Bazası (Qaydalar) ---

heyvan(delfin) :- sut\_emziren, suda\_yasayir.

heyvan(yarasadir) :- sut\_emziren, ucur.

heyvan(pinqvin) :- qush, uzaq\_mesafe\_uzur.

% --- Xüsusiyyətlər ---

sut\_emziren :- sormaq('Balanı südlə bəsləyirmi').

suda\_yasayir :- sormaq('Suda yaşayır mı').

ucur :- sormaq('Uçurmu').

qush :- sormaq('Quşdurmu').

uzaq\_mesafe\_uzur :- sormaq('Uzaq məsafəyə üzürmü').

% --- Çıxış Maşını (Interaktiv sual mexanizmi) ---

:- dynamic fakt/1.

sormaq(Sual) :-

```
    (fakt(Sual) -> true ;
```

```
    (format('~w? (y/n): ', [Sual]),
```

```
    read(Cavab),
```

```
    (Cavab == y -> assert(fakt(Sual)) ; (retractall(fakt(Sual)), fail)))).
```

% Başlanğıc nöqtəsi

start :-

```
    retractall(fakt(_)),
```

```
    (heyvan(X) -> format('Bu heyvan: ~w', [X]) ; write('Tapılmadı')).
```

Nəticə

Proloq dili ekspert sistemlərinin prinsiplərini tələbələrə çatdırmaq üçün mükəmməl bir platformadır. Onun məntiqi təməlləri, mürəkkəb qaydaların sadə kod sətirləri ilə ifadə olunmasına imkan verir. Bu sistemlərin qurulması tələbələrdə alqoritmik düşüncəni, məntiqi münasibətləri strukturlaşdırmaq bacarığını və süni intellektin təbii sahələri haqqında təsəvvürləri inkişaf etdirir.

### ƏDƏBIYYAT:

1. A.R.Bunyatov, Ə.Q.Pələngov. Süni intellekt və ekspert sistemləri. Bakı, 2014.
2. V.Ə. Qasimov “Elm və təhsilin informasiya təminatı sistemləri” Monoqrafiya. Bakı, Elm, 2005, 116 s.
3. S.Ə.Şabanova “Süni intellekt üsulları və Ekspert sistemləri” Bakı - Müəllim nəşriyyatı, 2021, 154 səh.
4. Clocksin, W. F., & Mellish, C. S. (2003). *Programming in Prolog*. Springer.
5. Jackson, P. (1998). *Introduction to Expert Systems*. Addison-Wesley.

<https://doi.org/10.5281/zenodo.18951726>

## ФИЗИКАЛЫҚ ҚҰБЫЛЫСТАРДЫ ТАНИТЫН НЕЙРОЖЕЛІНІ ҚОЛДАНУ ӘДІСТЕМЕСІ

**КОЖАБЕКОВА ЭЛЬМИРА КУРБАНАЛИКЫЗЫ**  
Ө.Жәнібеков атындағы ОҚПУ, Шымкент, Қазақстан

***Аңдатпа.** Бұл зерттеу білім алушылардың физикалық құбылыстарды тану және жіктеу үшін конволюциялық нейрондық желілерді (КНЖ) оқытатын әдістеме арқылы физика біліміне терең оқыту технологияларын енгізудің педагогикалық тиімділігін зерттейді. Сапалық талдау нейрондық желілерді оқыту процесі «когнитивті айна» ретінде жұмыс істейтінін, білім алушылардан тұжырымдамалық білімді іске асыруды және модельдік өнімділік арқылы ойлауларын көрінетін етуді талап ететінін көрсетті. Интеграцияланған тәсіл физика мазмұнын есептеу ойлауымен және жасанды интеллект сауаттылығымен сәтті біріктірді, сонымен қатар білім алушылардың физикаға деген ынтасы мен көзқарасын арттырды. Зерттеу нәтижелері терең оқыту құралдары пәндік оқытуға ойластырылған түрде интеграцияланған кезде шынайы пәнаралық STEM білімі үшін перспективалы мүмкіндіктер ұсынатынын көрсетеді.*

***Кілт сөздер.** Конволюциялық нейрондық желілер, интеграцияланған STEM білімі, компьютерлік білім, құбылысты тану, жасанды интеллект сауаттылығы.*

Физика білімі дәстүрлі түрде табиғи құбылыстарды бақылау мен түсіндіруге негізгі педагогикалық тәсіл ретінде қолданылады. Галилейдің көлбеу жазықтықтармен жүргізген тәжірибелерінен бастап электромагниттік индукцияның заманауи зертханалық демонстрацияларына дейін физиканың көрнекі және тәжірибелік аспектілері білім алушылардың түсінуі үшін маңызды болып қала береді (McDermott & Redish, 1999). Механика, оптика, термодинамика және басқа да салалардағы қазіргі заманғы физика оқу бағдарламалары теориялық негіздерді бақыланатын құбылыстармен байланыстырудың маңыздылығын атап көрсетеді. Дегенмен, физика біліміндегі тұрақты қиындық – білім алушылардың абстрактілі математикалық формулалар мен осы теңдеулер сипаттайтын физикалық құбылыстар арасындағы алшақтығын анықтады (Redish, 2003).

Физика біліміндегі зерттеулер білім алушылардың нақты әлемдегі физикалық құбылыстарды тану және жіктеуде қиындықтарға тап болатынын, тіпті олар сәйкес теңдеулерді сәтті басқара алса да (Hestenes, Wells, & Swackhamer, 1992) үнемі көрсетіп келеді. Бұл «формула-құбылыс алшақтығы» білім алушылар Ньютон заңдарын жаттап алғанда, бірақ күнделікті ортадағы әртүрлі қозғалыс түрлерінің мысалдарын анықтай алмаған кезде немесе сыну бұрыштарын есептей алғанымен, айналасында болып жатқан оптикалық құбылыстарды тани алмаған кезде көрінеді. Физикалық құбылыстарды бақылау, жіктеу және теориялық құрылымдармен байланыстыру қабілеті жаттап алудан тыс шынайы физикалық интуицияға дейін созылатын маңызды когнитивті дағдыны білдіреді (Hammer, 1994).

Осы педагогикалық қиындықтарға жауап ретінде физиканы оқытуды жақсарту үшін жаңа технологияларды пайдалануға деген қызығушылық артып келеді. Жасанды интеллект (ЖИ), әсіресе терең оқыту және конволюциялық нейрондық желілер (CNN), кескіндерді тану және үлгілерді жіктеу тапсырмаларында керемет мүмкіндіктерді көрсетті (LeCun, Bengio, & Hinton, 2015). Бастапқыда компьютерлік көру қолданбалары үшін жасалған бұл технологиялар білім беру инновациялары үшін бұрын-соңды болмаған мүмкіндіктер ұсынады. Нейрондық желілерді кескіндер мен бейнелерден физикалық құбылыстарды тануға және жіктеуге үйрету арқылы білім алушылар физикамен түбегейлі басқаша жолмен - тек пассивті бақылаушылар ретінде ғана емес, сонымен қатар машиналарды физикалық әлемді «көруге» үйретудің белсенді қатысушылары ретінде де айналыса алады.

Терең оқытуды физика біліміне интеграциялау технологиялық жаңалықтан да көп нәрсені білдіреді; ол пәнаралық, құрылымдық оқыту тәсілдеріне педагогикалық ауысуды білдіреді. Білім алушылар әртүрлі физикалық құбылыстардың фотосурет деректерін жинап, осы бақылауларды белгілеп, жіктеп, нейрондық желілерді үлгілерді тануға үйреткенде, олар физиканы түсінуді де, жасанды интеллект сауаттылығын дамыта отырып, шынайы ғылыми тәжірибелерге қатысады (Papert & Harel, 1991). Бұл тәсіл дәстүрлі пәндер арасындағы шекаралар өткізгіш болып, білім алушыларға кешенді мәселелерді шешу қабілеттерін дамытуға мүмкіндік беретін интеграцияланған STEM білім беруді баса көрсететін заманауи білім беру құрылымдарымен үйлеседі (Bybee, 2013).

Бұл зерттеудің негізгі мақсаты - терең оқыту құралдарын интеграцияланған физиканы оқытуға енгізудің жүйелі әдіснамасын әзірлеу және бағалау. Нақтырақ айтқанда, біз нейрондық желілерді физикалық құбылыстарды тануға үйрету процесі білім алушылардың осы құбылыстардың ерекшелік сипаттамаларын анықтау қабілетіне, олардың негізгі физика принциптерін тұжырымдамалық түсінуіне және абстрактілі теория мен бақыланып отырған шындық арасындағы алшақтықты жою қабілетіне қалай әсер ететінін зерттейміз. Бұл зерттеу нейрондық желіні жіктеудің «логикасымен» айналысу - айқын ерекшеліктерді анықтауды және үлгіні тануды талап ететін – білім алушылардың физикадағы өзіндік тұжырымдамалық құрылымдарын жақсартатын метакогнитивтік тірек бола ала ма, жоқ па, соны зерттейді.

*Теориялық негіздері: STEM білім берудегі конструкционизм және жасанды интеллект сауаттылығы*

Терең оқытуды физиканы оқытуға интеграциялаудың педагогикалық негізі конструкционистік оқыту теориясынан қатты туындайды, ол білім алушылар материалдық артефактілерді жасауға белсенді қатысқан кезде білімді тиімдірек құрастырады деп тұжырымдайды (Papert & Harel, 1991). Ішкі білім құруға баса назар аударатын дәстүрлі конструктивизмнен айырмашылығы, конструкционизм сыртқы, ортақ жаратылыс өлшемін қосады. Нейрондық желіні физикалық құбылыстарды тануға үйрету дәл осындай артефактіні білдіреді – білім алушылар әртүрлі құбылыстарды анықтайтын түсініктерін осы анықтамаларды есептеу моделіне кодтау арқылы сыртқа шығарады.

Жақында жүргізілген зерттеулер конструкционистік принциптерді жасанды интеллект білім беру саласына кеңейтіп, «Жасанды интеллект сауаттылығы» ұғымын 21 ғасырдың маңызды құзыреттілігі ретінде енгізді (Long & Magerko, 2020). Жасанды интеллект сауаттылығы жасанды интеллект жүйелерінің қалай жұмыс істейтінін түсінуді ғана емес, сонымен қатар жасанды интеллект қолданбаларын сыни тұрғыдан бағалау және жасанды интеллект технологияларымен этикалық тұрғыдан жұмыс істеу мүмкіндігін де қамтиды. STEM білім беру контекстінде пәндік біліммен қатар жасанды интеллект сауаттылығын дамыту синергетикалық оқу мүмкіндіктерін жасайды, мұнда әрбір сала бір-бірін күшейтеді (Турецкий және т.б., 2019). Жасанды интеллект арқылы жүргізілетін іс-шаралар арқылы физиканы оқытын білім алушылар бір мезгілде есептеу ойлау дағдыларын, деректер сауаттылығын және машиналық оқыту мүмкіндіктері мен шектеулерін сыни тұрғыдан түсінуді дамытады.

Жасанды интеллекттің физика біліміне интеграциялануы шынайы ғылыми тәжірибелерге баса назар аударатын теориялық негіздермен де үйлеседі. Келесі ұрпақтың ғылыми стандарттары (NGSS) және осыған ұқсас халықаралық негіздер білім алушыларды тек ғылыми жаңалықтарды үйренудің орнына ғалымдардың нақты тәжірибелеріне тартуды жақтайды (Ұлттық зерттеу кеңесі, 2012). Құбылыстарды жіктеуге арналған нейрондық желілерді оқыту бөлшектер физикасынан астрономияға дейінгі салалардағы шынайы зерттеу әдіснамаларын көрсетеді, мұнда машиналық оқыту деректерді талдау мен үлгіні тануда орталық рөл атқарады (Карлео және т.б., 2019).

*Білім беру қолданбаларына арналған терең оқыту технологиялары*

LeCun және т.б. (1998) енгізген және кейінгі онжылдықтарда жетілдірілген конволюциялық нейрондық желілер (КНЖ) компьютерлік көру және кескіндерді тану

тапсырмаларында төңкеріс жасады. КНЖ -дер кіріс кескіндерінен мүмкіндіктердің кеңістіктік иерархияларын автоматты түрде үйренетін конволюциялық қабаттары бар иерархиялық архитектураларды пайдаланады, бұл қолмен мүмкіндіктерді жобалау қажеттілігін жояды (Крижевский, Суцкевер және Хинтон, 2012). Бұл мүмкіндік КНЖ-дерді бағдарламалау саласындағы тәжірибесі шектеулі білім алушылар пайдаланушыға ыңғайлы интерфейстер арқылы күрделі жасанды интеллект мүмкіндіктерін пайдалана алатын білім беру қолданбалары үшін ерекше қолайлы етеді.

Терең оқыту құралдарына қолжетімділікті демократияландыру үшін білім беру технологиялық платформалары пайда болды. Google-дың Teachable Machine (Google Creative Lab, 2017) пайдаланушыларға кескіндерді жіктеу модельдерін кодтаусыз оқытуға мүмкіндік беретін браузерге негізделген интерфейсті ұсынады, бұл нейрондық желіні әзірлеуді орта және жоғары оқу орындарының студенттеріне қолжетімді етеді. Сол сияқты, TensorFlow Lite (Abadi және т.б., 2016) сыныпта орналастыруға жарамды нейрондық желілердің мобильді құрылғыларға ыңғайлы іске асыруларын ұсынады. Бұл платформалар машиналық оқытудың негізгі логикасын сақтай отырып, есептеу күрделілігін абстракциялайды: деректерді жинау, ерекшеліктерді оқыту, модельдерді оқыту және қорытынды жасау.

Бұл зерттеу білім алушылар оқытқан нейрондық желілер арқылы физика біліміне терең оқыту мүмкіндіктерін енгізу құбылыстарды тануды, тұжырымдамалық түсінікті және білім алушылардың мотивациясын арттыратын педагогикалық тұрғыдан тиімді тәсіл екенін көрсетеді. Әдістеме абстрактілі физика принциптері мен бақыланатын құбылыстар арасындағы тұрақты алшақтықты білім алушылардан өздерінің тұжырымдамалық білімдерін нейрондық желілер мысалдардан үйрене алатын жіктеу критерийлеріне енгізуді талап ету арқылы сәтті түрде жояды.

Нейрондық желілердің «когнитивті айна» ретіндегі теориялық құрылымы бұл тәсілдің неге тиімді екенін түсіну үшін өнімді негіз болып табылады. Білім алушылардың ойлауын нақты есептеу артефактісіне айналдыру арқылы процесс тұжырымдамалық түсінікті көрінетін, бағаланатын және қайталанатын жетілдіруге ұшыратады. Модельдік өнімділікпен қамтамасыз етілген дереу кері байланыс білім алушылар өздерінің қате түсініктерін анықтап, түсінігін жетілдіретін шынайы оқу циклдарын жасайды - бұл физика білімінен әлдеқайда құнды метакогнитивті дағды.

## ПАЙДАЛАНҒАН ӘДЕБИЕТТЕР

1. Abadi, M., Barham, P., Chen, J., Chen, Z., Davis, A., Dean, J., ... & Zheng, X. (2016). TensorFlow: A system for large-scale machine learning. 12th USENIX Symposium on Operating Systems Design and Implementation, 265-283.
2. Akkerman, S. F., & Bakker, A. (2011). Boundary crossing and boundary objects. *Review of Educational Research*, 81(2), 132-169. <https://doi.org/10.3102/0034654311404435>
3. Bybee, R. W. (2013). *The case for STEM education: Challenges and opportunities*. NSTA Press.
4. Carleo, G., Cirac, I., Cranmer, K., Daudet, L., Schuld, M., Tishby, N., ... & Zdeborová, L. (2019). Machine learning and the physical sciences. *Reviews of Modern Physics*, 91(4), 045002. <https://doi.org/10.1103/RevModPhys.91.045002>

<https://doi.org/10.5281/zenodo.18951790>

УДК

## МАТЕМАТИКАЛЫҚ ЖҮЙЕЛЕРДЕГІ ЖАСАНДЫ ИНТЕЛЛЕКТ

СОЛТЫБАЕВА ЛЯЗЗАТ САКЕНОВНА

«Ақпараттық технологиялар» кафедрасының сеньор-лекторы, математика магистрі,  
Қ. Құлажанов атындағы Қазақ технология және бизнес университеті,  
Қазақстан, Астана қаласы

***Аннотация.** Бұл ғылыми мақалада математикалық жүйелерді зерттеу мен шешуде жасанды интеллекттің (ЖИ) қолданылуы қарастырылады. Атап айтсақ, машиналық оқыту, нейрондық желілер және оңтайландыру әдістері күрделі математикалық модельдерді тиімді талдауға мүмкіндік береді. Функцияларды жуықтау, дифференциалдық теңдеулерді шешу және оңтайландыру есептеріндегі жасанды интеллекттің рөлі математикалық формулалар арқылы сипатталады.*

***Түйін сөздер:** Жасанды интеллект, машиналық оқыту, математикалық жүйелер, оңтайландыру, нейрондық желілер.*

Математикалық жүйелер табиғат құбылыстарын, техникалық процестерді және экономикалық модельдерді сипаттауда маңызды рөл атқарады, сонымен қатар ғылымның, инженерияның, экономиканың және информатиканың негізін құрайды. Бірақ күрделі, сызықтық емес және көпөлшемді жүйелерді дәстүрлі аналитикалық әдістермен шешу әрқашан да қиындық тудырады. Осындай мәселелерді шешу кезінде жасанды интеллект әдістері тиімді құрал болып қолданыла бастады.

Дәстүрлі түрде математика адам логикасына, формалды ойлауға және қолмен есептеуге сүйенеді. Интеллектуалды есептеу әдістеріне деген сұраныс нақты өмірдегі есептердің күрделене түсуіне байланысты арта түсті.

Жасанды интеллект, әсіресе машиналық оқыту мен автоматтандырылған ой қорыту, математикалық талдауды қолдаудың және кеңейтудің қуатты тәсілі ретінде қалыптасты. Жасанды интеллектті математикалық жүйелерде деректерді талдау, заңдылықтарды анықтау және жуық шешімдерді табу үшін қолданады.

Математикалық құрылымдар аясында үйренуге, бейімделуге және ой қорытуға қабілетті алгоритмдерді қолдануды математикалық жүйелердегі жасанды интеллект деп айтамыз. Бұл жүйелер математиканы алмастырмайды, керісінше есептеулерді жеделдету, заңдылықтарды табу және дәлелдер мен модельдеуге көмектесу арқылы оны толықтырады.

### **Жасанды интеллект және математика**

Жасанды интеллекттің негізі математикаға терең байланысты. Ол сызықтық алгебраға, ықтималдықтар теориясына, графтар теориясына және оңтайландыру әдістеріне сүйенеді. Өз кезегінде, жасанды интеллект математикалық есептерді зерттеудің жаңа құралдарын ұсынады. Мысалы, нейрондық желілер күрделі математикалық функцияларды жуықтай алады, ал символдық жасанды интеллект жүйелері математикалық өрнектерді формалды ережелер арқылы түрлендіреді.

### **Жасанды интеллекттің математикалық негіздері**

Жасанды интеллекттің жұмыс істеуі бірнеше негізгі математикалық салаларға сүйенеді:

Сызықтық алгебра - векторлар мен матрицалар арқылы деректерді бейнелеу нейрондық желілердің негізгі құрылымын құрайды. Көпөлшемді деректерді өңдеу дәл осы әдістер арқылы жүзеге асады.

*Векторлар және деректерді бейнелеу*

Кез келген объект немесе белгі вектор арқылы сипатталады:

$$x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$$

Мұндағы  $x_i$  — объектінің сандық белгілері. Машиналық оқытуда бір бақылау осындай вектор түрінде беріледі.

*Матрицалар және деректер жиыны*

Бірнеше вектордан тұратын деректер жиыны матрица ретінде жазылады:

$$X = \begin{pmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mn} \end{pmatrix}$$

Бұл жерде  $m$  — объектілер саны,  $n$  — белгілер саны.

Математикалық талдау - функциялар, туындылар және интегралдар оқыту процесінде кателікті азайтуға қолданылады. Мысалы, градиенттік түсу әдісі арқылы модельдің тиімді параметрлері анықталады.

Біқтималдықтар теориясы және математикалық статистика - белгісіздік жағдайында шешім қабылдау, деректерді болжау және тәуекелді бағалау осы салаға негізделеді. Машиналық оқытуда статистикалық модельдер маңызды рөл атқарады.

### **Математикалық жүйелердегі жасанды интеллект модельдері**

Математикалық жүйелерде жасанды интеллект әртүрлі модельдер түрінде іске асады.

Мысалы:

Нейрондық желілер – адам миының жұмысын модельдейтін жүйелер;

Регрессиялық және классификациялық модельдер – деректерді талдау және топтастыру;

Стохастикалық модельдер – кездейсоқтықты ескеретін жүйелер.

Бұл модельдер нақты есептерді шешуде жоғары дәлдік пен жылдамдықты қамтамасыз етеді.

### **Машиналық оқытудың математикалық моделі**

Машиналық оқытудың мақсаты — кіріс айнымалылары мен шығыс нәтижелері арасындағы тәуелділікті анықтау болып табылады. Бұл тәуелділікті келесі түрде жазуға болады:

$$y = f(x)$$

мұндағы

$x \in R^n$  – кіріс векторы

$y \in R$  – шығыстың мәні

$f(x)$  – белгісіз функция

Бұл функцияны нейрондық желі жуықтайды:

$$\hat{y} = f_{\theta}(x)$$

мұндағы  $\theta$  – модель параметрлері.

### **Шығын функциясы және оқыту процесі**

Модельді оқыту шығын (қате) функциясын минимизациялауға негізделеді. Орташа квадраттық қате - ең кең таралған шығын функциясы:

$$L(\theta) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2$$

Оқыту процесінде параметрлер градиенттік түсу әдісі бойынша жаңартылады:

$$\theta_{k+1} = \theta_k - \mu \nabla L(\theta_k)$$

мұндағы  $\mu$  - оқу жылдамдығы.

### **Дифференциалдық теңдеулерді шешуде жасанды интеллектті қолдану**

Көптеген математикалық жүйелер дифференциалдық теңдеулер арқылы сипатталады:

$$\frac{dy(t)}{dt} = g(y(t), t)$$

Жасанды интеллектті осы теңдеудің шешімін нейрондық желі арқылы жуықтау үшін қолдануға болады:

$$y(t) \approx N_{\theta}(t)$$

Осындай тәсіл күрделі динамикалық жүйелерді модельдеуде тиімді нәтиже береді.

### **Оңтайландыру есептері**

Математикалық жүйелерде жиі кездесетін есептердің бірі — оңтайландыру:

$$\min_{x \in R^n} f(x)$$

Жасанды интеллектте мұндай есептерді шешу үшін эволюциялық алгоритмдер мен күшейтпелі оқыту әдістері қолданылады. Мұндай әдістер локальды минимумдардан шығуға мүмкіндік береді.

### **Артықшылықтары мен шектеулері**

Артықшылықтары - күрделі математикалық есептерді жылдам шешу, жоғары өлшемді жүйелермен жұмыс істеу мүмкіндігі және аналитикалық шешімі жоқ есептерді жуықтау болып табылады.

Шектеулері - нәтижелердің түсіндірілгіштігінің төмендігі, үлкен көлемдегі деректерге тәуелділігі және модельдің жалпылау қабілетінің шектеулі болуы болып табылады.

Жасанды интеллект математикалық жүйелерді зерттеуде маңызды құралға айналды. Формулалық модельдер мен машиналық оқытуды біріктіру арқылы күрделі есептерді тиімді шешуге болады. Болашақта жасанды интеллект пен дәстүрлі математикалық әдістердің бірігуі ғылым мен техникада жаңа жетістіктерге жол ашады.

### **ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР:**

1. Russell, S., & Norvig, P. Artificial Intelligence: A Modern Approach.
2. Bishop, C. M. Pattern Recognition and Machine Learning.
3. Goodfellow, I., Bengio, Y., & Courville, A. Deep Learning.

<https://doi.org/10.5281/zenodo.18951834>  
УДК 621.311

## АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ УПРАВЛЯЕМЫХ КОМПЕНСИРУЮЩИХ УСТРОЙСТВ В СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПРОКАТНОГО ПРОИЗВОДСТВА

**СМАЙЛ АРАЙЛЫМ АСЫЛХАНҚЫЗЫ**

Докторант, НАО «Карагандинский технический университет имени Абылқаса Сагинова», Караганда, Казахстан

**СМАГУЛОВА КАРШИГА КАНАТОВНА**

PhD, доцент, НАО «Карагандинский технический университет имени Абылқаса Сагинова», Караганда, Казахстан

**МЕЛИКУЗИЕВ МИРКОМИЛ ВОХИДЖАН УГЛИ**

PhD, доцент, Ташкентский государственный технический университет имени Ислама Каримова, Ташкент, Узбекистан

**БАТЫРБЕК ӘЛБЕК ЕСІМБЕКҰЛЫ**

Докторант НАО «Карагандинский индустриальный университет», Темиртау, Казахстан

---

**Аннотация:** В статье рассмотрены особенности функционирования систем электроснабжения прокатного производства, характеризующихся высокой энергоёмкостью, значительными ударными нагрузками и наличием мощных нелинейных потребителей, оказывающих существенное влияние на качество электрической энергии. Показано, что эксплуатация силовых полупроводниковых преобразователей и регулируемых электроприводов в составе прокатных агрегатов сопровождается возникновением высших гармоник, колебаний напряжения и отклонений режимов компенсации реактивной мощности. Проведён анализ применения управляемых фильтрокомпенсирующих устройств в цеховых сетях электроснабжения прокатного производства. Рассмотрены схмотехнические решения реакторных компенсаторов, выполненных на базе тиристорных и транзисторных ключей, а также выявлены их функциональные особенности, преимущества и ограничения. Установлено, что использование управляемых компенсирующих устройств способствует повышению электромагнитной совместимости, снижению потерь активной мощности, уменьшению колебаний напряжения и улучшению технико-экономических показателей работы системы электроснабжения. Полученные результаты подтверждают перспективность применения быстродействующих управляемых компенсаторов в условиях переменных нагрузок прокатного производства.

**Ключевые слова:** прокатное производство, система электроснабжения, управляемое компенсирующее устройство, реакторный компенсатор, реактивная мощность, электромагнитная совместимость, качество электрической энергии, силовой полупроводниковый преобразователь, высшие гармоники, колебания напряжения.

---

### Введение

Прокатное производство представляет собой сложную многофакторную технологическую систему, в рамках которой реализуются взаимосвязанные физико-химические процессы пластической деформации металла, механическое взаимодействие рабочих клеток прокатных станов и динамическое функционирование электроприводных систем. Комплексность данного процесса обусловлена необходимостью синхронизации

механических, энергетических и управляющих подсистем в условиях переменных технологических нагрузок.

Технологическое и электромеханическое оборудование прокатных комплексов характеризуется значительной пространственной протяжённостью агрегатов, объединённых в единую технологическую линию; широким диапазоном регулируемых технологических параметров; высокой установленной мощностью и существенными динамическими и статическими силовыми воздействиями. Кроме того, к оборудованию предъявляются повышенные требования по точности стабилизации скоростных, силовых и температурных режимов, что обуславливает необходимость применения современных систем автоматического управления и регулирования.

Прокатное производство относится к числу наиболее энергоёмких отраслей промышленности, при этом установленная мощность силовых трансформаторов цеховых систем электроснабжения в отдельных случаях может достигать 100 МВА и более. Система электроснабжения прокатного цеха функционирует в условиях повышенной эксплуатационной сложности, обусловленной спецификой технологического процесса.

Одним из ключевых факторов, влияющих на режимы работы системы электроснабжения, являются ударные и резко переменные нагрузки со стороны мощных технологических механизмов. Их воздействие вызывает существенные колебания нагрузочного режима, что может приводить к провалам напряжения и ухудшению качества электрической энергии. Дополнительным дестабилизирующим фактором является применение мощных регулируемых электроприводов постоянного тока, обладающих нелинейным характером потребления, что обуславливает генерацию высших гармоник тока и напряжения в электрической сети.

В связи с этим задачи повышения устойчивости и энергетической эффективности работы электрооборудования металлургических агрегатов, компенсации реактивной мощности, а также обеспечения электромагнитной совместимости мощных нелинейных потребителей в системе электроснабжения прокатного производства сохраняют актуальность и представляют значительный научно-практический интерес.

#### **Материалы и методы**

В качестве основного средства обеспечения электромагнитной совместимости цеховых систем электроснабжения с силовыми полупроводниковыми преобразователями широкое применение получили сравнительно простые фильтрокомпенсирующие устройства (ФКУ), выполненные на базе пассивных индуктивно-ёмкостных фильтров. Данные устройства обеспечивают снижение уровня высших гармоник тока и напряжения, улучшение формы кривых сетевых параметров, а также компенсацию реактивной мощности.

Усовершенствованные методы расчёта электромагнитных процессов и показателей качества электрической энергии в цеховых сетях электроснабжения с силовыми полупроводниковыми преобразователями и фильтрокомпенсирующими устройствами представлены в работах [1, 2]. Вместе с тем существенным недостатком наиболее распространённых пассивных ФКУ с фиксированными параметрами элементов является их неуправляемый характер. В условиях широкого диапазона регулирования нагрузок силовых преобразователей это приводит к возникновению режимов как недокомпенсации, так и перекомпенсации реактивной мощности [1, 2].

Указанные особенности обуславливают необходимость увеличения установленной мощности источников питания, что, в свою очередь, снижает энергетическую и технико-экономическую эффективность функционирования цеховых систем электроснабжения в целом. Применение управляемых фильтрокомпенсирующих устройств позволяет устранить перечисленные недостатки и обеспечивает дополнительные преимущества, включая снижение потерь активной мощности и уменьшение амплитуды колебаний напряжения в сети.

Обобщенная схема цеховой сети электроснабжения с полупроводниковым преобразователем и управляемым фильтрокомпенсирующим устройством представлена на рисунке 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  $X_{\Pi}$ . В состав управляемого фильтрокомпенсирующего устройства входит резонансный продольный LC-фильтр, который состоит из сопротивлений  $X_{L0}$ ,  $X_{C0}$  и реакторный компенсатор, условно обозначенный регулируемым эквивалентным сопротивлением на основной гармонике  $X_{ПКЭ}$ . Порядок частоты настройки резонансного фильтра соответствует нулю частотной характеристики системы и выбирается из условия:

$$v_{P\Phi 0} = \omega_{P\Phi 0} / \omega = \sqrt{X_{C0} / X_{L0}} = p - 1 \quad (1)$$

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

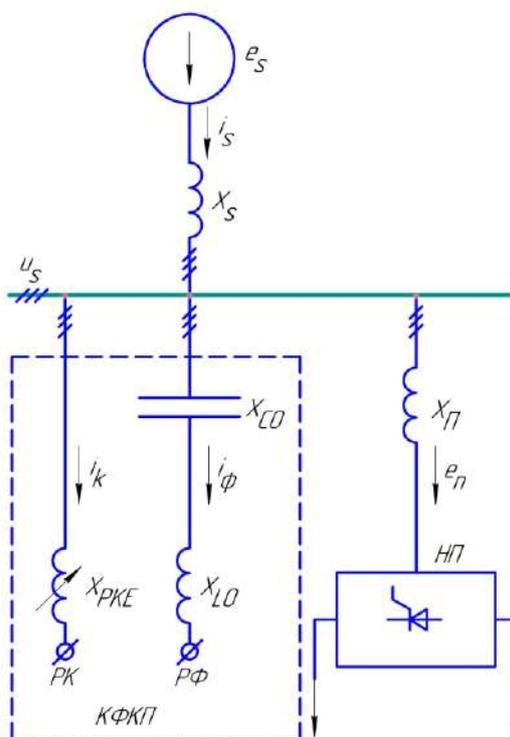


Рисунок 1 - Однолинейная структурная схема цеховой сети электроснабжения с полупроводниковым преобразователем и управляемым фильтрокомпенсирующим устройством

В практических системах наибольшее распространение получила схема реакторного компенсатора (РК), реализованная на базе реакторов с индуктивностью  $L_K$ , включённых последовательно с встречно-параллельно соединёнными однооперационными тиристорами, управляемыми по фазовому принципу (рис. 2) [3].

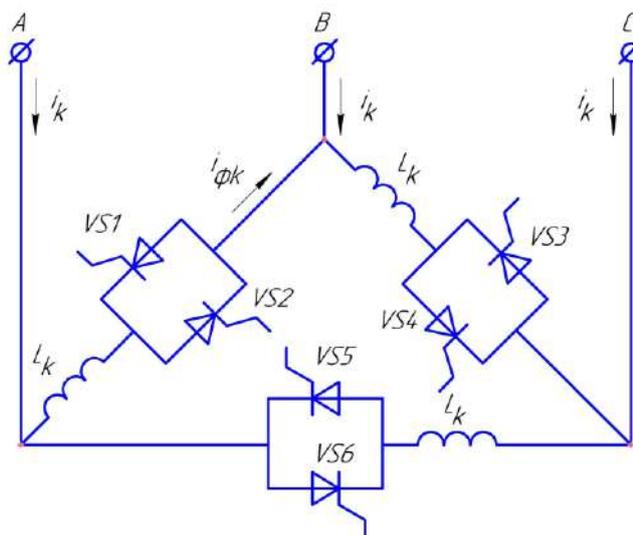


Рисунок 2 - Реакторный компенсатор с тиристорными ключами

Кроме того, в качестве альтернативного решения могут применяться трёхфазные реакторные компенсаторы, оснащённые полупроводниковыми широтно-импульсными регуляторами, реализованными на базе ключей переменного тока (рис. 3, а, б) [1, 4].

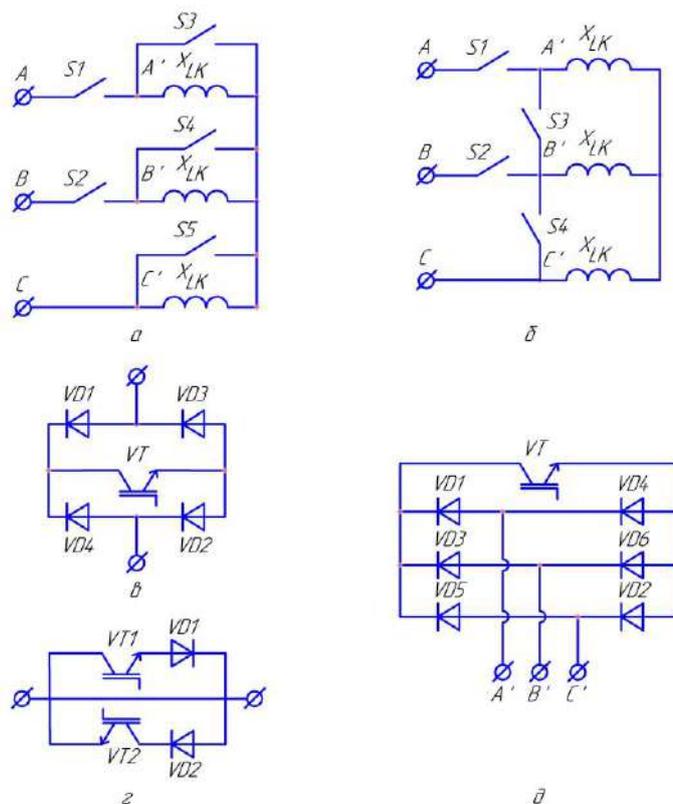


Рисунок 3 - Трёхфазный реакторный компенсатор с полупроводниковым широтно-импульсным регулированием: а, б - основные структуры реакторного компенсатора, в, г - полупроводниковые ключи переменного тока, д - короткозамыкатель на одном полупроводниковом ключе постоянного тока

### Результаты и обсуждение

К числу основных недостатков реакторного компенсатора, представленного на рисунке 2, относятся генерация низкочастотных гармонических составляющих тока в питающую сеть, а также значительное время запаздывания регулирования, достигающее половины периода сетевого напряжения.

Схемы, приведённые на рисунке 3, характеризуются более рациональной структурной реализацией, что обусловлено свойством связности трёхфазных сетей без нейтрального провода. Благодаря этому достигается определённое схмотехническое упрощение по сравнению с непосредственным объединением однофазных регуляторов. В частности, в схемах на рисунке 3, а и б применяются соответственно пять и четыре ключа вместо шести.

Полупроводниковые ключи переменного тока, выполненные на основе транзисторно-диодных структур, представлены на рисунке 3, в и г. При этом в качестве альтернативы транзисторам могут использоваться двухоперационные тиристоры. Из указанных вариантов схема, приведённая на рисунке 3, в, является более предпочтительной, поскольку содержит меньшее число управляемых полупроводниковых элементов.

Наилучшими регулировочными свойствами обладает быстродействующий реакторный компенсатор с высокочастотным широтно-импульсным регулированием, схема которого представлена на рисунке 4 [1, 3, 4–6]. Основу данного устройства составляют три индуктивных элемента  $L_K$  и шесть полупроводниковых ключей переменного тока (1–6), которые на рисунке условно обозначены в виде контактов.

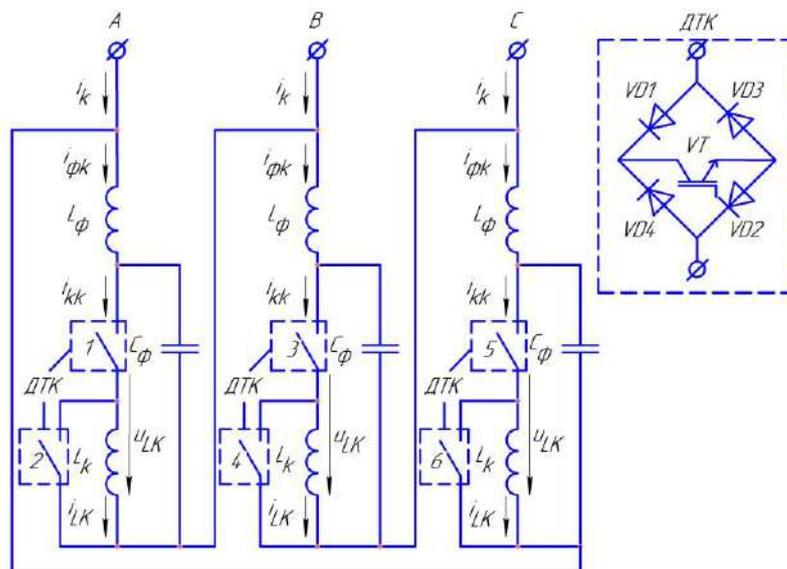


Рисунок 4 – Принципиальная схема трехфазного силового активного фильтра

Ключевые элементы могут быть реализованы на основе мостовой диодно-транзисторной схемы, представленной на рисунке 3, в. При этом в диагональ моста наряду с IGBT-транзисторами могут быть включены двухоперационные тиристоры типов GTO или IGCT. В каждой фазе рассматриваемой схемы реакторного компенсатора предусмотрены два ключа, функционирующие в противофазе: один из них включён последовательно с индуктивностью  $L_K$ , тогда как второй подключён параллельно ей.

### Выводы

Проведённый анализ показал, что системы электроснабжения прокатного производства функционируют в условиях высокой энергоёмкости, резко переменных нагрузок и значительного влияния мощных нелинейных потребителей, что предъявляет повышенные требования к качеству электрической энергии и устойчивости режимов работы

электрооборудования. Установлено, что применение силовых полупроводниковых преобразователей и регулируемых электроприводов в составе прокатных агрегатов сопровождается возникновением высших гармоник, провалов и колебаний напряжения, а также отклонениями в режимах компенсации реактивной мощности.

Показано, что традиционные пассивные фильтрокомпенсирующие устройства, несмотря на конструктивную простоту и широкое распространение, не в полной мере обеспечивают требуемую эффективность при изменяющихся режимах нагрузки, поскольку их фиксированные параметры приводят к недокомпенсации или перекомпенсации реактивной мощности. В связи с этим более перспективным направлением является применение управляемых фильтрокомпенсирующих устройств и реакторных компенсаторов, обладающих лучшими регулировочными характеристиками и более высокой адаптивностью к изменению параметров технологического процесса.

Анализ схемных решений реакторных компенсаторов показал, что наилучшие эксплуатационные и регулировочные свойства обеспечиваются быстродействующими устройствами с высокочастотным широтно-импульсным регулированием. Их использование позволяет повысить уровень электромагнитной совместимости в цеховых сетях, снизить потери активной мощности, уменьшить колебания напряжения и улучшить технико-экономические показатели системы электроснабжения в целом.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ:

1. Электромагнитная совместимость потребителей: монография / И. В. Жежеленко, А. К. Шидловский, Г. Г. Пивняк [и др.]. — Москва: Машиностроение, 2012. — 351 с.
2. Ивакин, В. Н. Синтез фильтров высших гармоник для промышленных предприятий и энергосистем / В. Н. Ивакин, В. В. Худяков // *Электротехника*. — 1997. — № 3. — С. 40–44.
3. Dixon, J. Reactive power compensation technologies: State-of-the-art review / J. Dixon, L. Moran, J. Rodriguez, R. Domke // *Proceedings of the IEEE*. — 2005. — Vol. 93, no. 12. — P. 2144–2164.
4. Zhuk, O. Control of Improved Hybrid Power Line Conditioner / O. Zhuk, D. Zhuk, D. Kryvoruchko, O. D'yakonov // 2018 IEEE 38th International Conference on Electronics and Nanotechnology (ELNANO). — 2018. — P. 605–610.
5. Zhuk, O. Modelling of a Filter-Compensating Device with a Controlled Reactor Compensator / O. Zhuk, S. Trybulkevich, D. Zhuk, V. Ryabenkij // 7th International Conference on Digital Technologies in Education, Science and Industry (DTESI 2022), Almaty, Kazakhstan, October 20–21, 2022. — Almaty, 2022. — P. 313–324.
6. Zhuk, O. An improvement of compensators of complete power non-active components in autonomous electric power systems / O. Zhuk, D. Zhuk, D. Kryvoruchko, S. Stepenko // 2016 2nd International Conference on Intelligent Energy and Power Systems (IEPS). — Kyiv, 2016. — P. 1–5.

<https://doi.org/10.5281/zenodo.18951942>  
УДК 331.453

## МАШИНА ЖАСАУ КӘСІПОРЫНДАРЫНДАҒЫ ҚАУІПТІ ЖӘНЕ ЗИЯНДЫ ӨНДІРІСТІК ФАКТОРЛАР

**МҰРАТБАЕВА ЖАДЫРА БАТЫРБЕКҚЫЗЫ**

Батыс Қазақстан инновациялық-технологиялық университеті, Ветеринария және  
техносфералық қауіпсіздік кафедрасы аға оқытушы, ғ.м – **ЖУМАГАЛИЕВ И.К.**  
Орал, Қазақстан

**ЕРБУЛАТОВА А.М.**

Батыс Қазақстан инновациялық-технологиялық университеті, Ветеринария және  
техносфералық қауіпсіздік кафедрасы, 3 курс студенті  
Орал, Қазақстан

---

**Аңдатпа:** Мақалада машина жасау кәсіпорындарындағы қауіпті және зиянды өндірістік факторлардың мәні, жіктелуі және олардың адам ағзасына әсер ету ерекшеліктері қарастырылады. Өндірістік ортаның физикалық, химиялық, биологиялық және психофизиологиялық факторларының сипаттамасы беріліп, олардың қызметкерлердің денсаулығына, еңбек қабілеттілігіне және өндіріс тиімділігіне ықпалы талданады. Құю, ұсталық-пресс, термиялық өңдеу, гальваникалық, механикалық және бояу цехтарында туындайтын негізгі қауіп көздері жүйеленіп, олардың кәсіби аурулар мен өндірістік жарақаттануға әкелу себептері көрсетіледі. Сонымен қатар еңбек жағдайларын бағалау, қауіпті факторларды сәйкестендіру және оларды төмендету шараларының маңыздылығы негізделеді. Еңбекті қорғау талаптарын сақтау, қауіпсіз еңбек жағдайларын қамтамасыз ету және қызметкерлерді жеке қорғаныс құралдарымен қамтамасыз ету өндірістегі қауіпсіздікті арттырудың негізгі бағыттары ретінде айқындалады.

**Кілт сөздер:** еңбек қауіпсіздігі, өндірістік орта, қауіпті өндірістік факторлар, зиянды өндірістік факторлар, машина жасау кәсіпорны, кәсіби аурулар, өндірістік жарақаттану, жеке қорғаныс құралдары

---

**Аннотация.** В статье рассматриваются сущность, классификация опасных и вредных производственных факторов на машиностроительных предприятиях и особенности их воздействия на организм человека. Дается характеристика физических, химических, биологических и психофизиологических факторов производственной среды, анализируется их влияние на здоровье работников, трудоспособность и эффективность производства. Систематизированы основные источники опасности, возникающие в литейных, кузнечно прессовых, термических, гальванических, механических и окрасочных цехах, показаны причины, приводящие к профессиональным заболеваниям и производственному травматизму. Кроме того, обоснована значимость оценки условий труда, идентификации опасных факторов и мер по их снижению. Соблюдение требований охраны труда, обеспечение безопасных условий работы и оснащение работников средствами индивидуальной защиты определяются как основные направления повышения безопасности на производстве.

---

**Resume.** The article examines the essence and classification of hazardous and harmful industrial factors at machine-building enterprises and the specific features of their impact on the human body. It provides a description of physical, chemical, biological, and psychophysiological factors of the industrial environment and analyzes their influence on workers' health, work capacity, and production efficiency. The main sources of hazards arising in foundry, forging and press, heat

*treatment, electroplating, mechanical, and painting shops are systematized, and the causes leading to occupational diseases and industrial injuries are identified. In addition, the importance of assessing working conditions, identifying hazardous factors, and implementing measures to reduce them is substantiated. Compliance with occupational safety requirements, ensuring safe working conditions, and providing employees with personal protective equipment are defined as the main directions for improving industrial safety.*

Қазіргі уақытта әлеуметтік-экономикалық саладағы терең өзгерістер азаматтардың денсаулығы мен өмір сүру қауіпсіздігін тиімді қорғауды қамтамасыз етудің өте өзекті мәселесін анықтады. Қызметкерлердің денсаулығын сақтау және жұмыс орындарының қауіпсіздігін қамтамасыз ету әлеуметтік кепілдіктердің заңнамалық жүйесіндегі басты міндеттердің бірі болып табылады. Өндірісте қызметкерлердің денсаулығына бірқатар қауіпті және зиянды факторлар ықпал етеді. Қауіпті өндіріс факторы теріс факторлардың бірі болып саналады. Жұмыс орнындағы еңбек жағдайлары қанағаттанарлықсыз болған жағдайда, өнімділік төмендейді, өндірістік жарақаттар мен кәсіптік аурулар жиілейді.

Қазіргі қоғам адамның өмірлік қажеттіліктерін қанағаттандыруға арналған техникалық құралдарды пайдаланудың жоғары деңгейімен сипатталады. Алайда, техникалық жүйелер мен технологиялық процестерге қызмет көрсетуге, басқаруға, бақылаумен адам өндірісте бұрынғысынша негізгі элемент болып қалады. Осылайша, өмірдің өзі жаңа ғылыми бағыт - тіршілік қауіпсіздігі туындауын талап етті.

Өмір тіршілігінің қауіпсіздігі – бұл адамның денсаулығы мен өмірін сақтау, оны техногендік, антропогендік және табиғи шығу қаупінен қорғау және өмір мен қызметтің жайлы жағдайларын жасау болып табылатын техносфера жайлы және қауіпсіз өзара іс-қимыл жасау туралы ғылым. Адамның белсенді өмірінің едәуір көп уақыты нақты өндірістік ортада жүзеге асатын мамандығы бойынша мақсатқа бағытталған жұмысқа жұмсалады. Қабылданған нормативтік талаптар сақталмаса, оның жұмысқа қабілеті мен денсаулығына кері әсер етуі мүмкін [1].

Өндірістік кәсіпорындарында ең алдымен, ең жоғары құндылығы - адам, оның өмірі мен денсаулығы болып табылады. Жалақы мөлшері де, кәсіпорынның кірістілік деңгейі де, өндірілген өнімнің құны да қауіпсіздік ережелерін елемуге және қызметкерлердің өміріне немесе денсаулығына төнетін қауіп-қатерлерді ақтауға негіз бола алмайды. Екіншіден, еңбек қауіпсіздігін қамтамасыз ету бойынша дұрыс ұйымдастырылған жұмыс қызметкерлердің тәртіптілігін арттырады. Үшіншіден, еңбекті қорғау қызметкерлердің қызметтік міндеттерін орындау кезінде олардың қауіпсіздігін қамтамасыз етуді ғана білдірмейді. Іс жүзінде бұған әртүрлі іс-шаралар да кіреді; мысалы, кәсіптік аурулардың алдын алу, жұмыс үзілістері кезінде қызметкерлердің толық демалысы мен тамақтануын ұйымдастыру, оларды қажетті арнайы киіммен және гигиеналық құралдармен қамтамасыз ету, тіпті әлеуметтік жеңілдіктер мен кепілдіктерді орындау [2].

Өндірістік орта - табиғи-климаттық және зиянды және қауіпті факторлар (шу, діріл, уытты булар, газдар, шаң, иондаушы сәулелер, т.б) қамтитын адамды қоршаған ортаның бір бөлігі.

Өмір тіршілік қауіпсіздігі - бұл белгілі бір ықтималдықпен адам денсаулығына әсер ететін әлеуетті қауіп-қатерлерді алып тастайтын қызмет жағдайы. Қауіпсіздікті кешенді жүйе, адамды және оның мекендеу ортасын нақты қызметпен қалыптасатын қауіптерден қорғау жөніндегі шаралар ретінде қабылдау керек. Қызмет түрі қиын болған сайын, қорғау жүйесі күрделі болады. Өндірістік кәсіпорындарда адамның өмір сүру қауіпсіздігін қамтамасыз етумен «еңбекті қорғау» айналысады. Еңбекті қорғаудың негізгі мақсаты кәсіпорындарда жазатайым оқиғалар мен кәсіби ауруларды болдырмайтын өндірістік процестердің толық қауіпсіздігін қамтамасыз ететін жағдайлар жасау, еңбекті барынша жеңілдетуге және өндірістегі ең жақсы санитарлық-гигиеналық жағдайға бағытталады [3].

Қауіпті және зиянды өндірістік факторлар еңбек процессіндегі адамның іс-әрекетінде өндірістік саланың әр түрлі көрсеткіштеріне әсер етеді, ол адамның денсаулық жағдайымен жұмыс істеу қабілетін анықтайды және сипаттайды, қолайсыз жағдайда еңбек өнімділігінің төмендеуіне, жарақат пен кәсіптік аурулардың пайда болуына әсер етеді.

Зиянды өндірістік фактор - бұл кәсіби патологияны, жұмыс қабілеттілігінің уақытша немесе тұрақты төмендеуін, соматикалық және жұқпалы аурулардың жиілігін жоғарылататын және ұрпақтардың денсаулығының бұзылуына әкелетін қоршаған орта мен еңбек процесінің факторы [4].

Қауіпті және зиянды факторлар деңгейінің арақатынасына және әсер етудің шекті рұқсат етілген деңгейіне байланысты еңбек жағдайлары төрт класқа бөлінеді:

1 класс- оңтайлы еңбек жағдайлары;

2 класс - функционалды ауытқуларды тудыруы мүмкін рұқсат етілген еңбек жағдайлары, бірақ реттелетін демалыстан кейін адам денесі қалыпты жағдайға келеді;

3 класс - гигиеналық нормалардан асатын зиянды өндірістік факторлардың болуымен сипатталатын зиянды еңбек жағдайлары. Олар қызметкерге жағымсыз әсер етеді және ұрпақтарына теріс әсер етуі мүмкін;

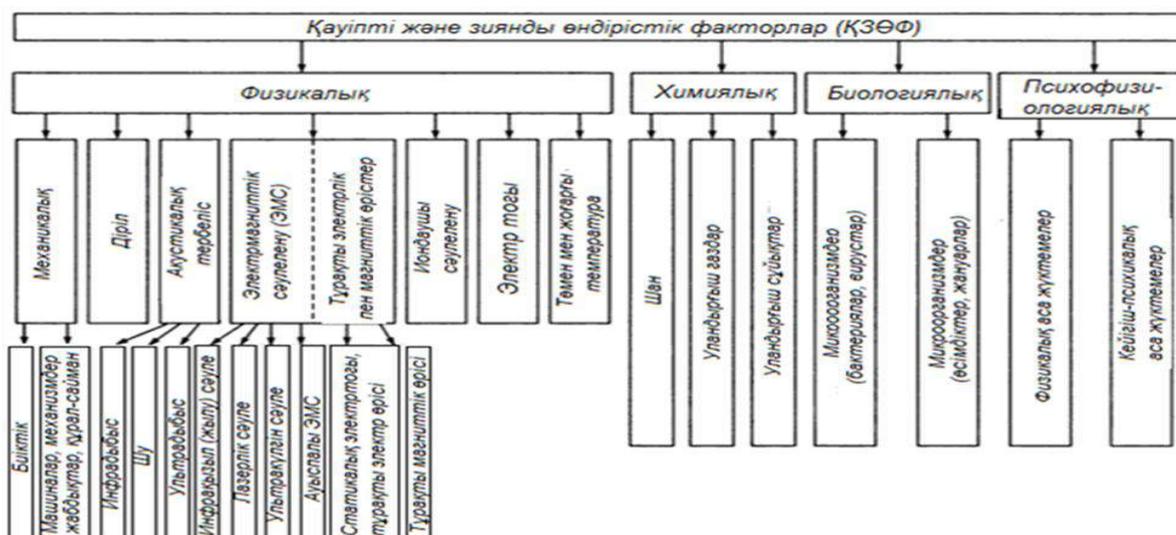
4 класс -жұмыс ауысымы (оның бір бөлігі) ішінде әсер етуі өмірге қауіп төндіретін өндірістік факторлардың деңгейлерімен сипатталатын қауіпті (экстремалды) еңбек жағдайлары, жіті кәсіптік зақымданулардың ауыр түрлерінің туындау қаупі жоғары [5].

Өндірістік қауіптерді анықтау процесінің негізгі және ең күрделі құрамдас бөлігі қауіптің ықтимал себептерін анықтау болып табылады. Қауіпті толығымен анықтау өте қиын. Кейбір апаттар мен апаттардың себептері ұзақ уақыт бойы түсініксіз болып келеді. Қауіптерді анықтау әртүрлі деңгейде болуы мүмкін: толық, жуық, индикативті. Қауіпті сәйкестендірудің бірінші кезеңінде қауіпті және зиянды өндірістік факторларды (ҚЗӨФ) жіктеудің маңызы зор [6].

Адамдарға әсер етуі бойынша ҚЗӨФ төрт топқа бөлінеді (сурет 1). МеМСТ 12.0.003-2015 «Еңбек қауіпсіздігі стандарттарының жүйесі. Қауіпті және зиянды өндірістік факторлар. Жіктелуі» сәйкес барлық қауіпті және зиянды өндірістік факторлар әсер ету табиғатына қарай: физикалық, химиялық, биологиялық және психофизиологиялыққа бөлінеді [7].

Физикалық факторлар – жылжымалы машиналар мен механизмдер, қондырғылардың қозғалмалы бөлшектері, электр тоғы, жағымсыз микроклимат, қолайсыз жарық, үлкен мөлшердегі шу мен дірілдер және т.б.

Механикалық жарақаттардың көзі мыналар болуы мүмкін: қозғалмалы механизмдер мен машиналар, өндірістік жабдықтың қорғалмаған жылжымалы элементтері, қозғалатын бұйымдар, дайындамалар, бұзылатын құрылымдар, дайындамалардың, бұйымдардың, құралдар мен жабдықтардың бетіндегі өткір жиектер, көтеру-тасымалдау жабдықтары, сондай-ақ заттардың биіктіктен құлауы.



Сурет 1 - Қауіпті және зиянды өндірістік факторларды жіктеу сұлбасы

Өндірістік діріл – қатты денелердегі механикалық тербеліс және толқындар немесе машиналар мен аппараттарда пайда болатын механикалық жиі синусоидальды тербеліс. Діріл адамның денесіне немесе оның жеке бөлімдеріне берілетін қатты, сұйық немесе иілімді денелердің мерзімдік тербелісі. Механикаландырылған еңбек құралдарының кең қолданылуы, көлік құралдарының жүк көтерімділігінің және жүру жылдамдығының өсуі діріл әсеріне ұшыраушы адамдардың санын ұлғайтып, дірілдік патологиялардың таралуына жол беріп отыр, ол қазір кәсіптік этиологиядағы созылмалы сырқаттардың құрылымында жетекші орындардың бірін алуға [8].

Инфрадыбыс– жиілігі адам еститін дыбыс толқыны жиілігінен төмен (16 Гц-тен төмен) серпімді толқын. Өндірістік инфрадыбыстар акустикалық тербеліс аймағы 20 Гц төмен. Өндірісте инфрадыбыс көздеріне су және әуе көліктерін, өздігінен жүретін машиналар, айналмалы бөлшектерімен ауыр машиналар, өндірістік желдеткіштер, іштен жанатын қозғалтқыштар, желдеткіштер, мұнай тозаңдатқыштары, қуатты компрессорлар, турбиналар болып табылады.

Шу дегеніміз – ол қатты, сұйық немесе газ тәрізді ортада болатын, адамның есту мүшелерімен қабылданатын материалдық бөлшектердің немесе денелердің ретсіз тербелісі.

Өндірістердегі шудың көздеріне ұнтақтайтын, жарылатын жабдықтар, желдеткіштер, компрессорлар және сорғыштар, ұрып-соғатын қол құралдары тасымалдайтын жүйелер, құбырлардағы газ бен сұйықтардың ағыны және т.б. жатады. Жұмыс орындарында шу және тербеліс деңгейінің жоғарылауы адам ағзасына зиянды әсер етеді. Шу көздеріне қатты денелердің бір біріне соғылуы, үйкелуі, сырғанауы, сұйық заттардың және газдардың жылжуы кезінде түзілетін тербелістер жатады. Жұмыс орындарында шу және тербеліс деңгейінің жоғарылауы адам ағзасына зиянды әсер етеді [9].

Ультрадыбыс – адам құлағы естімейтін, жиілігі 20 кГц артық серпімді тербелістер мен толқындар. Ультрадыбыстың қатты денелерден өтуі кезіндегі әсері жоғары жиілікті дірілдің пайда болуымен байланысты. Ультрадыбыс халық шаруашылығында кеңінен қолданылады. Төмен жиілікті ультрадыбысты тербелістер (100 кГц дейінгі) жанаспалы жолмен және ауа арқылы таралып, материалдарды тазарту, зарарсыздандыру, дәнекерлеу, механикалық және термиялық өңдеуде, аэрозольдерды коагуляциялауда, медицинада (хирургияда, стерилдеу үшін және т.с.с) қолданылады.

Электромагниттік сәулелену дегеніміз — арасында әр түрлі физикалық факторлардың қоршаған ортаға, қолайсыз әсер етуі мүмкін адам, биологиялық объектілер, үлкен күрделілігі ұсынады электромагниттік өріс неионизирующей табиғат, әсіресе қатысты радио жиілікті сәуле шығаруы.

Инфрақызыл сәуле – көрінетін жарықтың қызыл бөлігі (0,74 мкм) мен қысқа толқынды радиосәулеленің (1 – 2 мм) арасындағы спектр аймағына орналасқан электромагниттік сәуле. Инфрақызыл сәуле қыздыру шамын, газразрядты шам шығаратын сәулелердің едәуір бөлігін құрайды. Инфрақызыл сәулелермен ауыл шаруашылығы өнімдерін кептіріп (бидайды, жеміс - жидекті), сонымен қатар дезинфекциялауға болады.

Ультракүлгін сәулелену - жарық сәулелері спектрінің күлгін бөлігіне іргелес, күлгін және радиосәулелер аралығында орналасқан, толқын ұзындығы 400—10 нанометр аралығына сәйкес келетін электромагниттік сәулелену. Ультра күлгін жарық шамдар, сынапты-булық шамдар және тотықтырғыш шамдар арқылы жасалады [10].

Лазерлік сәуле шығару – зат атомдарынан электромагниттік сәуле шығару кванттарының лазер арқылы күштеп шығарылуы. Олар ауыл шаруашылығында, өндірісте, зергерлік салада, әскери істе, заттарды өндеуде қолданылады. Қуатты лазер көзімен қалып болат табақтарды кесуге және дәнекерлеуге, металлдың беткі қабаттарын шынықтыруға, ірі бөліктерді балқытуға болады. Машина жасау және құрылыс саласында да лазерлік технологиялар кең қолданылып келеді.

Статикалық электрлік өрістер бұл - қозғалыста болмайтын электр зарядының өрісі, немесе тұрақты токтың стационарлық электрлік өрісі. Бұлар электрмен, газбен тазалауда, кендерді (руда) және материалдарды электростатикалық жолмен бөліп алуда, сырларды және полимерлі материалдарды электростатикалық жолмен жағу кезінде кеңінен қолданылады. Сондай-ақ диэлектрлік материалдарды жасау өндеу, тасымалдау кезінде өнімнің электрленуінен электрстатикалық зарядтар мен өрістер пайда болатын бірқатар өндірістер мен технологиялық үрдістері (тоқыма, ағаш өңдейтін, целлюлозді-қағаз, химия өнеркәсіптері және басқалары) бар.

Жұмыс орындарындағы тұрақты магниттік өрістің көздеріне тұрақты магниттер, электрлік магниттер, тұрақты токтың күшті ток жүйелері (тұрақты токтың берілу желісі, электрлік- магниттік ванналар және т.б.) жатады. Тұрақты магниттер мен электрлік магниттер аспап жасауда, көтергіш крандардың магнитті шайбаларында, магниттік сепараторларда, суды магнитпен өндеуге арналған құрылғыларда, магниттік гидрадинамикалық генераторларда, ядролық магниттік резонанс және электрондық парамагниттік резонанс құрылғыларында, сондай-ақ физиотерапия практикасында кең қолданылады [11].

Иондағыш сәулелену – бұл, затпен өзара әрекеттескен кезде, заттың атомдары мен молекулаларының иондануына және қозуына әкеп соғатын сәулелену. Иондаушы сәулеленулер өзінің физикалық табиғатына байланысты электромагниттік (фотондық) және корпускулярлық (бөлшектер) болып бөлінеді.

Микроклимат - жер бедерінің ерекшеліктеріне байланысты шағын кеңістіктердегі климаттық ерекшеліктер. Қауіпсіз, жоғары өнімді және сау еңбектің бірден бір қажетті шарты болып өндірістік ғимараттардағы жұмыс аймағына қалыпты микроклиматын қамтамасыз ету табылады. Жұмыс аймағындағы ауаның құрамдық жағдайы температурамен, ылғалдылықпен, қысыммен және сәулеленуімен сипатталады. Осы факторлардың әр түрлі қосынды мөлшері жұмысқа жағымды және жағымсыз жағдайлар туғызуы мүмкін.

Химиялық өндірістік фактор дегеніміз - адам ағзасына немесе теріге жеңіл жолмен түсетін заттар. Адам ағзасына әсер ету сипатына байланысты өндірістік ортаның химиялық факторлары улы және улы емеске бөлінеді. Улы химиялық факторлар сұйық ортада ерітінділермен физика-химиялық реакцияларға түседі, олардың функцияларын бұзады. Өндірістік ортаның улы химиялық факторлары интоксикацияны (улануды) тудырады [12].

Өндірістік шаң - ең кең таралған зиянды және қауіпті өндірістік факторлардың бірі. Шаң өте көп әр түрлі технологиялық процестер кезінде жұмыс аймағы ауасына бөлініп өндірістердің басым көпшілігінде кездеседі. Бұл өндірістер – пайдалы кен қазбаларын шығару, машина жасау және металлургия өнеркәсібі, тоқыма өнеркәсібі, ауыл

шаруашылығы және т.с.с. Өндірістік шаң ауада қалқып жүретін, баяу қонатын өлшемі бірнеше ондаған мкм-ден жүздеген мкм дейін жететін қатты бөлшектер, яғни аэрозоль болып табылады, оның дисперсті фазасы қатты бөлшектер де, ал дисперсті ортасы ауа.

Биологиялық факторлар – ауру туғызатын микробтар, вирустар, бактериялар, өсімдіктер, жәндіктер т.б. Олардың әсері соңғы уақытта айтарлықтай артуы қалалардың қарқынды өсуіне, агроөнеркәсіптік сектордың дамуына байланысты. Биологиялық әсер деп қоршаған ортаның патогендік вирустармен және бактериялармен, микроорганизмдермен-өндірушілермен, биотехнологиялық өнеркәсіп өнімдерімен (антибиотиктер, дәрумендер, жемдік ашытқылар, ферменттер және т.б.) ластануын түсіну керек [13].

Биологиялық фактор - олар шығаратын белсенді заттардың көмегімен адамға әсер ететін объектілер кешені. Қазіргі таңда вакциналар, аминқышқылдары, иммуногендік агенттер, ақуыз-витаминдік концентраттар, тағамдық қоспалар шығаратын микробиологиялық өнеркәсіп кәсіпорындарының саны артып келеді. Тиісінше, биологиялық ластану деңгейі бір уақытта жоғарылайды. Өнеркәсіпте көгерген және ашытқы саңырау құлақтарын, актиномицеттер мен бактерияларды қолдану өндірістік ортаның микроорганизмдермен ластануына әкелді.

Психофизиологиялық факторлар – физикалық, нерв-психиялық және эмоциялық қажу т.б. Еңбек шартын жақсарту бойынша шаралардың тиімділігі өндірістік жүйелердің дұрыс жағдайы мен осы жағдайдың қандай да бір көрсеткіштері бойынша толығымен немесе жеке элементтері бойынша бағаланады. Практикаға жеткілікті дәрежеде қазіргі уақытта еңбек ауырлығының ұғымы ақыл-ой және физикалық еңбекке де бірдей қолданылады. Өнімділіктің төмендеуі физикалық немесе жүйке-психикалық шамадан тыс жүктемелерге байланысты болуы мүмкін. Біріншісі динамикалық немесе статикалық болуы мүмкін. Жиынтықта олардың көрсеткіштері еңбектің ауырлығын көрсетеді [14].

Машина жасау кәсіпорындарындағы негізгі зиянды және қауіпті өндірістік факторлар. Жұмысшылар өз жұмыс орындарында көптеген зиянды өндірістік факторларға тап болуы мүмкін. Олардың ағзаға әсері көбінесе кәсіби ауруларға әкеледі, соның салдарынан қызметкер жұмыс қабілеттілігін жоғалтады. Бұл жағдайда науқас адамға ғана емес, сонымен қатар кәсіптік аурудың себептері мен жағдайларын зерттейтін жалдаушыға да оңай болмайды. Сондықтан жұмыс орындарында қандай зиянды және қауіпті өндірістік орта факторлары бар екенін білу маңызды. Бұл жұмыс орындарын еңбек жағдайлары бойынша аттестаттау кезінде еңбек жағдайларын дұрыс бағалауға, сондай-ақ жұмысшыларға зиянды факторлардың әсерін азайту үшін оңтайлы іс-шаралар мен қорғаныс құралдарын таңдауға мүмкіндік береді [15].

Құю цехтарындағы келесі негізгі қауіпті және зиянды өндірістік факторларды атап өтуге болады: аэрозоль, конденсация шаңы, булар мен газдар, шамадан тыс жылу бөлінуі, шу мен дірілдің жоғары деңгейі, электромагниттік сәулелену, қозғалатын машиналар мен механизмдер, жабдықтың жылжымалы бөліктері және ультрадыбыс.

Дисперсті құрамы бойынша құю цехтарының шаңы ұзақ уақыт бойы жұмыс аймағының ауасында суспензияда болатын ұсақ фракцияларға жатады. Құрамында 99% дейін кремний диоксиді бар шаңның едәуір бөлінуі құймаларды ұрып-соғу кезінде, қалыптау және өзек қоспаларын дайындау, модельдерді дайындау процесінде байқалады.

Құю цехтарының жұмыс аймағының ауасын ластайтын газдар мен буларға акролеин, ацетон, ацетилен, бензол, азот оксиді, көміртегі тотығы, күкірт диоксиді, көмірқышқыл газы, фенол, формальдегид, хлор, этил спирті және т.б жатады [16].

Көміртегі тотығы шойын және болат цехтарындағы негізгі зиянды өндірістік фактор болып табылады. Шығару көздері - балқыту агрегаттары, салқындату процесінде құйылған қалыптар, кептіру пештері, қалыптардың беткі кептіру агрегаттары және т.б. Шойын мен болатты құю кезінде бөлінетін көміртегі тотығының мөлшері құю цехында болған уақытқа және құймалардың массасына байланысты. Құмды-сазды формаларды химиялық кептіру үшін қолданылатын көмірқышқыл газы улы емес, бірақ оның көп мөлшерімен жұмыс

аймағының ауасында оттегі мөлшері азаяды, бұл ауыр сезім мен тіпті тұншығуды тудыруы мүмкін. Жылудың артық бөлінуі металды балқыту, қалыптар мен өзектерді құю, кептіру, термиялық өңдеу құймаларын қағу бөлімшелерінде, сондай-ақ бірқатар қосалқы операцияларды орындау кезінде байқалады.

Қю цехтарындағы ультрадыбыстық сұйық балкымаларды өңдеу, құймаларды тазарту, газдарды тазарту қондырғылары мен жүйелерінде және т.б. Бұл үшін 18-22 кГц жиілік диапазоны бар генераторлар қолданылады. Қю цехтарындағы электромагниттік өрістер металды балқыту және қыздыру, қалыптар мен шыбықтарды кептіру және т.б. үшін электротермиялық қондырғылармен жасалады. Қю өндірісіндегі иондаушы сәулелену көздері балқыту, құюдағы ақауларды анықтау, технологиялық процестерді бақылау және автоматтандыру және т.б. үшін қолданылады.

Ұсталық-пресс цехтарында қолайсыз еңбек жағдайларын қалыптастыратын негізгі қауіпті және зиянды өндірістік факторлар – жоғары ауа температурасы (34-36°C дейін), инфрақызыл сәулелену деңгейі, зиянды уытты секрециялар (шаңдар, газдар), жоғары шу деңгейі. Пештердің уытты секрецияларында күкірт, көміртегі тотығы, күкірт газы, күйе, май аэрозолы, формальдегид бар [17].

Инфрақызыл сәулелену деңгейінің негізгі пайда болу көздері жылыту жабдықтарының беттері мен салқындату соғулары болып табылады. Қолайсыз метеожағдайлар газды түтін шығаратын арналары жоқ жылыту құрылғыларын пайдалану кезінде жасалады, ол арқылы жылудың 75%-ы атмосфераға шығарылады.

Ұсталық-престеу цехтарында соғуды ұтымсыз сақтау кезінде ауа температурасы 34-36°C-қа жетеді. Ауа температурасы 40-45°C дейін көтерілуі мүмкін. Штамптаушылар мен престеушілердің жұмыс орындарында өңделетін бөлшектердің мөлшеріне байланысты жылу сәулесінің қарқындылығы 0,35-1,8 кВт/м<sup>2</sup> құрайды. Ұсталық престеу цехтарының ауа ортасын ластайтын негізгі зиянды заттар – штампты майлау үшін қолданылатын материалдардың, майлау материалдарының, жану өнімдерінің ыдырауы нәтижесінде пайда болатын май аэрозолы және штамп матрицалары мен соғу беттерінен сығылған, ауамен үрленген қабыршақ шаңы. Бұл заттардың концентрациясы цехтың дәліздерінде жоғары, өйткені тұншықтырғыш құрылғылардың ауа ағыны жұмыс орнынан бағытталған. Жұмыс аймағының ауасында шаң тәрізді бөлшектердің, масштабтың, графиттің концентрациясы 3,9-4,1 мг/м<sup>3</sup> құрайды.

Шудың негізгі көзі-бу және пневматикалық штамптау балғалары. Мұндай жабдықты жұмыс орнында пайдалану кезінде шудың жалпы деңгейі 130 дБА дейін жетуі мүмкін. Ұсталық престеу учаскелерінде шудың жеткілікті жоғары деңгейі байқалады. Иінді престердің жұмысы кезінде шудың пайда болу көздері: пайдаланылған ауаның шығуы, механизмдердің жекелеген бөліктерінің соққылары, итеру жолағының соққылары. Шудың жоғары жиілікті және пресс күшіне байланысты 110 дБ дейін жетуі мүмкін.

Пресстегі балғамен жұмыс барысында қауіпті факторлардың туындау себептері:

- штанганың, поршеньнің, штамптың жеткіліксіз қызуы немесе жарықтар пайда болуы салдарынан сынуы;

- буды (ауаны) бөлу механизмінің бұзылуына немесе балғамен дұрыс басқарылмауына байланысты орнатылған биіктікке балғаны көтеру, балғаның құлаған бөліктерімен ажырату және одан кейін поршеньді цилиндрдің жоғарғы қақпағына соғу, поршеньді өзектен ажырату;

- поршеньдің соғуы салдарынан балға цилиндрінің қақпағының сынуы, цилиндрде конденсат түзілуінен құбырдың жарылуы;

- мөртабанға жабысып қалған дайындаманы алу кезінде дұрыс емес жұмыс әдістерін қолдану;

- көтергіш көлік тетіктеріндегі жұмыстың дұрыс емес тәсілдері, қауіпсіз өткелдердің және т. б. болмауы [18].

Металдарды термиялық өңдеу цехында қызметкерлерге әсер ететін негізгі қауіпті және зиянды өндірістік факторлар болып табылады: аммиак, нитробензол, қорғасын буы, көмірсутек, цианид қосылыстары, қышқылдар мен сілтілер, майлы аэрозоль, жылу сәулеленуі, ауаның ылғалдылығы, электромагниттік сәулелену көздері.

Термиялық өңдеу процестерінде цианид тұздарын қолдануға болады. Ылғалдың, қышқылдардың, сондай-ақ ауадағы көмірқышқыл газының қатысуымен цианид тұздары цианид сутегін (гидроциан қышқылы) шығарады, бұл тыныс алу органдарының тіндерінің салдануына байланысты тез тұншығуды тудырады.

Балқымалармен жұмыс істеу кезінде олардың шашырауы өңделетін материалда да, жұмыс ортасы мен атмосфераның интерфейсінде де (оттегімен, ылғалмен реакциялар) жүретін химиялық реакциялар нәтижесінде пайда болуы мүмкін [19].

Гальваникалық цехтарда келесі қауіпті және зиянды фактор көздері бар: қышқыл, сілті, ангидридтер, еріткіштер (бензин, керосин, трихлорэтилен, тетрахлорэтилен және т.б.), хром, стеарин, цианидтер (электролиттерде), шу мен дірілдің жоғары деңгейі, жабдықтың беткі температурасының жоғарылауы, металл шаңы, сөндірілген әк, сода күлі, аммиак, қорғасын қосылыстары, электромагниттік сәулелену. Гальваникалық цехтарда жабындарды қолданар алдында бөлшектердің бетін дайындау кезінде бетті тазартудың механикалық әдістері кеңінен қолданылады: тегістеу, гидрокүмді үрлеу және атқылау әдістері, металл шаңын пайдаланып реактивті тазарту. Бұл әдістер металл бөлшектерінің шаңдануының жоғарылауымен, шу мен діріл деңгейінің жоғарылауымен және көп жағдайда бұйымдар мен жабдықтардың беткі температурасының жоғарылауымен сипатталады.

Электролиттерді дайындау процестері, беттерді қолдану және өңдеу қолданылатын химиялық заттардың кең спектрімен сипатталады. Бұл никель, мыс, мырыш, кадмий және басқа металдардың тұздары, хром тұздары, хром ангидридi, натрий нитраты, натрий цианидi және калий.

Механикалық цехтардағы келесі негізгі қауіпті және зиянды өндірістік факторларды атап өтуге болады, олар: шаң мен газдың жоғары деңгейі, шу мен дірілдің жоғары деңгейі, электромагниттік сәулелену, беттердің жоғары температурасы, майлар аэрозольдері мен майлау және салқындату сұйықтықтары, майлау және салқындату сұйықтықтарындағы микроорганизмдер. Сынғыш материалдарды (шойын, жез, қола, графит, карболит, текстолит және т.б.) жоғары кесу жылдамдығымен өңдеу кезінде станоктан метал жоңқалары айтарлықтай қашықтыққа (3-5 м) ұшады. Металл жоңқалары, әсіресе жоғары температурасы (400-600°C) және үлкен кинетикалық энергиясы бар тұтқыр металдарды (болаттарды) қайрау кезінде, тек станокта жұмыс істейтіндер үшін ғана емес, сонымен қатар станокқа жақын адамдар үшін де үлкен қауіп төндіреді. Станоктарда ең көп таралған көз жарақаттары. Егер жұмысшы көзге арналған жеке қорғаныс құралдарын қолданбаса, олар ұшатын, өңделетін материалдың шаң бөлшектерінен, кескіш құралдың сынықтарынан және абразивті бөлшектерден зақымдалады [20].

Кейбір қорытпаларда қорғасын болуы мүмкін, сондықтан оларды бұрау кезінде пайда болатын шаңның уыттылығын оның рұқсат етілген шекті концентрациясына назар аударатын отырып, қорғасын қорытпасындағы мөлшерді ескере отырып бағалау керек. Тыныс алу аймағындағы шаң бөлшектерінің мөлшері 2-ден 60 мкм-ге дейін өзгереді. Жезді, қоланы, карболитті, графитті жоғары кесу жылдамдығымен өңдеу кезінде шаң бөлшектерінің мөлшері 10 мкм-ге дейін олардың жалпы санының 50-60% құрайды, бұл пневмокониоздың (өкпеде дәнекер тіннің өсуі) даму қаупінің факторы болып табылады.

Полимерлі материалдарды механикалық өңдеу процесінде олардың құрылымында механикалық және физика-химиялық өзгерістер (термо тотығу деструкциясы) жүреді. Кесетін доғал құралмен жұмыс істегенде қарқынды қыздыру пайда болады, нәтижесінде шаң мен чиптер бу мен газ күйіне айналады, кейде материалдың тұтануы пайда болады, мысалы, текстолитті өңдеу кезінде. Осылайша, пластмассаларды өңдеу кезінде химиялық зиянды

өндірістік факторлар болып табылатын булардың, газдардың және аэрозольдердің күрделі қоспасы жұмыс аймағының ауасына түседі.

Термо тотығу деструкциясы өнімдері (шекте және шекте емес көмірсутектер, сондай-ақ хош иісті көмірсутектер) есірткі әсерін, орталық жүйке жүйесінің, тамыр жүйесінің, қан түзуші органдардың, ішкі органдардың өзгерістерін, сондай-ақ тері-трофикалық бұзылуларды тудыруы мүмкін. Майлау және салқындату сұйықтықтары құрамына кіретін мұнай майларының аэрозольдері жоғарғы тыныс жолдарының шырышты қабығын тітіркендіреді, иммунобиологиялық реактивтіліктің төмендеуіне ықпал етеді [21].

Бояу цехтарында кездесетін және цех қызметкерлеріне әсер ететін негізгі қауіпті және зиянды өндірістік факторлар: газдану, шаңдану (лактар, бояулар, еріткіштер), еріткіштер мен бояулар буының жарылыс және өрт қауіптілігі, бояу материалдарының улы компоненттері, жоғары температура деңгейі, шу, ауаның иондануының жоғарылауы, инфрақызыл және ультракүлгін сәулелену, ауа қозғалысының төмен жылдамдығы.

Бұйымдарды бояу процесіне тән зиянды және қауіпті өндірістік факторлар улы лак-бояу материалдарын қолданумен, жұмыс аймағының ауасында лак-бояу аэрозольдерінің (шаң мен тұман) пайда болуымен және бояуларды дайындау, жабындарды жағу және кептіру кезінде еріткіш буларының бөлінуімен байланысты.

Лак-бояу материалдарының аэрозольдерінің зиянды әсері олардың құрамында улы заттардың (стирол, фенол, формальдегид) болуына байланысты. Бұл ретте еріткіштер мен еріткіштер ретінде бензол, метанол, хлорланған көмірсутектерді пайдалануға тыйым салынады. Ең қолайсыз еңбек жағдайлары бояуларды, әсіресе қорғасын қосылыстары бар бояуларды бүріккішпен жағу кезінде пайда болуы мүмкін.

Қолайсыз еңбек жағдайлары, ауыр және қажырлы еңбек, өндірістік жарақаттану және кәсіптік аурулар жұмысшылардың денсаулық жағдайына теріс әсер етеді және ұйымдағы экономикалық шығындарға әкеледі. Жағдайды жақсарту үшін қауіпті және зиянды өндірістік факторлардың қызметкердің жұмысына және денсаулығына әсерін объективті бағалау қажет. Бұл ретте жұмыс орнының жарақат алу қаупі, қызметкердің жеке қорғану құралдарымен қамтамасыз етілуі сияқты мезеттерді ескеру міндетті болып табылады.

## ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Бакашин, П. Е. Сопоставление формального и рационального подходов в рискменеджменте на промышленных предприятиях [Текст] / П. Е. Бакашин. // Евразийский союз ученых, 2015. – №5. - С. 23–25.
2. Тимошенко, С. П. Надежность технических систем и техногенный риск : учебник и практикум для вузов / С. П. Тимошенко, Б. М. Симонов, В. Н. Горошко. — 2-е изд. — Москва : Издательство Юрайт, 2024. — 572 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-18623-9. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/545183> (дата обращения: 15.03.2024).
3. Егорушкина, Т. Н. Значение риск-менеджмента в управлении рисками на предприятии [Текст] / Т. Н. Егорушкина, Д. Д. Ковляметов // Концепт, 2016. – №17. - С. 439.
4. Ефремова, О. С. Опасные и вредные производственные факторы и средства защиты работающих от них [Текст] / О. С. Ефремова // Альфа Пресс, 2015. – №2. – С. 290-296 .
5. Мұратова, А. А. Өндірісте адам ағзасына әсер ететін зиянды және қауіпті факторларды талдау [Мәтін] / А. А. Мұратова, А. Е. Сарсенов // Ғылымға жол, 2023. - №2. – Б. 235-240.
6. Идентификация потенциально вредных и опасных производственных факторов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://sout-arm.ru/articles/identifikaciya-potencialno-vrednix-opasnix-proizv-factorov/>, свободный. – Загл. с экрана. – (Дата обращения: 20.03.2024).
7. Идентификация потенциально вредных и опасных производственных факторов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://sout-arm.ru/articles/identifikaciya->

- potencialno-vrednix-opasnix-proizv-factorov/, свободный. – Загл. с экрана. – (Дата обращения: 20.03.2024).
8. Мазалов И.Ф. Еңбекті қорғау. 5B073100 мамандығы бойынша студенттерге арналған лекциялар конспектісі – Өмір тіршілігінің қауіпсіздігі және қоршаған ортаны қорғау. – Алматы: АУЭС, 2014.
  9. Суворов, Г. А. Гигиеническое нормирование производственных шумов и вибраций [Текст] / Г. А. Суворов, Э. И. Денисов, Л. Н. Шкаринов // Медицина, 2021. – №1. – С. 240.
  10. Беляков, Г. И. Техника безопасности и электробезопасность : учебник для вузов / Г. И. Беляков. — 5-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2024. — 683 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-16509-8. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/536457> (дата обращения: 11.02.2024).
  11. Белов, С. В. Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды (техносферная безопасность) : учебник для вузов / С. В. Белов. — 6-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2024. — 636 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-16270-7. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/544895> (дата обращения: 23.04.2024)
  12. Томурко, А. А. Оценка рисков в области охраны труда при производстве высокотехнологичной промышленной продукции [Текст] : дис. ... канд. техн. наук : 07.00.02 : защищена 22.06.19 : утв. 15.07.19 / Анищенко Юлия Владимировна. – М., 2019. – 215 с. – Библиогр.: с. 202–213. – 04200201565.
  13. Севрюкова, Е. А. Мониторинг загрязнения окружающей среды : учебник для среднего профессионального образования / Е. А. Севрюкова ; под общей редакцией В. И. Каракеяна. — 2-е изд., испр. — Москва : Издательство Юрайт, 2024. — 340 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-18631-4. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/545218> (дата обращения: 17.03.2024).
  14. Ширванов, Р. Б. Өнеркәсіптік қауіпсіздікті техникалық реттеудің заманауи аспектілері [Текст] : / Р. Б. Ширванов, А. С. Ибраев. - Алматы : Альманахъ, 2020. - 119 б.
  15. Соломенцева Ю. М. Безопасность жизнедеятельности в машиностроении: / под ред. Ю. М. Соломенцева. – М.: Высш. шк.- 2002. -310 с.
  16. Тимофеева Е. М., Совершенствование системы управления производственными затратами металлургического предприятия [Текст] Е. М. Тимофеева, А. С. Тимофеева // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований, 2015. – № 3.т– С. 250–252.
  17. Максимов, Г. Г. Промышленная токсикология : учебное пособие для вузов / Г. Г. Максимов. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2024. — 182 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-14791-9. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/544368> (дата обращения: 05.03.2024).
  18. Савенко С.К., Бабич И.Т. Зависимость уровня травматизма от индивидуальных качеств работающих// Безопасность труда в промышленности. 2017., № 4 с. 22-23
  19. Филиппов, А. А. Производственный травматизм и направления его профилактики [Текст] / А. А.Филиппов, Г. В.Пачурин, Н. И. Щенников, Т. И. Курагина. // Современные наукоемкие технологии, 2016. – №1. – С. 45-46.
  20. Королев Г.Ф. Производственный травматизм и методы выявления его причин. -М.: НИИМАШ, 2017. 41с
  21. Брусенцов, С. Г. Роль охраны труда на производстве [Текст] / Брусенцов С. Г. // Концепт, 2015. – №12. – С. 6.

<https://doi.org/10.5281/zenodo.18952236>  
УДК 621.967.3

## ИССЛЕДОВАНИЕ УСИЛИЙ РЕЗАНИЯ НА ЛЕТУЧИХ БАРАБАННЫХ НОЖНИЦАХ СТАНА ГОРЯЧЕЙ ПРОКАТКИ

**БАТЫРБЕК ӘЛБЕК ЕСІМБЕКҰЛЫ**

Докторант, НАО «Карагандинский индустриальный университет», Темиртау,  
Казахстан

**СИВЯКОВА ГАЛИНА АЛЕКСАНДРОВНА**

Кандидат технических наук, доцент, НАО «Карагандинский индустриальный  
университет», Темиртау, Казахстан

**ТЫТЮК ВАЛЕРИЙ КОНСТАНТИНОВИЧ**

Доктор технических наук, профессор, Криворожский национальный университет,  
Кривой Рог, Украина

**МАМИРОВ УКТАМ ФАРХОДОВИЧ**

Доктор технических наук, профессор, Ташкентский государственный технический  
университет имени Ислама Каримова, Ташкент, Узбекистан

---

**Аннотация:** В статье исследованы усилия резания на летучих барабанных ножницах стана горячей прокатки, применяемых для обрезки переднего и заднего концов полосы без остановки технологического процесса. Рассмотрены особенности силового взаимодействия режущего инструмента с горячим металлом с учетом кинематических параметров работы ножниц, геометрии ножей, толщины полосы, скорости прокатки и механических свойств материала. На основе анализа процесса резания разработана расчетная модель, позволяющая определять текущие и максимальные значения усилий резания, а также моменты сопротивления, возникающие в процессе работы барабанных ножниц. Установлено влияние температурного фактора и параметров деформируемого металла на характер изменения силовых нагрузок. Полученные результаты могут быть использованы для выбора рациональных режимов работы оборудования, снижения динамических нагрузок на элементы привода, повышения точности реза и увеличения долговечности режущего инструмента. Практическая значимость исследования заключается в возможности применения разработанных зависимостей при модернизации действующих станов горячей прокатки и проектировании высокоскоростных линий обработки металлопроката.

**Ключевые слова:** усилия резания, летучие барабанные ножницы, стан, горячая прокатка, обрезка полосы, кинематика резания, динамические нагрузки.

---

Горячая прокатка играет важнейшую роль в современном металлургическом производстве, обеспечивая непрерывное производство высококачественной стальной продукции, отвечающей все более строгим техническим и экономическим требованиям. Этот процесс имеет основополагающее значение не только для достижения точных геометрических размеров и превосходных механических свойств, но и для обеспечения эффективности использования материалов в таких отраслях, как строительство, автомобилестроение и тяжелое машиностроение. По мере развития прокатного производства, ориентированного на более высокие скорости производства и более жесткие допуски, надежность и контроль отдельных компонентов прокатного стана становятся все более важными.

Изначально летучие ножницы использовались для резки лишь простейшего металлопроката, такого как круг, квадрат или полоса. Это было связано с тем, что их кинематика и система управления не позволяли качественно обрабатывать сложные профили без деформации.

Преодоление ограничений стандартных барабанных ножниц при работе со сложным прокатом, где необходимо большое вертикальное перекрытие, стало возможным благодаря новой концепции режущего инструмента. Так, для листового металла были внедрены наклонные ножи [1], а для углового — эвольвентные и плоские ножи [1], что позволило сохранить высокую производительность оборудования и обеспечить требуемое качество реза.

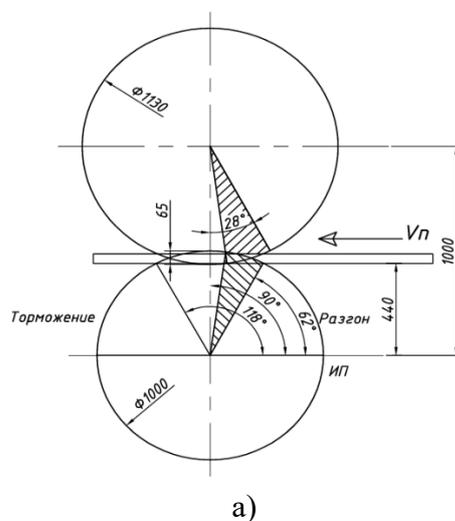
Несмотря на возрастающую популярность барабанных летучих ножниц, объем научных исследований, посвящённых особенностям процесса резания данным типом оборудования, остаётся крайне ограниченным [2-4]. Недостаточная теоретическая и экспериментальная проработка данного направления существенно затрудняет оптимизацию конструктивных параметров ножниц, совершенствование технологических режимов их работы, а также поиск и обоснование новых областей практического применения.

Объектом исследования является барабанных летучих ножниц стана горячей прокатки листопрокатного цеха №1 АО «Qarmet» [5].

Летучие ножницы предназначены для резки металла на ходу («на лету») при его движении с большой скоростью. Во многих случаях работоспособность этих ножниц определяет производительность прокатного стана.

Ножницы летучие установлены перед чистовой группой клетей непрерывного широкополосного стана горячей прокатки 1700 и предназначены для обрезки переднего и заднего концов полосы подката перед задачей в чистовую группу клетей и последующей прокатки подката в горячекатаный прокат (готовое изделие). При этом передний конец подката после резки имеет в плане форму выпуклого шеврона, а задний — прямой. Для выполнения таких резов на барабанах установлено два вида ножей (прямые и шевронные), расположенные диаметрально противоположно [6].

На рисунке 1 изображена структурная схема летучих ножниц (ЛН) и взаимное расположение барабана с разрезаемой полосой в процессе упругой деформации металла.



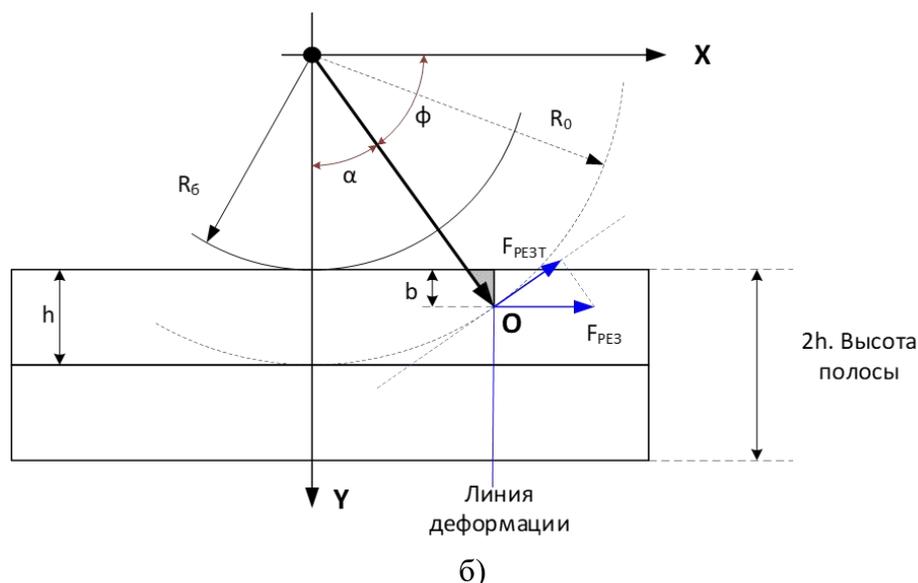


Рисунок 1 – Структурная схема ЛН (а) и схема расчёта усилий и моментов сопротивления для барабанных летучих ножниц (б)

На рисунке 1 приняты следующие обозначения:

$h$  – половина высоты полосы металла;

$2h$  – полная высота полосы обрабатывается двумя барабанами, м;

$R_6, R_0$  – радиус барабана и радиус режущей кромки (с учетом выступающей части ножа), м;

$\phi$  – угол, описывающий текущее положение барабана, рад;

$X, Y$  – оси системы координат, в которой рассматривается движение барабана;

$O$  – положение режущей кромки ножа при угле поворота  $\phi$ ;

$b$  – высота области разрушения;

$F_{рез}, F_{резТ}$  – усилие резания и проекция этого усилия на касательную к поверхности барабана в точке  $O$ .

При срезе металла область разрушения представляет собой срезную поверхность, изображенную на рисунке 4 областью серого цвета.

Примем допущение, что разрушение происходит только по сдвигу, тогда при перпендикулярном воздействии усилия, связь между силой резания и характеристикой материала:

$$F = S_{\pi} \cdot \tau_{нс} \quad (1)$$

где  $S_{\pi}$  – площадь разрушения материала;

$\tau_{нс}$  – напряжение сдвига материала при рабочей температуре.

Площадь области разрушения можно вычислить как:

$$S_{\pi} = b \cdot t \quad (2)$$

где  $t$  – ширина заготовки (или длина линии реза);

$b$  – высота области разрушения.

Однако в реальных условиях разрезание не происходит строго перпендикулярно к срезной поверхности, а происходит по некоторому сдвиговому (или режущему) углу  $\alpha$ . Это приводит к тому, что эффективная длина среза оказывается больше, а усилие, приложенное

в направлении реза, зависит от этого угла. В итоге, уравнение для расчета усилия резания записывается в виде:

$$F = \frac{b \cdot t \cdot \tau_{nc}}{\sin(\alpha)} \quad (3)$$

где  $b$  – высота области разрушения, определяющая, какая часть сечения подвергается сдвиговому разрушению;

$t$  – ширина заготовки (или длина линии разреза);

$\tau_{nc}$  – критическое напряжение сдвига, при котором начинается разрушение материала.

При горячей прокатке это значение определяется температурой и состоянием материала,  $\alpha$  – угол сдвига (или режущий угол), который определяется геометрией контакта режущей кромки и заготовки.

Это уравнение позволяет, зная геометрические размеры заготовки, рабочее значение напряжения сдвига  $\tau_{nc}$  (учитывающее температурное состояние материала) и угол сдвига  $\alpha$ , оценить требуемое усилие резания, которое должны развить летучие ножницы для корректного выполнения разреза.

На практике могут вводиться дополнительные эмпирические коэффициенты или поправки для учета таких факторов, как неидеальные условия резания, влияние динамики процесса, точность зазора между ножницами и т.п. Выбор конкретной модели зависит от деталей технологического процесса и используемого оборудования.

Определить одно универсальное значение напряжения сдвига  $\tau_{nc}$  для стали при 900 °С достаточно сложно, поскольку оно зависит от многих факторов, таких как состав стали, микроструктура, скорость деформации, степень деформации и конкретные условия испытания. Однако в инженерной практике для приблизительных расчётов часто используют ориентировочные значения, основанные на экспериментальных данных.

Для стали, находящейся в полносформированной аустенитной области (что характерно для температур около 900 °С), типичные значения критического напряжения сдвига могут находиться в диапазоне 20–30 МПа.

В рассмотренной модели принимаем значение критического напряжения сдвига равным 20 МПа. Это значение является ориентировочным и может корректироваться в зависимости от конкретных условий процесса горячей прокатки и состава стали.

Для более точных расчётов рекомендуется опираться на экспериментальные данные для конкретного типа стали и условий обработки.

Опираясь на геометрические соображения, запишем необходимые выражения, исходя из схемы рисунка 1б.

Разрезание металла начинается в момент соприкосновения режущей кромки ножа с поверхностью металлической полосы. Это событие имеет место, когда проекция вектора  $R_0$  на вертикальную ось будет равняться радиусу барабана  $R_B$ . Для определения угла, при котором начинается резание металла, воспользуемся следующим равенством:

$$(R_B + h) \cdot \sin(\varphi) = R_B \rightarrow \varphi_{старт} = \arcsin\left(\frac{R_B}{R_B + h}\right) \quad (4)$$

В процессе вращения барабана высота области разрушения  $b$  увеличивается и может быть вычислена по выражению:

$$b = Y_0 - R_B = (R_B + h) \cdot \sin(\varphi) - R_B \quad (5)$$

где YO – координата точки резания O по вертикальной оси.

Следует иметь в виду, что до достижения углом поворота значения  $\phi_{\text{старт}}$ , а также после прохождения точки  $\phi = 180$  градусов, резания металла не происходит, и высоту области разрушения  $b$  следует принимать равной нулю.

Окончательно, для вычисления усилия резания и создаваемого этой силой момента сопротивления запишем следующие выражения:

$$F_{PE3} = \frac{b \cdot t \cdot \tau_{nc}}{\cos\left(\frac{\pi}{2} - \phi\right)} \quad (6)$$

$$T_{PE3} = F_{PE3} \cdot R_0 \cdot \cos\left(\frac{\pi}{2} - \phi\right) \quad (7)$$

Воспользовавшись приведенными выражениями, рассчитаем зависимость момента сопротивления барабанных летучих ножниц для условий стана горячей прокатки «1700» листопрокатного цеха №1 АО «Qarmet». Полученные результаты представлены на рисунке 2.

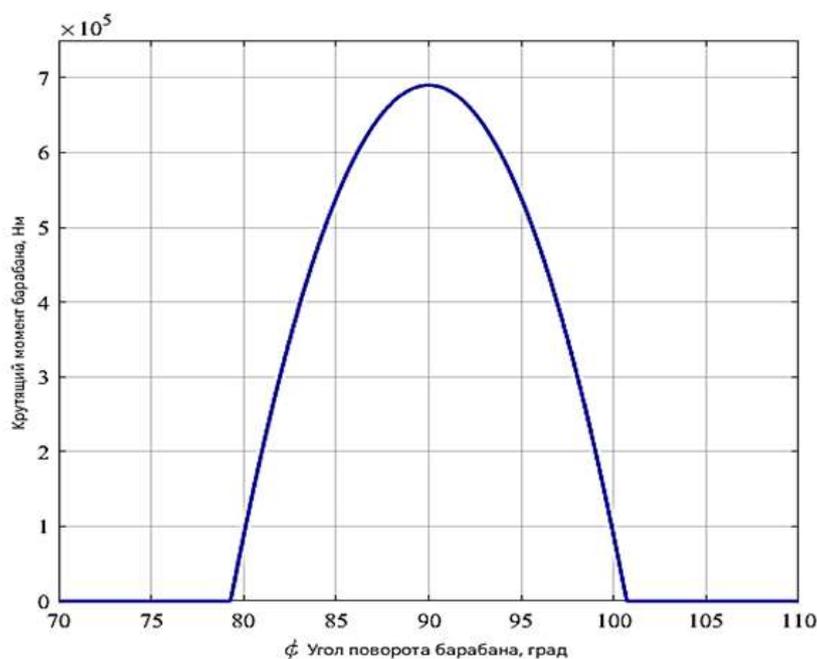


Рисунок 2 – Пример расчетной зависимости момента сопротивления от угла поворота барабана

**Выводы.** Проведенное исследование показало, что процесс резания на летучих барабанных ножницах стана горячей прокатки определяется не только геометрией ножей и кинематикой их движения, но и совокупным влиянием температурного состояния металла, толщины полосы и условий сдвигового разрушения материала. В работе рассмотрен механизм формирования усилия резания при непрерывном движении полосы и установлено, что величина нагрузки изменяется в зависимости от текущего положения барабана и развития зоны разрушения металла. На этой основе предложена расчетная схема, позволяющая оценивать усилие резания и момент сопротивления в характерные моменты

рабочего цикла ножниц. Полученные зависимости могут быть использованы для инженерной оценки нагрузок на привод барабанных ножниц, выбора более рациональных режимов резания и повышения надежности оборудования при эксплуатации в условиях горячей прокатки.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ:

1. Леонов И.С., Фуга Г.П., Крылов Г.Л., Песоцкий В.Г. Ножницы для резки листового и сортового проката. М.: Машиностроение, 1972. 376 с.
2. Xia J.Y., Ding W.H., Li Z.Y. Calculation of Cutting Force for Drum Type Arc Flying Shear // Advanced Materials Research. 2010. Vol. 145. P. 434-442. DOI: 10.4028/www.scientific.net/AMR.145.434.
3. Zyryanov V.V., Ivanov A.M. & Gaitanov I.Y. Use of Shears with a “Rolling Cut”. Metallurgist 48, 126–128 (2004). <https://doi.org/10.1023/B:MELL.0000037171.33013.7e>
4. Ghosh K. A Study on Kinematic Analysis of Crank-Type Flying Shear Mechanism for Production-Oriented Design and Motion Control // Journal of The Institution of Engineers (India): Series C. 2019. Vol. 100, No. 6. P. 851-858. DOI: 10.1007/s40032-018-0495-x.
5. Metallургический комбинат «Qarmet» [Электронный ресурс]. – URL: <https://qarmet.kz/ru/>.
6. АО «Qarmet» Технологическая инструкция ТИ ПГ- 01-2022 «Горячая прокатка полос в листопрокатном цехе №1» г.Темиртау 2022 г. – 89 с.

<https://doi.org/10.5281/zenodo.18952370>

## ТАМАҚ ӨНІМДЕРІНІҢ ҚАУІПСІЗДІГІ МЕНЕДЖМЕНТІ ЖҮЙЕСІНДЕГІ ҚАУІПТЕРДІ АНЫҚТАУ

БЕЙСЕНБЕКОВА ЗАУРЕШ НАҒАШБЕКОВНА, ЖҮМАБЕК АДИНА  
ЖАНДАРҚЫЗЫ

М.Х.Дулати атындағы Тараз университетінің Технологиялық факультетінің  
студенттері

Ғылыми жетекші - ОҢЛАБЕКОВА А.Т.  
Тараз, Қазақстан

**Аннотация.** Бұл мақалада тағам өнімдерінің қауіпсіздігін басқару жүйесінде (ТҚБЖ) қауіпті факторларды анықтау және оларды бақылау қағидалары қарастырылады. НАССР (НАССР) жүйесінің қағидастары мен кезеңдері, оның ішінде критикалық бақылау нүктелерін (КБН) анықтау, критикалық шектерді белгілеу, мониторинг жүргізу, түзету және верификация процедуралары жүйелі түрде сипатталған. Сонымен қатар, кәсіпорынның персоналын оқыту, инфрақұрылымның сәйкестігін тексеру, өндірістік ортаны бағалау және құжаттаманы жүргізу тәртібі көрсетілген.

Зерттеу нәтижелері көрсеткендей, НАССР жүйесін енгізу арқылы кәсіпорындар өнім өндірісінің барлық кезеңінде ықтимал қауіпті факторларды анықтап, оларды алдын алу және басқару шараларын қолдана алады. Бұл жүйе өнім сапасы мен қауіпсіздігін қамтамасыз етіп қана қоймай, персоналдың біліктілігін арттырады, өндірістік сәйкессіздіктер санын төмендетеді және кәсіпорынның имиджін нығайтады.

**Кілтті сөздер:** тағам қауіпсіздігі, НАССР, критикалық бақылау нүктелері, тәуекелді басқару, өндірістік бақылау, қауіптерді анықтау

Қазіргі уақытта тағам өнімдерін тұтынушылардың өмір сүру салтына деген көзқарасы айтарлықтай өзгеруде. Халықтың басым бөлігі тамақтану сапасына жоғары талап қоя отырып, қауіпсіз әрі пайдалы тағам өнімдерін тұтынуға ұмтылуда.

Тағам өнімдерін өндірумен және шикізатты өңдеумен айналысатын кез келген кәсіпорынның қызметінде сапа мен қауіпсіздікті үздіксіз жетілдіру – жүйелі және тұрақты үдеріс болып табылады. Бұл үдеріс тиімді ұйымдастырылған және іс жүзінде әрекет ететін өндірістік бақылау жүйесі арқылы басқарылуы тиіс. Мұндай жүйе өндіріс кезеңдерін талдауды, сондай-ақ физикалық, химиялық және микробиологиялық сипаттағы ықтимал қауіптерді анықтауды қамтиды [1–3].

Зерттеудің мақсаты – тағам өнімдерінің қауіпсіздігі менеджменті жүйесінде қауіпті факторларды анықтау механизмдерін талдау және НАССР қағидастарының өндірістік тәжірибеде қолданылу ерекшеліктерін қарастыру.

Зерттеу барысында нормативтік-құқықтық құжаттарды талдау, салыстырмалы және жүйелік талдау әдістері қолданылды.

Тағам өнімдері нарығының қанығуы және дұрыс тамақтану мәдениетіне байланысты жаңа көзқарастардың қалыптасуы тұтынушылардың адам ағзасына пайдалы өнімдерге деген қатынасын өзгертуде [4]. Тағам өнімдері саласындағы ғылыми-зерттеу жұмыстары өнімдердің қауіпсіздік көрсеткіштерінің динамикасын бағалау мәселесін өзекті етті.

Тұтынушылар үшін өнімнің қауіпсіздігі мен пайдалы қасиеттері сатып алу шешіміне әсер ететін негізгі факторлардың бірі болып табылады. Осыған орай, кәсіпорындар технологиялық процестің барлық кезеңдерінде және ықтимал қауіпті жағдайлар туындауы мүмкін нүктелерде тәуекелдерді бақылауға мүмкіндік беретін НАССР жүйесін (Hazard Analysis and Critical Control Points) енгізуі қажет [5].

Критикалық бақылау нүктелері өндіріс барысында туындауы ықтимал барлық тәуекел түрлерін қамтиды және оларды арнайы бақылау шаралары арқылы болдырмауға немесе рұқсат етілетін деңгейге дейін төмендетуге мүмкіндік береді. НАССР жүйесін тиімді енгізу үшін кәсіпорын өз өнімдерін ғана емес, сонымен қатар шикізат пен көмекші материалдарды жеткізу тізбегін, көтерме және бөлшек сату кезеңдерін де жан-жақты талдауы тиіс.

Тағам қауіпсіздігін басқару жүйесін (ТҚБЖ) енгізу кезінде кәсіпорындар көбіне өндірілетін және тұтынушыға жеткізілетін өнімнің қауіпсіздігіне әсер ететін факторларды анықтауда қиындықтарға тап болады. Сондықтан осы бағытта кәсіби білім мен дағдыларды қалыптастыру айрықша маңызды.

ТҚБЖ жүйесін әзірлеу және енгізу үдерісін тиімді жүзеге асыру үшін кәсіпорынға келесі ұйымдастырушылық және басқарушылық шараларды орындау қажет [6]:

1. Ұжым мен басшылықтың қатысуы. Басшылық ұйымның саясатын айқындап, жүйені қалыптастыру мен оны тұрақты жұмыс жағдайында ұстау үшін қажетті ресурстармен қамтамасыз етуі тиіс.

2. Персоналды оқыту. ТҚБЖ талаптары бойынша қызметкерлердің біліктілігін арттыру міндетті шарт, өйткені жүйені тиімді енгізу үшін құзыретті мамандар қажет.

3. Гигиеналық жағдайды бағалау. Өндірістік ортаның тиісті санитарлық жағдайын қамтамасыз ететін іс-шараларды жүйелі түрде бағалау тағам өнімдерінің қауіпсіздік деңгейін сақтауға мүмкіндік береді.

4. Инфрақұрылымның сәйкестігін тексеру. Ғимараттар, құрылғылар, жабдықтар мен коммуникациялардың халықаралық және ұлттық стандарттар мен нормативтерге сәйкестігі бағалануы тиіс.

5. Тағам қауіпсіздігі жөніндегі топ құру. Бұл топқа тағам қауіпсіздігін басқару жүйесі, өндіріс технологиясы, жабдықтар мен мүмкін болатын қауіптер бойынша көпсалалы білім мен тәжірибеге ие мамандар кіруі қажет.

6. Қауіптер жөніндегі ақпаратты жинақтау. Тағам өнімдерін өндіру барысында туындауы ықтимал қауіптер туралы толық әрі нақты ақпарат жинау – жүйенің тиімділігін қамтамасыз етудің маңызды бөлігі.

Тағам қауіпсіздігін басқару жүйесін әзірлеу және енгізу кәсіпорынның өз күшімен немесе консалтингтік ұйымның қатысуымен жүзеге асырылуы мүмкін. Алайда жүйенің тиімді және жұмыс істейтін күйде болуы үшін кәсіпорынның жетекші мамандарының тікелей қатысуы міндетті. Тек осылай ғана толыққанды және нәтижелі менеджмент жүйесін құруға болады.

Тағам өнімдерінің қауіпсіздігін басқару жүйесін (ТҚБЖ) әзірлеу мен енгізу үдерісін шартты түрде алты негізгі кезеңге бөлуге болады:

1. Ұйымның жағдайы мен қызметін талдау (диагностикалық аудит жүргізу арқылы);
2. Персоналды даярлау;
3. ТҚБЖ құжаттамасын әзірлеу;
4. Жүйені енгізу;
5. Жүйені тексеру;
6. Жүйені сертификаттау.

Алғашқы кезеңде ұйымның ағымдағы жағдайы мен қызметі жан-жақты талданады. Бұл кезеңде диагностикалық аудит жүргізіледі, оның мақсаты — ұйымдағы тағам қауіпсіздігін басқару жүйесінің нақты жағдайын анықтау, оны алдын ала белгіленген стандарттармен салыстыру, қызметті жетілдіруді қажет ететін бағыттарды айқындау және жетілдіру бойынша іс-шаралар жоспарын құрастыру. Сонымен қатар, осы кезеңде жетіспейтін құжаттаманы әзірлеу қажеттілігі де белгіленеді.

Ұйым қызметін талдау барысында тағам қауіпсіздігі жөніндегі топ құру қажет. Топ құрамына көпсалалы білім мен тәжірибеге ие жетекші мамандар енгізіледі. Олар технологиялық үдерістерді, өндіріс жабдықтарын, өнімнің қауіпсіздігіне ықпал ететін факторларды және тәуекелдерді бағалау әдістемелерін жақсы меңгерген болуы тиіс.

Келесі маңызды кезең – персоналды даярлау. Бұл бағытта, ең алдымен, жоғары басшылық өкілдері мен негізгі қызметкерлерге арналған оқыту семинарлары мен практикалық сабақтар ұйымдастырылады. Оқыту барысында тағам қауіпсіздігін басқару жүйесіне қойылатын талаптар, стандарттар мен олардың құрылымы түсіндіріледі. Семинарларды өткізу үшін тәжірибелі сыртқы кеңесшілердің қатысуына да жол беріледі.

ТҚБЖ құжаттамасын әзірлеу жүйені құрудың ең маңызды кезеңдерінің бірі болып табылады [5-7]. Бұл кезеңде келесі құжаттар мен әдістемелер жасалады: ұйымның саясаты мен мақсаттары, жоспарлар, құжаттаманы және жазбаларды басқару рәсімдері, ішкі аудиттерді өткізу ережелері, қауіптерді талдау әдістемесі, НАССР жоспары, технологиялық процестің блок-схемалары, нұсқаулықтар, есеп және бақылау формалары және т.б. Барлық құжаттар қабылданған стандарттың талаптарына толық сәйкес болуы тиіс.

Жүйені енгізу кезеңінде стандартта көрсетілген талаптар кәсіпорынның басқару жүйесіне интеграцияланады. Бұл талаптар әкімшілік басқару процестеріне, өндірістік бақылау бағдарламаларына және өндіріс құрылымына енгізіледі.

Жүйені тексеру кезеңі тағам қауіпсіздігін басқару жүйесінің белгіленген стандарт талаптарына сәйкестік деңгейін анықтауға бағытталған. Бұл жұмыс ішкі аудит жүргізу және басшылық тарапынан талдау жасау арқылы жүзеге асырылады.

Ішкі аудит пен басшылық талдауының нәтижелері бойынша сәйкессіздіктер анықталған жағдайда, оларды жоюға бағытталған түзету шаралары әзірленіп, іске асырылады.

Жоғарыда аталған кезеңдер тағам қауіпсіздігін басқарудың барлық стандарттарына ортақ сипатта болады, алайда олардың нақты мазмұны қолданылатын стандарттың талаптарына қарай нақтыланады.

Тағам өнімдерінің қауіпсіздігін басқару жүйесі — НАССР (НАССР, Hazard Analysis and Critical Control Points) — Біріккен Ұлттар Ұйымының Азық-түлік және ауыл шаруашылығы ұйымы (FAO) мен Дүниежүзілік денсаулық сақтау ұйымы (WHO) сарапшыларының бірлескен еңбегінің нәтижесінде әзірленген халықаралық стандарттар жиынтығы болып табылады [8].

НАССР жүйесінің басты мақсаты — тағам өнімдерінің қауіпсіздігіне тікелей әсер ететін тәуекелдерді анықтап, критикалық бақылау нүктелерін (ККН) белгілеу және оларды жүйелі бақылау арқылы тұтынушы денсаулығына келетін зиянның алдын алу.

Бұл жүйе өндіріс пен жеткізу тізбегінің барлық кезеңінде тәуекелдерді алдын алу, басқару және бақылау шараларын көздейді: шикізатты, материалдарды және қаптаманы таңдаудан бастап, дайын өнімді тұтынушыға дейін жеткізуге дейінгі процесті толық қамтиды.

НАССР жүйесінің тиімділігі барлық қатысушылардың жауапкершілігіне негізделген, себебі түпкі мақсат — адам денсаулығы мен қоғамдық қауіпсіздікті қамтамасыз ету.

НАССР — тағам өнімдерінің сапасы мен қауіпсіздігін басқарудың үлгілік моделі болып табылады. Оны кәсіпорындарға енгізу өндірістік процестегі тәуекелдер туындайтын критикалық бақылау нүктелерін анықтауға және олардың теріс әсерін болдырмауға мүмкіндік береді.

Жүйе жеті негізгі қағидаға сүйеніп әзірленеді:

1. Қауіптер мен тәуекелдерді талдау жүргізу. НАССР жүйесін әзірлеу және енгізу барысында үш негізгі қауіп түрі ескеріледі: биологиялық, химиялық және физикалық.

2. Критикалық бақылау нүктелерін анықтау.

3. Критикалық шектерді белгілеу.

4. Мониторинг жүйесін әзірлеу және сертификаттау талаптарына сәйкестендіру.

5. Түзету шараларын анықтау.

6. Жүйенің верификациясын (тексеру мен дәлелдеуді) ұйымдастыру.

7. Қажетті құжаттаманы әзірлеу және сақтау.

1. НАССР жүйесін әзірлеу мен енгізу 12 кезеңнен тұрады [5-7]. Олардың негізгі мазмұны: НАССР тобын құру, өнім мен шикізатты сипаттау, өнімнің болжамды қолданылуын анықтау, технологиялық процестің блок-схемасын әзірлеу және оны өндірістік ортада верификациялау, қауіпті факторларды талдау, критикалық бақылау нүктелерін белгілеу, критикалық шектерді орнату, мониторинг жүйесін енгізу, түзету іс-шараларын әзірлеу, верификация және құжаттаманы жүргізу.

2. Алайда тәжірибе көрсеткендей, осы кезеңдердің ішінде ең жауаптысы – қауіпті факторларды дұрыс анықтау және КБН белгілеу кезеңі болып табылады [1,3]. Себебі дәл осы жерде өндірістік процестегі негізгі тәуекелдер айқындалады. Егер бұл талдау жеткіліксіз жүргізілсе, кейінгі мониторинг пен түзету шаралары формалды сипатқа ие болуы мүмкін.

3. Сондықтан НАССР жүйесінің тиімділігі тек кезеңдерді формалды орындаумен емес, олардың мазмұнын өндірістік жағдайға бейімдеп, жүйелі түрде жетілдірумен анықталады.

Қазақстандық кәсіпорындарда НАССР жүйесін енгізу барысында көбінесе кадрлық дайындық пен тәуекелдерді бағалау әдістемесінің жеткіліксіздігі негізгі қиындықтар ретінде кездеседі.

Тағам өнімдерінің қауіпсіздігін басқару жүйесін енгізу тұтынушылар үшін сенімділік пен қауіпсіздіктің жоғары деңгейін, ал ұйым персоналы үшін қолайлы жұмыс жағдайларын қамтамасыз етеді. Критикалық бақылау нүктелерін анықтау және негізгі ресурстарды оларға шоғырландыру өнімнің дайындалу кезеңінде ауытқуларды алдын алу мүмкіндігін береді

Жүйені енгізу персоналдың біліктілігін арттырады, өндірістік процестегі сәйкессіздіктер санын төмендетеді, өндіріс тиімділігін көтереді. Сонымен қатар, сәйкес келмейтін өнім үлесі азайып, ұйымның имиджі нығаяды, жаңа нарықтарға шығу және клиенттік базаны кеңейту мүмкіндігі туындайды.

Қорытындылай келе, қазіргі жағдайда тағам өнімдерін өндіруші кәсіпорындар үшін тиімді тағам қауіпсіздігін басқару жүйесін енгізу, заманауи технологиялар мен жабдықтарды қолдану, персоналды оқыту — тұрақты даму мен бәсекеге қабілеттілікті сақтаудың басты шарты болып табылады. Өндірістік бақылау бағдарламалары КБН тізімін және оларды бақылау мониторингін қамтуы тиіс, бұл өндіріс барысындағы ақаулар мен ауытқуларды дер кезінде анықтап, олардың қайталануын болдырмайды. Мемлекеттік қадағалау мен НАССР жүйелерін біріктіре отырып ғана, қазіргі жағдайда тағам объектілерінің қауіпсіздігін қамтамасыз етуге болады.

Бүгінгі таңда тағам қауіпсіздігін басқару тиімді механизмі кәсіпорынның нарықтағы орнын нығайтып, оның сенімді әрі жауапты қатысушы ретінде имиджін қалыптастырады.

### ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ:

1. Чудакова Е.А., Рыжков Е.И. ХАССП – как систематический подход к идентификации, оценке и контролю безопасности пищевых продуктов в молочной промышленности // Новые технологии. – 2015. – № 2. – с. 29-37.
2. Габдукаева Л.З., Решетник О.А. Файзулин А.М. Проблемы обеспечения внедрения методики ХАССП на отечественных предприятиях питания для обеспечения качества и безопасности производства кулинарной продукции // Вестник технологического университета. – 2015. – № 21. – с. 115-120.
3. Еделев Д.А., Матисон В.А., Прокова М.А., Будагова Е.А., Майоров М.К. Анализ опасных факторов – ключевой элемент системы ХАССП // Пищевая промышленность. – 2015. – № 2. – с. 26-29.
4. Гинойн, Р. В. Система НАССР – основная модель управления качеством и безопасностью пищевых продуктов / Р. В. Гинойн, Ф. В. Балашов // Стандарты и качество. – 2011. – № 9. – С. 93-95.
5. ҚР СТ 1179-2003 «Сапа жүйесі. НАССР қағидаттарына негізделген азық-түлік сапасын басқару. Жалпы талаптар»
6. СТ РК ISO 22000-2019 «Системы менеджмента безопасности пищевой продукции. Требования к организациям, участвующим в цепи создания пищевой продукции»
7. КО ТР 021/2011 «Тамақ өнімдерінің қауіпсіздігі туралы» Техникалық регламенті
8. Еделев, Д. А. Обращение с потенциально опасной продукцией в системе менеджмента безопасности /Д. А. Еделев и др. // Пищевая промышленность. – 2012. – № 1. – С. 384.

<https://doi.org/10.5281/zenodo.18952470>  
ӘОЖ 006:688.72

## ТЕХНИКАЛЫҚ РЕГЛАМЕНТ ТАЛАПТАРЫНА СӘЙКЕС БАЛАЛАР ОЙЫНШЫҚТАРЫН СЕРТИФИКАТТАУ

БЕЙСЕНБЕКОВА ЗАУРЕШ НАҒАШБЕКОВНА, ОРАЗГАЛИЕВ ДУМАН  
МАРАТҰЛЫ

М.Х.Дулати атындағы Тараз университетінің Технологиялық факультетінің  
студенттері

Ғылыми жетекші - **ОҢЛАБЕКОВА А.Т.**  
Тараз, Қазақстан

**Аннотация:** Мақалада балалар ойыншықтарының қауіпсіздігі мен сапасын қамтамасыз етудің негізгі тетігі терінде сертификаттау процесі қарастырылады. Өнімнің КО ТР 008/2011 «Ойыншықтардың қауіпсіздігі туралы» техникалық регламенті талаптарына сәйкестігін растаудың маңыздылығы негізделді. Материалдарға, конструктивтік сипаттамаларға және жас санаттарына қойылатын талаптар талданады. Балалар ойыншықтарын міндетті сертификаттау схемалары және оған жататын өнім түрлері сипатталады.

**Түйінді сөздер:** балалар, ойыншық, қауіпсіздік, сапа, техникалық регламент, сертификаттау.

Өнімді сертификаттау – оның белгіленген стандарттар мен нормативтік талаптарға сәйкестігін құжат арқылы растау процесі. Балалар ойыншықтары саласы ерекше назарды талап етеді, өйткені олардың сапасы мен қауіпсіздігі балалардың денсаулығы мен өміріне тікелей әсер етеді. Мемлекеттік стандарттар мен нормалар қауіпті және сапасыз өнімдерден ішкі нарықты қорғауға бағытталған, бұл балалар тауарларының маңыздылығында айрықша рөл атқарады. Бұл мақалада қолданыстағы нормативтік актілер мен регламенттерге сәйкес балалар ойыншықтарын сертификаттау мәселелері егжей-тегжейлі қарастырылады, сондай-ақ материалдар мен конструктивтік ерекшеліктерге қойылатын міндетті талаптар талданады.

Жұмыстың мақсаты – балалар ойыншықтарын сертификаттау процесін талдау, оның ішінде өнімнің қауіпсіздігіне, жас ерекшеліктеріне және материалдарға қойылатын талаптарды қарастыру. Сонымен қатар, негізгі сертификаттау схемаларын және олардың ерекшеліктерін сипаттау арқылы балалар мен олардың ата-аналарын адал емес өндірушілерден қорғау міндеті қойылады. Бұл жұмыс адал емес өндірушілерден балалар мен олардың ата-аналарын қорғауға бағытталған.

Зерттеу барысында нормативтік-құқықтық құжаттарды талда және салыстырмалы әдіс қолданылды. Зерттеуде Қазақстан Республикасының нормативтік-құқықтық актілері мен халықаралық техникалық регламенттерге негізделген деректер пайдаланылды. Атап айтқанда: «Техникалық реттеу туралы» ҚР Заңы; 008/2011 «Ойыншықтар қауіпсіздігіне қойылатын талаптар» КО техникалық регламенті; ҚР СТ 1180-2016 «Балалар мен жасөспірімдерге арналған өнімдердің қауіпсіздігіне қойылатын жалпы талаптар». Материалдарға қойылатын талаптар, сертификаттау кезеңдері мен оның негізгі схемалары сарапталды. Әдістер ретінде нормативтік құжаттарды талдау, салыстырмалы зерттеу және қауіпсіздік талаптарына сәйкестікті бағалау әдістері қолданылды.

Зерттеу нәтижесінде балалар ойыншықтарының сапасы мен қауіпсіздігін қамтамасыз етудің негізгі механизмдері анықталды. Сертификаттау өнімнің белгілі бір талаптарға сай екендігін сертификат арқылы дәлелдейтін шаралар кешені болып табылады. Сертификаттауды енгізу ішкі нарықты қолайсыз және сапасыз өнімдерден қорғау қажеттілігімен байланысты болды [1,2]. Қауіпсіздік, денсаулықты қорғау және қоршаған

орта мәселелері заң шығарушы органдарды бір жағынан өндірушіге (жеткізушіге, сатушыға және т.б.) сапасыз өнімдерді нарыққа енгізгені үшін жауапкершілік жүктеуге, екінші жағынан өнімнің нарыққа шығуы үшін минималды талаптарды белгілеуге мәжбүр етті.

Офлайн дүкендер мен маркетплейстер балаларға арналған ойыншықтардың кең ассортиментін ұсынады: жұмсақ ойыншықтар мен пластикалық сылдырмақтардан бастап күрделі конструкторлар мен мини-двигательдері бар технологиялық модельдерге дейін. Бұл сала әрдайым сұранысқа ие болғанымен, балалардың өмірі мен денсаулығына қауіп төндіруі мүмкін. Себебі сапасыз және зиянды материалдардан жасалған ойыншықтар балаға зиян келтіруі ықтимал. Жас ұрпақты осындай өндірушілерден қорғау мақсатында мемлекет тарапынан арнайы стандарттар енгізіліп, қауіпсіз балалар тауарларының нарыққа шығуы қамтамасыз етіледі. Балалар ойыншықтары үшін сертификаттау қажет пе? Әрине, себебі рұқсат құжатының болмауы сатушылар үшін үлкен айыппұлдарға және басқа да әкімшілік жазаға әкелуі мүмкін.

Балалар ойыншықтарының қауіпсіздігі мен сапасын тексеру 008/2011 КО ТР техникалық регламенті аясында жүзеге асырылады [3]. Бұл нормативтік құжат 14 жасқа дейінгі балаларға арналған материалдар мен өнімдерге қойылатын стандарттарды егжей-тегжейлі сипаттайды. КО ТР-ның негізгі мақсаты – жас ұрпақтың өмірі мен денсаулығын қорғау және ата-аналар мен балалармен жұмыс істейтін басқа тұлғалардың қауіпсіздігін қамтамасыз ету. Құжатта сертификатталуға жататын ойыншықтар мен оларға қойылатын талаптар көрсетілген. Заңнамалық талаптарға сәйкес міндетті рұқсат құжаттарын алу балалар тауарларының сапасы мен мақсаты туралы тұтынушыларды жаңылыстыратын жағдайлардың алдын алу мақсатында енгізілген.

Ойыншықтарды жіктеудің негізгі критерийі – олардың балалардың жас санатына сәйкес болуы [4]. Мысалы, үш жасқа дейінгі балалар заттарды дәмін татып көруге бейім, сондай-ақ бұл жаста олардың тістері шыға бастайды. Сондықтан үш жасқа дейінгі балаларға арналған өнімдерге қосымша сынақтар қарастырылған, олар шырышты қабықтың қауіпсіздігін қамтамасыз етуге бағытталған.

Жас ерекшеліктері бойынша ойыншықтарды келесі үш негізгі топқа бөлу ұсынылады:

- бөбектерге арналған (3 жасқа дейін);
- мектепке дейінгі (3-6 жас);
- мектеп жасындағы (6-14 жас).

Ойыншықтардың жас ерекшеліктеріне бөлінуі балалардың даму деңгейімен және олардың қоршаған әлемге деген қызығушылығымен анықталады. Мысалы, үлкен көлемді ойыншықтар кішкентай балаларға жарамайды, ал бизиборды мектеп жасындағы балаларға қызықсыз болуы мүмкін.

Ойыншықтар материалдарына қарай да бөлінеді, олар келесі түрлерде болуы мүмкін: ағаш;металл;резина;керамика;пластмасса; қағаз;жасанды мех;картон.

Ойыншықтардың ассортименті педагогикалық мақсаттарға сәйкес әртүрлі болады: дыбыстық дамытуды, ұсақ моториканы жетілдіруді, коммуникативтік немесе тұрмыстық дағдыларды қалыптастыруды және т.б. [5]. Сонымен қатар, ойыншықтардың сертификациялануы қажет екендігін анықтайтын бірнеше топтар бар:

- жұмсақ ойыншықтар;
- балалардың салмағын көтеруге арналған ойыншықтар, бірақ қозғалыс үшін пайдаланылмайтындар (мысалы, тербелістер);
- жануарларды бейнелейтін заттар;
- адамдарды бейнелейтін бұйымдар;
- жинақталатын модельдер (конструктор);
- балаларды қозғалтуға арналған құралдар, олардың салмағын көтеретіндер, мысалы, велосипедтер мен самокаттар;
- үстел ойындары мен баспа өнімдері;
- оптикалық заттар (мысалы, калейдоскоптар);

- тамақ өнімдеріндегі ойыншықтар (мысалы, киндер-сюрприздегі ойыншықтар);
- карнавальды бұйымдар;
- электрлік қозғалтқышы бар қозғалыс құралдары (электромобильдер);
- химиялық элементтерді қосатын жинақтар, бірақ тәжірибелерге арналған жинақтардан басқа.

Балалар ойыншықтарын сертификациялау кезінде белгілі бір түрлері немесе олардың құрамдас бөліктері 008/2011 КО техникалық регламентінен басқа да нормативтерге сәйкес болуы мүмкін екенін ескеру қажет. Мысалы, электромобиль зарядтау құрылғысымен жабдықталған, сондықтан оны қосымша 004/2011 КО техникалық регламенті талаптарына сәйкес қабылдау құжатын алуды қажет етеді, мұнда төмен кернеулі жабдықтардың қауіпсіздігіне қатысты талаптар бар, сондай-ақ 020/2011 КО ТР-нің пункттері де есепке алынуы тиіс.

Негізгі талап – бұл балалар өнімдерін жобалау, өндіру және тігу, оларды пайдалану кезінде өмірге, денсаулыққа қауіп төндірмейтіндей етіп жасау. Пайдаланылған материалдар мен конструктивті сипаттамаларға ерекше назар аударылады. Ойыншықтар балалардың жас ерекшеліктеріне сәйкес болуы керек, сондай-ақ олардың физикалық және ақыл-ой дамуына жауап беруі тиіс. Мысалы, үш жасқа дейінгі балаларға арналған ойыншықтар былғарыдан, мөхтан, әйнектен, фарфордан немесе жүнді материалдардан жасалмауы керек. Мұндай ойыншықтарда екінші реттік шикізат (қолданылған заттардан) пайдалануға болмайды, бұл бірінші қауіп класты химиялық элементтердің көші-қонын болдырмау үшін жасалады. Тек өз өндірісінің қалдықтары ғана пайдалануға болады. Бұдан басқа, мұндай ойыншықтардың беті ылғалды ортаға төзімді болуы керек.

Балалар ойыншықтарын сертификаттау – нарыққа түсетін өнімдердің сапасы мен қауіпсіздігін бақылаудың маңызды кезеңі. Белгіленген стандарттарды сақтау және оны растайтын сертификаттардың болуы балаларды зиянды әсерлерден және сапасыз өнімдерден қорғауға кепілдік береді. Материалдарды, конструктивтік ерекшеліктерді және жас талаптарын егжей-тегжейлі реттеу ойыншықтардың сапасын бақылаудың сенімді жүйесін құруға мүмкіндік береді. Қазіргі сертификаттау схемалары мен қолданыстағы регламенттер жас ұрпақтың денсаулығын қорғауға ғана емес, сондай-ақ балалар тауарларын өндірушілер мен жеткізушілерге тұтынушылардың сенімін нығайтуға ықпал етеді.

#### ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ:

1. Қазақстан Республикасының «Техникалық реттеу туралы» Заңы.
2. Асқаров, Е.Б. Сертификация негіздері: оқу құралы. – Алматы: Қазақ университеті, 2018.
3. КО ТР 008/2011 «Ойыншықтар қауіпсіздігіне қойылатын талаптар» техникалық регламенті
4. ҚР СТ 1180-2016 «Балалар мен жасөспірімдерге арналған өнімдердің қауіпсіздігіне қойылатын жалпы талаптар».
5. Нургалиева, Г.К. Балаларға арналған өнімдердің қауіпсіздігі мен сапасын қамтамасыз ету // «Өндірістік және өнімдік сертификаттау». –2021. –№5.

<https://doi.org/10.5281/zenodo.18952579>  
УДК 327.8

## ТЕХНО-ДИПЛОМАТИЯ В ЭРУ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

**ДИНА СЕРИКОВА**

магистрант Евразийского национального университета имени Л.Н. Гумилева  
Астана, Казахстан

**КУЛПАШ ИЛЬЯСОВА**

кандидат исторических наук, профессор  
Евразийского национального университета имени Л.Н. Гумилева  
Астана, Казахстан

---

***Аннотация.** Стремительное распространение искусственного интеллекта (ИИ) превратило технологическую повестку из периферийного направления инновационной политики в ключевой элемент геополитического планирования. В отличие от предыдущих технологических волн, ИИ одновременно влияет на военную сферу, экономическую конкурентоспособность, социальное управление и идеологические основания власти. В статье техно-дипломатия концептуализируется как структурообразующий компонент современной внешней политики. Анализ проводится на нормативном, стратегическом и институциональном уровнях. Выявляются основные акторы и модели управления ИИ, а также рассматриваются последствия его развития для стратегической стабильности и глобального экономического неравенства. Делается вывод о переходе от реактивного регулирования к режимам постоянного управления рисками.*

***Ключевые слова:** искусственный интеллект, техно-дипломатия, глобальное управление, стратегическая стабильность, технологии и власть*

---

В начале XXI века технологии всё чаще выступают не фоновым, а определяющим элементом международных отношений. Среди них искусственный интеллект занимает особое место благодаря своей универсальности и способности к масштабированию. ИИ перестал быть исключительно объектом научных исследований или инструментом повышения экономической эффективности. Он превратился в фактор, оказывающий прямое влияние на распределение власти, формы политического контроля и стратегическое поведение государств.

В отличие от предыдущих технологических революций — индустриальной автоматизации, информационных технологий или интернета, — ИИ обладает межсекторным характером. Он применяется одновременно в оборонной сфере, экономике, государственном управлении, медиа и социальной политике. Это означает, что технологическое преимущество в области ИИ конвертируется не в одном, а сразу в нескольких измерениях силы, усиливая асимметрии между государствами.

Кроме того, ИИ изменяет темп политических процессов. Алгоритмические системы ускоряют анализ информации и принятие решений, сокращая временные горизонты стратегического планирования. В результате традиционные механизмы дипломатического реагирования всё чаще оказываются запаздывающими, что требует пересмотра самой логики внешнеполитического взаимодействия.

Понятие техно-дипломатии используется для описания совокупности дипломатических практик, направленных на управление технологическими процессами в международной среде. В условиях развития ИИ техно-дипломатия приобретает качественно новое значение и выходит за рамки узкоспециализированных переговоров по вопросам науки и техники.

С аналитической точки зрения техно-дипломатию в сфере ИИ целесообразно рассматривать как многоуровневую категорию, включающую нормативное, стратегическое и институциональное измерения.

Нормативное измерение техно-дипломатии охватывает процессы формирования правил, стандартов и принципов разработки и применения искусственного интеллекта в международной среде. В центре данного измерения находятся вопросы алгоритмической этики, недискриминации, прозрачности, подотчётности и распределения ответственности за автоматизированные решения. В отличие от традиционных международных режимов, нормативное регулирование ИИ формируется в условиях высокой технологической динамики, фрагментации знаний и отсутствия устоявшихся практик.

Ключевая особенность нормативного управления ИИ заключается в том, что оно опережает формирование стабильных технических и социальных консенсусов. Нормы зачастую разрабатываются в ситуации неопределённости относительно долгосрочных последствий применения алгоритмических систем. Это затрудняет кодификацию универсальных правил и приводит к доминированию «мягких» форм регулирования — рекомендаций, руководящих принципов и добровольных кодексов поведения.

Нормативное лидерство в сфере ИИ постепенно превращается в форму структурной власти. Государства и региональные объединения, задающие стандарты, получают возможность экспортировать собственные ценностные установки и управленческие модели. Принятие внешними акторами таких стандартов формирует асимметричную зависимость, поскольку адаптация к нормативным требованиям требует институциональных, финансовых и технологических ресурсов. В этом смысле нормы ИИ функционируют не только как механизм регулирования, но и как инструмент перераспределения власти в международной системе.

Важно отметить, что нормативная конкуренция разворачивается не только вокруг технических стандартов, но и вокруг фундаментальных представлений о допустимых границах алгоритмического контроля, роли государства и соотношении безопасности и индивидуальных прав. Таким образом, нормативное измерение техно-дипломатии отражает более широкие идеологические и политические расхождения между ведущими акторами мировой политики.

### **Стратегическое изменение техно-дипломатии**

На стратегическом уровне искусственный интеллект рассматривается как один из ключевых элементов национальной мощи. Его значение сопоставимо с традиционными инструментами сдерживания, поскольку ИИ оказывает прямое влияние на военное планирование, разведывательную деятельность, кибероперации и информационное воздействие. В отличие от классических вооружений, ИИ не является изолированным средством силы, а встраивается в существующие военные и политические структуры, усиливая их эффективность.

ИИ расширяет спектр инструментов стратегического влияния, позволяя государствам осуществлять давление ниже порога открытого вооружённого конфликта. Алгоритмические системы используются для анализа больших массивов данных, прогнозирования поведения противника, оптимизации операций и ведения информационного противоборства. Это усиливает так называемые «серые зоны» международной конкуренции, в которых действия государств остаются формально ниже уровня, требующего применения традиционных механизмов сдерживания или коллективной безопасности.

С аналитической точки зрения стратегическое значение ИИ связано также с ускорением темпа принятия решений. Автоматизация анализа и прогнозирования сокращает время, доступное для политического и дипломатического вмешательства, что повышает риск непреднамеренной эскалации. В этих условиях техно-дипломатия сталкивается с задачей выработки новых механизмов доверия, транспарентности и коммуникации, адаптированных к алгоритмической логике принятия решений.

Таким образом, стратегическое измерение техно-дипломатии отражает переход от классического понимания силы к более сложной, гибридной модели, в которой технологии, информация и скорость становятся ключевыми переменными.

#### **Институциональное измерение техно-дипломатии**

Институциональное измерение связано с адаптацией дипломатических и управленческих структур к технологической реальности, формируемой развитием ИИ. Традиционные дипломатические институты, ориентированные на межгосударственные переговоры и договорные форматы, всё чаще оказываются недостаточно гибкими для управления быстро меняющейся технологической средой.

В ответ на эти вызовы формируются новые институциональные практики: специализированные подразделения по вопросам технологий, должности цифровых и технологических посланников, межведомственные координационные механизмы, объединяющие внешнеполитические, оборонные и научно-технические ведомства. Дипломатия всё чаще требует технической экспертизы, что трансформирует профессиональный профиль дипломатического корпуса и усиливает роль экспертов и консультантов.

Институциональные изменения также отражают сдвиг от разовых соглашений к процессуальным формам управления. Техно-дипломатия в сфере ИИ всё в большей степени ориентирована на постоянный мониторинг рисков, обмен информацией и адаптацию правил, а не на заключение универсальных и жёстко закреплённых договоров.

В совокупности нормативное, стратегическое и институциональное измерения указывают на то, что техно-дипломатия в сфере ИИ выступает не вспомогательной, а системообразующей практикой современной внешней политики.

#### **Основные акторы и конкуренция моделей управления искусственным интеллектом**

Современная техно-дипломатическая среда формируется под влиянием нескольких ключевых акторов, каждый из которых продвигает собственную модель управления искусственным интеллектом. Эти модели отражают не только различия в технологическом потенциале, но и более глубокие расхождения в политических приоритетах, институциональных традициях и представлениях о соотношении государства, рынка и общества.

**Соединённые Штаты** ориентированы на инновационно-рыночную модель, в которой ведущую роль играют частные технологические корпорации. Государство выполняет функцию стратегического координатора, обеспечивая финансирование исследований, защиту интеллектуальной собственности и контроль над критическими технологиями. Техно-дипломатия США тесно связана с формированием союзнических технологических сетей и ограничением доступа конкурентов к ключевым компонентам ИИ-экосистемы.

**Китай** развивает государственно-центричную модель, в рамках которой ИИ интегрирован в систему социального управления и долгосрочного национального планирования. В этой парадигме ИИ рассматривается как инструмент укрепления суверенитета, внутренней стабильности и стратегической автономии. Техно-дипломатия Китая направлена на продвижение альтернативных стандартов и снижение зависимости от западных технологических цепочек.

**Европейский союз** делает ставку на регуляторное лидерство. ЕС стремится компенсировать относительное технологическое отставание нормативным влиянием, формируя правовые рамки, которые становятся де-факто глобальными стандартами. Экспорт регуляторных норм позволяет ЕС оказывать структурное влияние на развитие ИИ за пределами собственных границ.

**Организация Объединённых Наций** выступает универсальной платформой для обсуждения принципов использования ИИ и выработки общих подходов. Однако её роль

ограничена отсутствием механизмов принуждения и устойчивого консенсуса между ведущими державами, что снижает эффективность универсальных инициатив.

Конкуренция между этими акторами отражает не только борьбу за технологическое превосходство, но и более глубокое противостояние управленческих и идеологических моделей. В этом контексте техно-дипломатия становится пространством, где сталкиваются альтернативные представления о будущем международного порядка и роли технологий в нём.

### **Искусственный интеллект и стратегическая стабильность**

Одним из наиболее чувствительных аспектов техно-дипломатии является влияние ИИ на стратегическую стабильность. Алгоритмизация военного анализа и развитие автономных систем вооружений радикально меняют условия принятия решений в кризисных ситуациях.

ИИ сокращает время между обнаружением угрозы и реакцией на неё, снижая пространство для политического манёвра и дипломатического вмешательства. Это повышает риск непреднамеренной эскалации, особенно в условиях недостаточной транспарентности и доверия между государствами.

С аналитической точки зрения возникает парадокс: ИИ может одновременно повышать эффективность сдерживания и подрывать его устойчивость. В этих условиях возрастает значение мер доверия, обмена информацией и выработки процедур взаимодействия между государствами, использующими автономные и алгоритмические системы. ИИ влияет не только на стратегическую стабильность, но и на саму природу конфликтности. Алгоритмические технологии расширяют возможности ведения конкуренции ниже порога вооружённого конфликта, включая кибероперации, информационное воздействие и экономическое давление.

Это приводит к размыванию границы между миром и войной и усложняет применение международного гуманитарного права. Техно-дипломатия в этой сфере сталкивается с необходимостью адаптации правовых и политических инструментов к новым формам противоборства, не подпадающим под традиционные категории.

С аналитической точки зрения ИИ способствует формированию **перманентной низкоинтенсивной конкуренции**, в которой дипломатия, технологии и безопасность оказываются тесно переплетены.

### **Экономическое измерение техно-дипломатии**

Экономическое измерение ИИ связано с перераспределением ресурсов и усилением глобального неравенства. Данные, вычислительные мощности и полупроводниковая инфраструктура становятся стратегическими активами, доступ к которым ограничен.

Формируется технологическая зависимость стран, не обладающих собственными ИИ-экосистемами. Это усиливает асимметрии в мировой экономике и ограничивает возможности развития государств «второго круга».

В результате техно-дипломатия всё чаще используется для защиты цепочек поставок, контроля экспорта технологий и формирования технологических альянсов. Экономическая дипломатия и промышленная политика всё теснее переплетаются с вопросами безопасности. Особенностью ИИ-дипломатии является возрастание роли негосударственных акторов. Транснациональные корпорации, исследовательские центры и платформы обладают ресурсами, сопоставимыми с государственными, и активно участвуют в формировании норм и стандартов.

Это приводит к размыванию классической межгосударственной дипломатии и формированию многостейкхолдерных режимов управления. Вместе с тем возрастает риск подмены публичных интересов корпоративными, особенно в условиях дефицита государственного контроля и экспертизы.

Для аналитиков это означает необходимость смещения фокуса с государств как единственных акторов на более широкие технологические экосистемы.

### **Сценарии развития международной техно-дипломатии**

В среднесрочной перспективе возможны три сценария развития международной ИИ-среды.

Первый сценарий предполагает **фрагментацию**, при которой формируются конкурирующие технологические блоки с несовместимыми стандартами.

Второй сценарий — **ограниченная координация**, основанная на минимальных правилах безопасности при сохранении стратегического соперничества.

Третий сценарий — **нормативная конвергенция**, предполагающая постепенное сближение подходов под давлением глобальных рисков.

В долгосрочной перспективе развитие ИИ и техно-дипломатии будет способствовать дальнейшей трансформации международной системы. Вероятно усиление роли технологических коалиций, рост значения нормативного влияния и снижение эффективности традиционных механизмов сдерживания.

ИИ также может усилить стратификацию мировой политики, закрепляя и воспроизводя существующие иерархии. В то же время он создаёт новые окна возможностей для государств и акторов, способных интегрироваться в глобальные технологические цепочки.

С аналитической точки зрения ключевым вызовом становится не столько контроль над конкретными технологиями, сколько управление их системными эффектами.

### **Заключение**

В эпоху искусственного интеллекта техно-дипломатия становится ключевым механизмом перераспределения глобальной власти. Она требует синтеза внешней политики, науки, экономики и безопасности и смещает акцент с договорных форм к процессам постоянного управления рисками.

ИИ не отменяет дипломатию как институт, но радикально трансформирует её логику — от реактивной к превентивной, от юридической к технологически обусловленной. Именно в этой трансформации формируется новая архитектура международных отношений.

## ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Allison, G. (2017). *Destined for war: Can America and China escape Thucydides's trap?* Houghton Mifflin Harcourt.
2. Binns, R. (2018). Fairness in machine learning: Lessons from political philosophy. *Proceedings of Machine Learning Research*, 81, 1–11.
3. Broeders, D., & Prenio, J. (2018). Innovation governance in an open world: AI and the geopolitics of technology. *Global Policy*, 9(4), 1–7. <https://doi.org/10.1111/1758-5899.12615>
4. Crootof, R. (2015). The killer robots are here: Legal and policy implications. *Cardozo Law Review*, 36(5), 1837–1915.
5. Deibert, R. (2020). *Reset: Reclaiming the internet for civil society*. House of Anansi Press.
6. Farrell, H., & Newman, A. L. (2019). Weaponized interdependence: How global economic networks shape state coercion. *International Security*, 44(1), 42–79. [https://doi.org/10.1162/isec\\_a\\_00351](https://doi.org/10.1162/isec_a_00351)
7. Floridi, L., Cowls, J., Beltrametti, M., et al. (2018). AI4People—An ethical framework for a good AI society. *Minds and Machines*, 28(4), 689–707. <https://doi.org/10.1007/s11023-018-9482-5>
8. Horowitz, M. C. (2018). Artificial intelligence, international competition, and the balance of power. *Texas National Security Review*, 1(3), 37–57.
9. Kello, L. (2017). *The virtual weapon and international order*. Yale University Press.
10. Nye, J. S. (2011). *The future of power*. PublicAffairs.
11. Scharre, P. (2018). *Army of none: Autonomous weapons and the future of war*. W. W. Norton.
12. Schmitt, M. N. (Ed.). (2017). *Tallinn manual 2.0 on the international law applicable to cyber operations*. Cambridge University Press.
13. Stone, P., Brooks, R., Brynjolfsson, E., et al. (2016). *Artificial intelligence and life in 2030*. Stanford University.
14. Zuboff, S. (2019). *The age of surveillance capitalism*. PublicAffairs.
15. Risse, T. (2013). Transnational actors and world politics. In W. Carlsnaes, T. Risse, & B. A. Simmons (Eds.), *Handbook of international relations* (2nd ed., pp. 426–452). Sage.

<https://doi.org/10.5281/zenodo.18952661>  
УДК 625.7/.8

## К ВОПРОСУ ДОРОЖНО-КЛИМАТИЧЕСКОГО ЗОНИРОВАНИЯ КАЗАХСТАНА НА ПРИМЕРЕ V КЛИМАТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ

**КУЛБАЕВ Е.Ш.**

ALT Университет имени Мухамеджана Тынышпаева,  
Алматы, Казахстан.

**БАРАТОВА Т.С., БОНДАРЬ И.С.**

Казахский автомобильно-дорожный институт имени Л.Б.Гончарова (КазАДИ),  
Алматы, Казахстан;

---

***Аннотация.** Данная работа содержит краткий обзор различных подходов к применению климатических особенностей в разных странах мира. В исследованиях, связанных с картированием климатических параметров, особое внимание уделяется учёту климатических характеристик Казахстана при составлении карт минимальных и максимальных температур воздуха. Представлены результаты сравнения климатической карты минимумов температуры, полученной на базе данных метеорологической службы страны, а также данных, полученных со станций измерения температуры и влажности в точках дорожных конструкций. Первый анализ охватывает временной промежуток 2006–2011 годов, тогда как второй – касается только одного зимнего сезона 2021–2022 годов. Значительные отличия между экстремальными температурами воздуха, зафиксированными за длительный срок и за отдельный зимний период, позволяют сделать вывод о необходимости повторных измерений с использованием датчиков температуры и влажности в течение следующих пяти лет.*

***Ключевые слова:** Климат, климатическая карта, зимний период, минимальная температура воздуха, измерительные комплексы, датчики температуры и влажности.*

---

## ON THE ISSUE OF ROAD AND CLIMATIC ZONING OF KAZAKHSTAN ON THE EXAMPLE OF THE V CLIMATIC ZONE

**КУЛБАЕВ Е.Ш.**

ALT Mukhamedzhan Tynyshpayev University,  
Almaty, Kazakhstan.

**БАРАТОВА Т.С., БОНДАРЬ И.С.**

Kazakh Automobile and Road Institute named after L.B. Goncharov (KazADI),  
Almaty, Kazakhstan;

---

***Abstract.** This paper provides a brief overview of various approaches to the application of climatic characteristics in different countries around the world. In studies related to the mapping of climatic parameters, particular attention is paid to taking into account the climatic characteristics of Kazakhstan when compiling maps of minimum and maximum air temperatures. The results of a comparison of the climate map of minimum temperatures obtained from the country's meteorological service database and data obtained from temperature and humidity measuring stations at road construction sites are presented. The first analysis covers the period from 2006 to 2011, while the second covers only the winter season of 2021–2022. Significant differences between extreme air temperatures recorded over a long period and during a single winter period suggest the need for repeated measurements using temperature and humidity sensors over the next five years.*

**Keywords:** *Climate, climate map, winter period, minimum air temperature, measuring complexes, temperature and humidity sensors.*

## У КЛИМАТТЫҚ АЙМАҚ МЫСАЛЫНДА ҚАЗАҚСТАННЫҢ ЖОЛ-КЛИМАТТЫҚ АЙМАҚТАРҒА БӨЛУ МӘСЕЛЕСІНЕ

**КУЛБАЕВ Е.Ш.**

АЛТ Мұхамеджан Тынышпаев атындағы Университет,  
Алматы, Қазақстан.

**БАРАТОВА Т.С., БОНДАРЬ И.С.**

Л. Б. Гончаров атындағы Қазақ автомобиль-жол институты (ҚазАДИ),  
Алматы, Қазақстан;

**Аңдатпа.** Бұл жұмыс әлемнің әртүрлі елдерінде климаттық ерекшеліктерді қолданудың әртүрлі тәсілдеріне қысқаша шолу жасайды. Климаттық параметрлерді картаға түсіруге байланысты зерттеулерде ауаның ең төменгі және ең жоғары температураларының карталарын жасау кезінде Қазақстанның климаттық сипаттамаларын есепке алуға ерекше назар аударылады. Елдің метеорологиялық қызметінің деректері негізінде алынған температура минимумдарының Климаттық картасын, сондай-ақ жол құрылымдарының нүктелеріндегі температура мен ылғалдылықты өлшеу станцияларынан алынған деректерді салыстыру нәтижелері ұсынылған. Бірінші талдау 2006-2011 жылдар аралығын қамтиды, ал екіншісі 2021-2022 жылдардағы бір ғана қысқы маусымға қатысты. Ұзақ уақыт бойы және жеке қысқы кезеңде тіркелген экстремалды ауа температурасы арасындағы айтарлықтай айырмашылықтар келесі бес жыл ішінде температура мен ылғалдылық датчиктерін пайдаланып қайта өлшеу қажеттілігі туралы қорытынды жасауға мүмкіндік береді.

**Түйінді сөздер:** Климат, климаттық карта, қыс мезгілі, минималды ауа температурасы, өлшеу кешендері, температура мен ылғалдылық датчиктері.

### Введение

Проектирование, строительство и эксплуатация автомобильных дорог в значительной степени зависят от природных условий региона. Эти условия определяются набором климатических факторов с учетом деления территории Республики Казахстан на три дорожно-климатические зоны.

Республика Казахстан обладает обширной территорией и разнообразными климатическими условиями, включая резкие колебания температур от очень жаркого лета до холодных зим, а также значительные изменения влажности от засушливых до влажных районов. Кроме того, в стране встречаются различные типы грунтов – от песчаных до глинистых и засоленных. Все эти факторы оказывают значительное влияние на состояние дорожного покрытия, земляного полотна и инженерных сооружений, что приводит к преждевременному износу дорог, образованию трещин, выбоин и колеиности; разрушению покрытия из-за циклов замораживания и оттаивания, температурных деформаций и пучения; снижению несущей способности дорог в результате переувлажнения грунтов; а также увеличению затрат на содержание и ремонт из-за необходимости частых восстановительных работ на автомобильных дорогах Казахстана [1].

Существующие нормы и стандарты в дорожной отрасли предлагают нам методику расчета дорожных конструкций с учетом упрощенного, но устаревшего подхода для учета водно-теплового режима грунтов земляного полотна режима (рабочего слоя конструкции см. рис. 1).

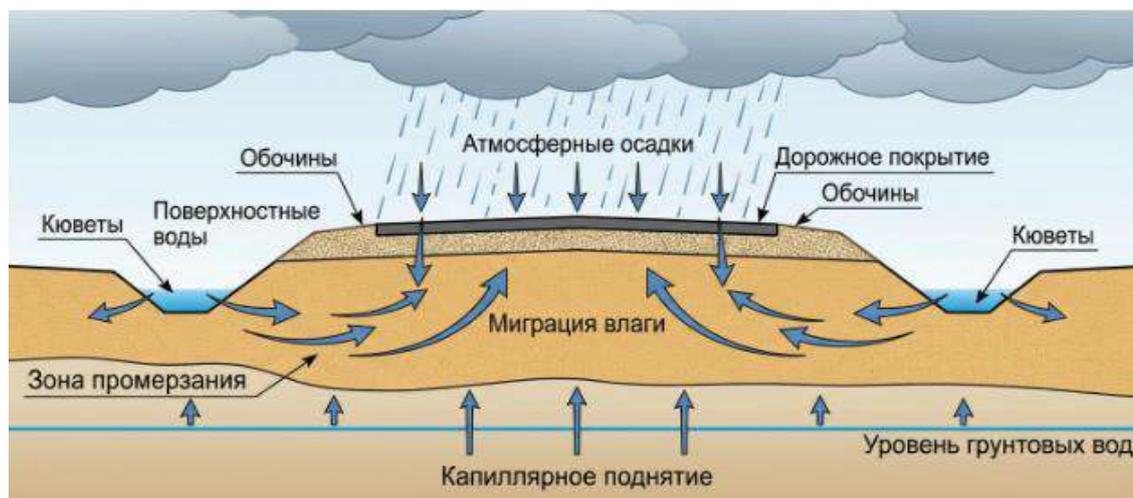


Рисунок 1 – Источники увлажнения земляного полотна

Прочностные характеристики грунтов основания (модуль упругости, угол внутреннего трения, сцепление) принимаются исходя из грубого географического – местоположения дорожно-климатической зоны ДКЗ и схемы увлажнения, которая учитывает геометрическое положение дорожной конструкции относительно источников увлажнения (все три первая - сухая и атмосферные осадки, вторая - учитывает атмосферные осадки и влияние поверхностных вод, третья - учитывает атмосферные осадки и влияние грунтовых вод).

В соответствии с нормативами, именно по границам ДКЗ определяется многолетняя расчётная влажность активной зоны дорожной конструкции. Однако, как видно на рисунке 1, по нормам осадков и испаряемости отсутствуют существенные различия между такими городами, как Атырау – Актобе, Кызылорда – Тараз, Актобе – Усть-Каменогорск, Усть-Каменогорск – Костанай. Согласно нормативам [2], многолетние расчётные значения влажности для этих пар городов идентичны. Это указывает на то, что существующее климатическое районирование по ДКЗ недостаточно точно отражает современные природные условия и требует актуализации с использованием современных метеорологических и спутниковых данных. Например, спутниковый снимок 2025 года, опубликованный на сайте РГП «КазГидроМет», предоставляет аграриям Казахстана данные по индексу NDVI. Этот материал демонстрирует, что районирование территорий по степени увлажнения обладает гораздо большей детализацией и широтой, чем ранее предполагалось. NDVI - «Нормализованный вегетационный индекс», характеризующий плотность растительности по спектральным характеристикам, сделанный со спутника, для определения участков с недостаточным или избыточным увлажнением (рис. 2).



NDVI (Normalized Difference Vegetation Index)

Рисунок 2 – Нормализованный вегетационный индекс (NDVI)

На карте почвенно-географического районирования Республики Казахстан (рис. 3) представлены почвенные регионы, формирование которых напрямую связано с многолетними условиями увлажнения грунтов.

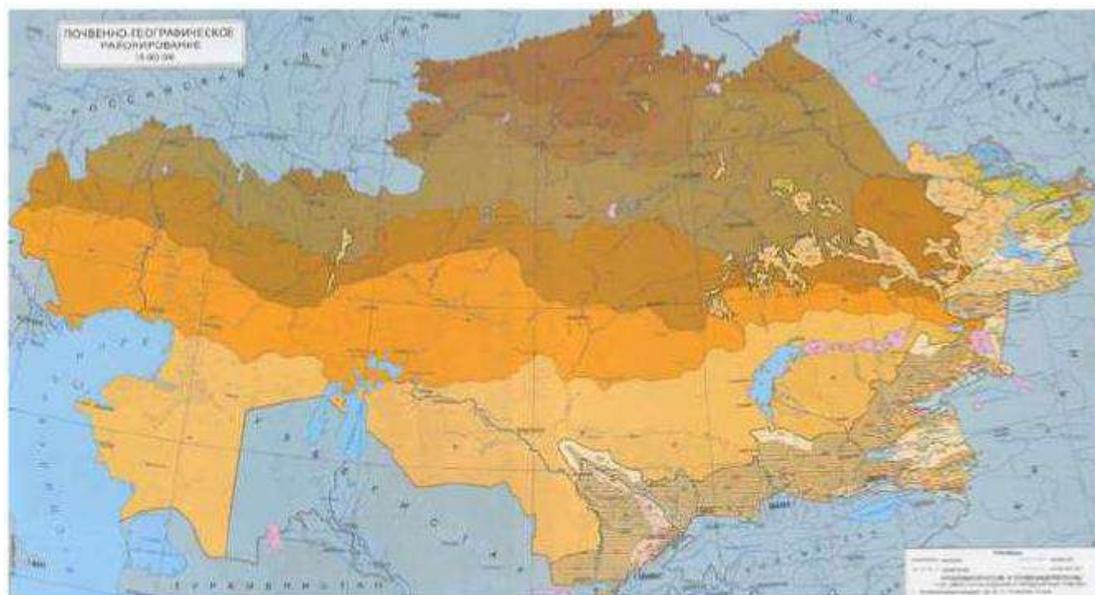


Рисунок 3 – Почвенно-географическое районирование Республики Казахстан

Мировой опыт в области учета характеристик грунтов оснований автомобильных дорог отражён в нормативных документах, директивах и руководствах ряда стран, таких как Беларусь, Украина, Китай, Германия и США [3-10]. В этих странах осуществляется комплексный подход к дифференциации территорий для целей проектирования автодорог с учётом геологических и климатических особенностей. В Российской Федерации также применяется системный подход, предусматривающий обязательный учёт региональных природно-климатических условий. Это особенно актуально для таких территорий, как Дальний Восток, Западная и Восточная Сибирь, Архангельская и Астраханская области, а также других регионов со сложными инженерно-геологическими условиями [11].

Из вышеизложенного авторами предлагается провести исследования целью которого станет научно обоснованная система дорожно-климатического районирования территории Республики Казахстан, учитывающая специфику климатических условий и их влияние на состояние автомобильных дорог [12-14].

Предлагаемые задачи исследования включают: сбор и анализ климатических данных, а также систематизацию информации о температуре воздуха и грунта, влажности, осадках, ветре, глубине промерзания грунта и других климатических параметрах по всей территории Казахстана. Кроме того, необходимо изучить влияние климатических факторов на состояние дорог и проанализировать закономерности воздействия климатических условий на разрушение дорожного покрытия, земляного полотна и инженерных сооружений. Также планируется определить критерии для дорожно-климатического районирования и разработать систему критериев, учитывающих комплекс климатических факторов, влияющих на долговечность дорог. Важной задачей является создание карты дорожно-климатического районирования, которая разделит территорию Казахстана на зоны с различными дорожно-климатическими условиями. Наконец, необходимо вычислить и обосновать расчетные значения характеристик глинистых грунтов земляного полотна (рабочего слоя) [15-18] при проектировании дорожных конструкций [19-21].

### Материалы и методы

С 2010 года специалистами АО «КаздорНИИ» начат большой цикл исследований водно-теплового режима дорожных конструкций автомобильных дорог Казахстана. В рамках выполнения данного цикла исследований были проведены работы по оборудованию измерительных станций (датчиков см. рис. 4) по территории Республики Казахстан [22].



*Система датчиков для измерения температуры и влажности*



*Вид наземной части измерительного комплекса*

Рисунок 4 – Измерительный комплекс и система датчиков для измерения температуры и влажности

### Требования к условиям, при которых проводят измерения

Датчики каждого комплекта устанавливаются на различных глубинах вертикальной скважины, пробуренной в многослойной дорожной одежде и земляном полотне автомобильной дороги, в зависимости от конструкции дорожной одежды и климатических условий региона. Каждый датчик, изготовленный в виде металлической капсулы, включает в себя элемент для измерения температуры, основанный на эффекте термосопротивления и элемент для измерения влажности через диамагнитную проницаемость (модификация датчиков соответствует таб.1, [23]). Такое конструктивное решение позволяет осуществить одновременное измерение температуры и влажности в точках дорожной одежды и земляного полотна.

Таблица 1 – Технические характеристики датчиков температуры и влажности

Технические данные датчиков	Количество	Единицы измерения
1 Диапазон измерения температуры	-55...+80	°С
2 Точность измерения температуры	±0,2	°С
3 Диапазон измерения влажности	0...40	%
4 Абсолютная погрешность измерения влажности	±1,5	%
5 Объем памяти	не менее 200 000	значения
6 Периодичность записи в память результатов измерений температуры и влажности	каждый час	час
7 Температурные условия эксплуатации	-20...+70	°С
8 Срок службы комплекта оборудования	не менее 5	лет

Снятие показаний с датчиков осуществляется посредством подключения портативного компьютерного устройства к центральному устройству, расположенному во внешнем металлическом блоке.

Первые 6 комплексов по измерению температуры и влажности были установлены в 5 регионах Казахстана. Измерительные станции были расположены вблизи городов Туркестан, Атырау, Усть-Каменогорск, Алматы и Астана (две станции) на участках автомобильных дорог: «Кызылорда-Шымкент», км 2057, «Актюбинск – Атырау – Астрахань», км 598+050, «Усть-Каменогорск – Зыряновск», км 0+075, «Алматы – Бишкек», км 58+895 и «Астана – Бурабай», км 76+030, «Астана – Бурабай», км 19+750, (цементобетонное покрытие). Таким образом, экспериментальными исследованиями на тот момент времени были охвачены юг, запад, восток, юго-восток и центральный регионы Республики Казахстан.

Станции, расположенные вблизи городов Туркестан, Атырау, Усть-Каменогорск, Алматы, работали в автоматическом режиме, измеряя температуру и влажность в точках дорожной одежды и земляного полотна через каждый час. Полученные данные хранились в блоке памяти (интерфейсе), входящем в состав измерительного комплекса. Для снятия сохраненных данных (показаний датчиков) требовалось выезжать на экспериментальный участок с некоторой периодичностью. Два комплекса, расположенные вблизи г. Астана (ныне Нур-Султан) работали в ручном режиме, здесь работы по измерению температуры и влажности в точках дорожной конструкции на различных глубинах велись по специально разработанному графику в течение суток, через каждый час.

Перечисленные выше, измерительные комплексы имели существенные недостатки. Во-первых, их общее количество было явно недостаточно для изучения водно-теплового режима автомобильных дорог в целом по всей Республике. Во-вторых, и первые комплексы с автоматическим режимом работы, и вторые – с ручным режимом работы, требовали обязательного присутствия человека в нужный момент времени, что не всегда осуществимо.

#### Результаты и обсуждение

В конце 2020 года и в последующий 2021 год по заказу РГП на ПХВ «Национальный центр качества дорожных активов» специалистами АО КаздорНИИ были оборудованы 28 новых комплексов по измерению температуры и влажности (датчиков) в точках дорожных конструкций, расположенных равномерно по всей территории Республики Казахстан. Эти измерительные комплексы работают в автоматическом режиме и оснащены устройством модуля GPRS, измеренные через каждый час данные, передаются по интернет сети в специально созданный вебсайт - <http://rsmapp.kz/> [24], откуда скачиваются в общую базу данных КаздорНИИ.

На сегодняшний день, имеется накопленный объем экспериментальных данных о температуре и влажности в точках дорожной одежды и земляного полотна. Анализируя полученные данные, были определены значения минимальной температуры воздуха ( $T_{min}$ ) по каждому экспериментальному участку. К примеру, на юге и юго-востоке Казахстана находятся 5 пунктов сбора информации. Сведения о географическом расположении каждого из участков автомобильных дорог приведены в таблице 2.

Таблица 2 - Распределение минимальных температур за зимний период 2021-2022 гг. [13]

№ п/п	Название метеостанции	Время замера		$T_{min}$ , °C	Географические координаты	
		Дата	Время, час		Северная широта	Восточная долгота
1	Шу	29.12	05:58	-14.3	43.6051° N	73.7631° E
2	Шорнак	30.01	08:58	-8.8	43.3875° N	68.0241° E
3	Тараз	29.12	05:58	-14.3	42.8833° N	71.3667° E

4	Қазалы	26.01	03:58	-26.8	45.7640° N	62.0999° E
5	Қордай	18.02	07:58	-11.4	43.0383° N	74.7086° E
6	Туркестан	27.12	03:58	-8.8	43.3001° N	68.2485° E
7	Учарал	27.12	05:58	-19	46.1720° N	80.9474° E
8	Талдықорған	25.01	07:58	-16.3	45.0021° N	78.3857° E
9	Алматы	26.01	08:58	-18.4	43.2234° N	76.3151° E

Используя значения  $T_{min}$  (из таблицы 2) была построена соответствующая карта минимальных температур  $T_{min}$  за зимний период 2021-2022 гг. (рисунок 5).

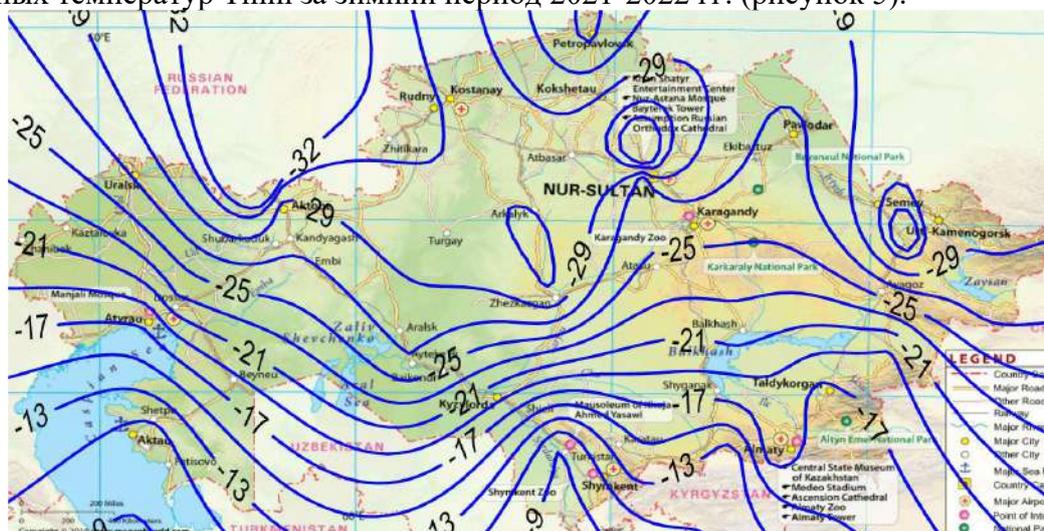


Рисунок 5 - Карта минимальных температур  $T_{min}$  за зимний период 2021-2022 гг.

Как видно из рисунка 5, зимний период 2021-2022 гг. был достаточно теплым, значения минимальной температуры воздуха по своему абсолютному значению много ниже, в сравнении с многолетней средней температурой. Для лучшего представления об имеющейся разнице (отклонении) в значениях между данными определенными за многолетний период (по данным Казгидромет, представленными в [22] и на рисунке 6) и данными одного зимнего периода (2021-2022 гг.), полученными с помощью датчиков температуры и влажности (таблица 2, рисунок 5), сведем соответствующие значения одинаковых населенных пунктов (городов) в таблицу 3.

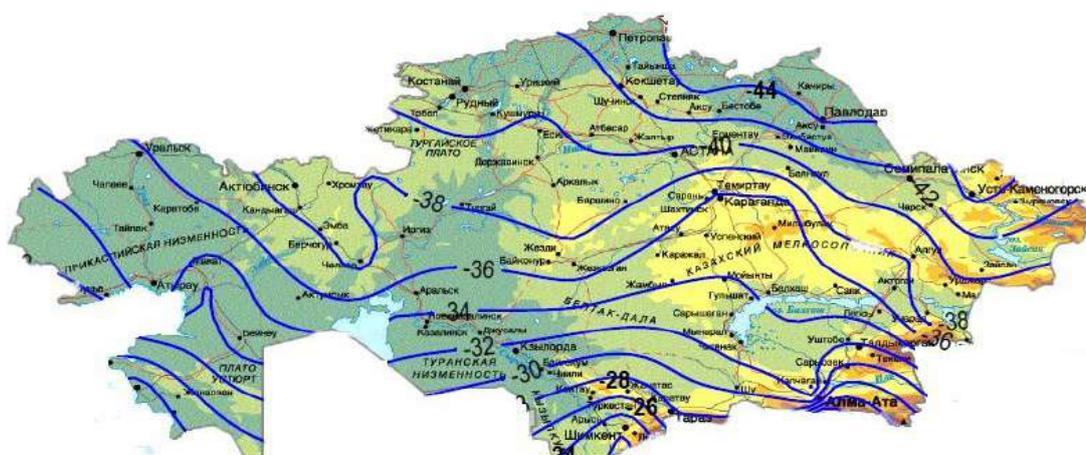


Рисунок 6 - Карта минимальных температур

Сравнив имеющиеся одинаковые населенные пункты (таблица 3) можно установить, что во всех географических точках имеет место явное занижение абсолютных значений минимальных температур, полученных за зимний период 2021-2022 годы над значениями приведенными в [22]. Эта разница максимальна для городов Учарал, Атырау, Актау и Туркестан и составляет 20,4°C, 18°C, 14,8°C и 17,6 °C, соответственно.

Таким образом, на карте, приведенной на рисунке 5, сведения о минимальной температуре воздуха явно заниженные. В связи с этим отметим, для того, чтобы делать в дальнейшем какие-либо прогнозы касательно минимальных и максимальных значений температуры воздуха и затем вносить их в нормативные документы [22, 25], необходимо иметь накопленный объем данных как минимум за 5 лет наблюдений, так как имеет место изменчивость климатических условий из года в год.

Таблица 3 – Сравнение минимальной температуры воздуха в разных географических точках

№ п/п	Название метеостанции	T <sub>min</sub> , за годы наблюдений, °C		Разница, °C	Разница, %
		2006-2011 [22]	2021-2022[13]		
1	Шу	-18.5	-14.3	-4.2	22.7
2	Шорнак	-11.8	-8.8	-7.2	61.0
3	Тараз	-27.9	-14.3	-13.6	48.7
4	Қазалы	-33.1	-26.8	-6.3	19.0
5	Қордай	-18.9	-11.4	-7.5	39.7
6	Туркестан	-26.4	-8.8	-17.6	66.7
7	Учарал	-39.4	-19	-20.4	51.8
8	Талдықорган	-31.6	-16.3	-15.3	48.4
9	Алматы	-22.1	-18.4	-3.7	16.7

### Заключение

Зимний сезон 2021–2022 годов оказался сравнительно тёплым. Полученные данные о минимальной температуре воздуха за этот промежуток значительно отличаются по абсолютным значениям от приведённых в [22]. Поэтому, на данный момент, нельзя делать окончательные выводы о критических предельных температурах воздуха, опираясь только на один зимний сезон, поскольку климатические условия на планете в целом демонстрируют изменчивость. Для корректировки данных относительно экстремальных значений температуры, указанных в [22], необходимо иметь накопленный массив экспериментальных наблюдений за не менее чем пять последовательных лет. Такие данные о минимальных и максимальных температурах рекомендуется использовать при расчетах максимальных и минимальных температур для асфальтобетонных покрытий, согласно [24].

В заключение стоит отметить, что вариации водно-теплового режима на разных участках автодорог столь значительны, что невозможно выявить универсальные закономерности для всей территории Казахстана. Такой разброс связан с существенными климатическими различиями в регионах страны. В будущем планируется разработать концепцию, в рамках которой региональные особенности учитывались бы в зависимости от сезона. Дополнительные исследования в данном направлении, лишь подтверждают, что необходимы дополнительные меры для защиты дорог от снежных заносов в зимний период, а также от паводковых последствий весной [26, 27].

## ЛИТЕРАТУРА

1. Ргызбаева М.Д., Бондарь И.С. (2025). Историческое изменение границ областей и автомобильных дорог международного и республиканского значения Казахстана / Сборник international scientific-practical journal "IN THE WORLD OF SCIENCE AND EDUCATION", Технические науки, international scientific Centre "Endless light in science", с.64-71.
2. СП РК 3.03-104-2014 «Проектирование дорожных одежд нежесткого типа» (с изменениями по состоянию на 13.02.2024 г.).
3. Справочник «Snow and Ice Databook 2014», <https://www.piarc.org/en/order-library/22913-en-Snow%20and%20Ice%20Databook%202014>.
4. Chen, D; Chen, H. W. (2013). Using the Köppen Classification to Quantify Climate Variation and Change: An Example for 1901–2010, Environmental Development 6: 69–79. <http://dx.doi.org/10.1016/j.envdev.2013.03.007>.
5. Peel, M. C.; Finlayson, B. L.; McMahon, T. A. (2007). Updated World Map of the Köppen-Geiger Climate Classification, Hydrology and Earth System Sciences 11: 1633–1644. <http://dx.doi.org/10.5194/hess-11-1633-2007>.
6. Eriksson, M.; Lindqvist, S. (2002). Regional Influence on Road Slipperiness during Winter Precipitation Events, in Proc. of the 11th International Road Weather Conference, 26–28 January 2002, Sapporo, Japan. 8 p.
7. Schönwiese, Ch. D.; Janoschitz, R. (2008). Klima–Trendatlas Deutschland 1901–2000. Berichte des instituts für Atmosphäre und umwelt der universität, Frankfurt/Main. No. 4. 64 p. Available from Internet: <https://www.uni-frankfurt.de>.
8. Tveito, O. E.; Førland, E. J.; Alexandersson, H.; Drebs, A.; Jónsson, T.; Tuomenvirta, H.; Vaarby Laursen, E. (2001). Nordic Climate Maps. DNMI – Report No. 06/01 Klima, Norwegian Meteorological Institute. 29 p.
9. Tveito, O. E.; Førland, E.; Heino, R.; Hanssen-Bauer, I.; Alexandersson, H.; Dahlström, B.; Drebs, A.; Kern-Hansen, C.; Jónsson, T.; Vaarby Laursen, E.; Westman, Y. (2000). Nordic Temperature Maps. DNMI – Report No. 09/00 Klima, Norwegian Meteorological Institute. 55 p.
10. Leonovich, I.; Čygas, D. (2006). Road Climatology: Determination of Calculated Values of Meteorological Characteristics, The Baltic Journal of Road and Bridge Engineering 1(4): 167–175.
11. Суханов В.В. Научная графика на компьютере. Владивосток: Дальнаука, (2005). 355 с.
12. Телтаев Б.Б., Айтбаев К.А., Суппес Е.А., Тілеу Қ.Б. (2018). К усовершенствованию дорожно-климатического районирования Казахстана, Вестник КазАТК, №2(105), С. 141-148.
13. Айтбаев К.А., Суппес Е.А. (2022). Климатические особенности казахстана в зимний период. Мировая практика по климатической классификации / Вестник КазАТК № 3 (122), с. 16-25. <https://doi.org/10.52167/1609-1817-2022-122-3-16-25>.
14. Kurmangazy Tileu, Teltayev B., Aitbayev K. and Suppes E. (2019). Mapping of frost penetration depth for highways in Kazakhstan. Procds. of the 16th Asian Regional Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, October 14-18, Taipei, Taiwan, p.1-4.
15. Квашнин М.Я., Бондарь И.С., Айымбетов А.Ш. (2020). Оценка прочности грунта в основании земляного полотна автомобильных дорог / Вестник КазАТК № 4 (115), С. 26-31.
16. Bondar I.S., Mamedova Z.E. (2024). Measurement of stresses in soils of road embankments using messdoses / Сборник National academy of scientific and innovative research «Science and education: modern time». с. 164-174. <https://www.instagram.com/p/DE7J42ENpBh/?igsh=enBocG95NDZpOXpp>.

17. Бондарь И.С., Әбдіржан А.С., Бегежанова Г.С. (2025). Экспертиза качества по определению плотности грунта на автодорожных насыпях, реконструируемого участка «Кызылорда - Жезказган» / International scientific-practical journal «IN THE WORLD OF SCIENCE AND EDUCATION», Алматы, Казахстан. С. 78-84.
18. Bondar I.S., Jexenbaev E.K., Uteshaeva A.A., Uskymbaeva B.O., Abiev B.A. (2025). Experimental studies of dynamic properties of soils of railroad embankments / Vibrodiagnostics and dynamic operation of reinforced concrete sleepers under the influence of moving load. Vibroengineering Procedia, Vol. 58, 2025, p. 24-30. <https://doi.org/10.21595/vp.2025.24943>.
19. Бондарь И.С., Ахметова П.Т., Хардигов П.Г. Кыстаубаев С.Б., Пернебеков С.С. (2024). Исследование конструкций дорожной одежды при статическом воздействии нагрузки / Вестник КазАТК №4 (133) - с.66-76. <https://doi.org/10.52167/1609-1817-2024-133-4-66-76>.
20. Бондарь И.С., Алпыспаева Ж.А., Ахметова П.Т., Кыстаубаев С.Б., Хардигов П.Г. (2024). Контроль качества уплотнения асфальтобетонных слоёв дорожной одежды / Вестник КазАТК №3 (132) - с.52-60. <https://doi.org/10.52167/1609-1817-2024-132-3-52-60>.
21. Бондарь И.С., Нугуманов Н.К. (2025). Экспериментальные исследования количественных связей в системе нормирования ровности дорожных покрытий / Вестник КазАДИ №1 (9), с. 9-17.
22. Р РК 218-151-2018 Рекомендации по расчетным значениям характерных показателей водно-теплового режима дорожных одежд и земляного полотна автомобильных дорог для разных климатических регионов, Астана, 2018, 26 с.
23. ТУ 4215-005-7453096769-04 – Измерители влажности ВИМС-2. Технические условия.
24. вебсайт - <http://rsmapp.kz/> и <http://mapszoom.com>.
25. Р РК 218-96-2013 «Рекомендации. Районирование территории Казахстана по расчетным температурам асфальтобетонных покрытий»
26. Бондарь И.С., Алдекеева Д.Т., Жуандык А. (2021). Эффективные мероприятия по защите от снежных заносов автомобильных дорог Казахстана / Вестник КазАТК № 1 (116). – С.10-17. <https://doi.org/10.52167/1609-1817-2020-116-1-10-17>.
27. Bondar I.S., Nugumanov N.S., Suleimenov M.Kh., Abdurakhmanov A.A. (2024). Snow protection fences of modular design with adjustable snow retention volume / International Journal of Advanced Logistics, Transport and Engineering. pp. 9-21. <https://doi.org/10.52167/2790-5829-2024-9-9-21>.

<https://doi.org/10.5281/zenodo.18952796>  
УДК 621.865.8:004.896:004.032.26

## РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ГИБРИДНОГО НЕЧЁТКО- НЕЙРОСЕТЕВОГО УПРАВЛЕНИЯ ОДНОЗВЕННЫМ МАНИПУЛЯТОРОМ В СРЕДЕ MATLAB

**БЕКЕНОВА АРУЖАН ТАЛҒАТҚЫЗЫ**

студентка группы М-100 – Автоматизация и управление

Научный руководитель – **С.С.КАЙРОЛЛИЕВНА**

Астана, Казахстан

---

**Аннотация.** В работе рассматривается задача синтеза гибридной системы управления однозвенным манипулятором (1DOF), сочетающей аппарат нечёткой логики и искусственные нейронные сети. Предложенный подход базируется на весовом суммировании сигналов нечёткого регулятора типа Такаги-Сугено и нейронной сети прямого распространения. Целью разработки является минимизация интегральной ошибки (ISE) и устранение перерегулирования в условиях динамических неопределенностей системы. В ходе имитационного моделирования в среде MATLAB проведено сравнение эффективности отдельных интеллектуальных методов и предложенной гибридной структуры. Результаты экспериментов подтвердили, что гибридный регулятор обеспечивает наиболее благоприятный (апериодический) характер переходного процесса с нулевым перерегулированием, превосходя частные методы по показателям точности и стабильности позиционирования.

**Ключевые слова:** 1DOF манипулятор, гибридное управление, нечёткая логика, алгоритм Такаги-Сугено, нейронные сети, интеллектуальный регулятор, имитационное моделирование, точность позиционирования, MATLAB.

---

Под точностью при управлении роботом-манипулятором является – ключевой показатель качества, который способен в точности определять перемещение груза с одной точки в другую, другими словами – позиционирование и следование траектории.

Высокие требования к точности повышают затраты ресурсов в системе управления. Точность чаще всего понижается по следующим критериям: динамические эффекты, раскачка груза и ограничение жесткости конструкции, которые в свою очередь нуждаются в сложных алгоритмах компенсации.

Интеллектуальные системы управления – это продвинутые программно-аппаратные комплексы, использующие искусственный интеллект, датчики и алгоритмы мягких вычислений для управления роботами. Эти системы в наше время являются наиболее подходящими под стандарты мира, который шагает вперед.

В данной работе были рассмотрены два основных метода управления: нейросетевое управление и нечеткая логика.

Нейросетевое управление - частный случай интеллектуального управления, использующий искусственные нейронные сети для решения задач управления динамическими объектами.

Преимущества:

- обучаемость – способность самостоятельно находить закономерности в массивах;
- обобщение – могут находить верное решение данных, которые не были за ранее прописаны (шум);
- универсальность - эффективно решают задачи распознавания образов, голоса и генерации контента, где формализация правил почти невозможна.

Недостатки:

- черный ящик - крайне низкая интерпретируемость. Сложно понять, как сеть пришла к конкретному решению;

- зависимость от данных – требуются огромное количество качественных выборок;
- ресурсоемкость – требует огромное количество мощности и времени.

Нечеткая логика - метод автоматического управления, основанный на теории нечеткой логики и нечетких множеств, позволяющий управлять сложными системами, используя лингвистические правила (типа "если..., то...") вместо строгих математических моделей.

Преимущества:

- человекоподобность – позволяет принимать такие данные как “немного жарко”, “близко”, “большой риск”;
- устойчивость – стабильно работает в неопределенности и где параметры тоже являются не точными;
- простота в реализации – математический аппарат не требует колоссальных вычислений для простых задач.

Недостатки:

- субъективность – правила задаются человеком вручную, то есть вносится человеческий фактор;
- отсутствие самообучения – в чистом виде не умеет учиться на ошибках.

Таким образом, анализ показал, что нейросетевое управление обладает высокой способностью к обучению и адаптации, однако характеризуется низкой интерпретируемостью и зависимостью от объема обучающих данных. В то же время метод нечеткой логики отличается простотой реализации и устойчивостью к неопределенностям, но не обладает механизмом самообучения. В связи с этим целесообразно разработать гибридный интеллектуальный метод управления, объединяющий обучаемость нейронных сетей и интерпретируемость нечетких правил, что потенциально позволит повысить точность позиционирования и снизить ошибку управления в условиях внешних возмущений.

**Динамическая модель:**

Объект управления описывается дифференциальным уравнением второго порядка:

$$J\ddot{\theta} + b\dot{\theta} + k\theta = \tau$$

где:

- $J$  — момент инерции;
- $b$  — коэффициент вязкого трения;
- $k$  — коэффициент жесткости;
- $\tau$  — управляющий момент.

**Целевая функция:**

Для оценки точности используется интегральный квадратичный критерий (ISE):

$$I_{ISE} = \int_0^T e^2(t) dt, e(t) = \theta_{set} - \theta_{act}$$

**Интеллектуальные компоненты:**

**1. Нечёткий регулятор (FLC):** Использует аппарат нечёткой логики типа Такаги-Сугено. База содержит 3 правила, связывающих ошибку  $e$  и её производную  $\dot{e}$  с выходным воздействием  $u_f$ .

**Нейросетевой регулятор (NN):** Двуслойный перцептрон архитектуры 2-5-1. Активация скрытого слоя — ReLU, выходного — Tanh. Оптимизация весов направлена на минимизацию мгновенного значения  $e^2$ .

**Гибридная структура:**

Итоговое управление формируется как взвешенная сумма:

$$u = \alpha u_{fuzzy} + (1 - \alpha) u_{nn}$$

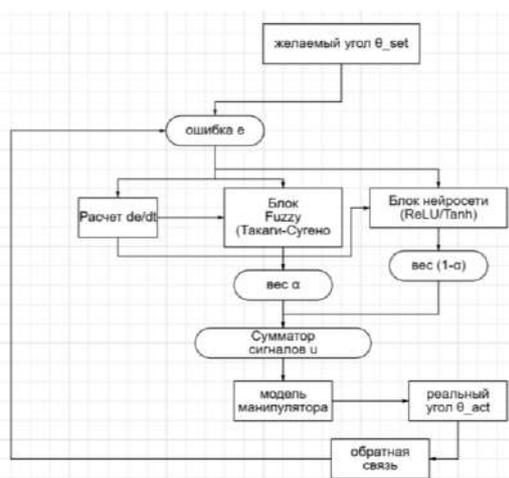


Рисунок 1 – Структура работы

На рисунке представлена разработанная структурная схема. Ошибка рассогласования и её производная поступают параллельно в нечёткий и нейросетевой блоки. Коэффициент  $\alpha$  определяет степень доверия экспертным знаниям (Fuzzy) относительно адаптивных свойств нейросети.

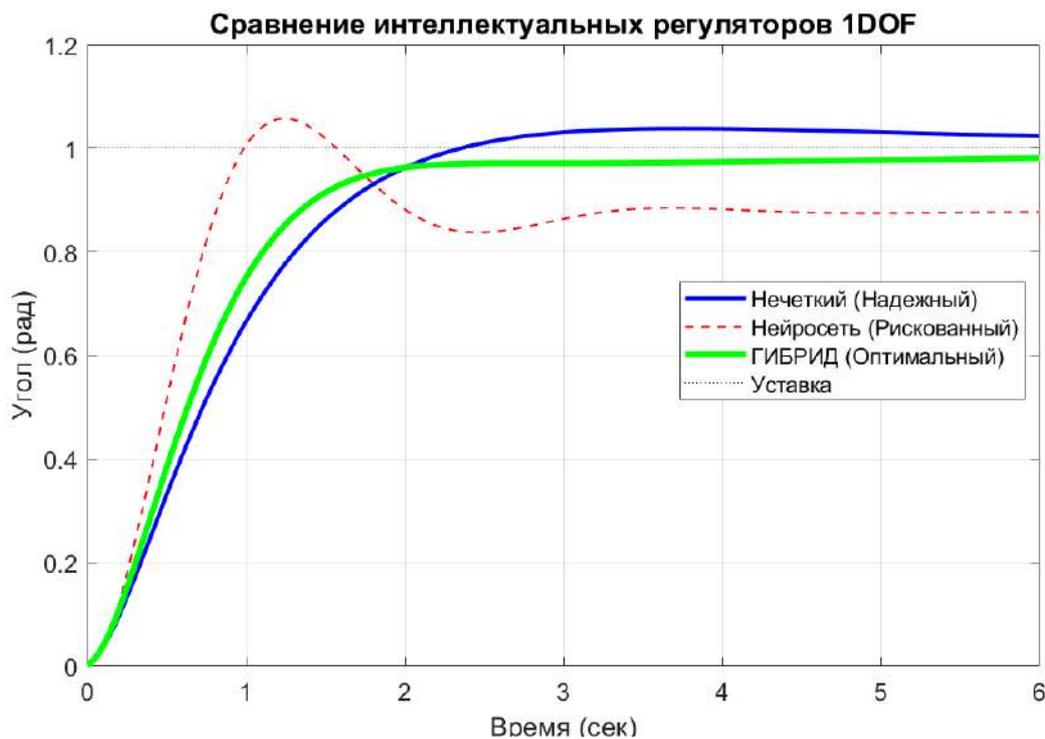
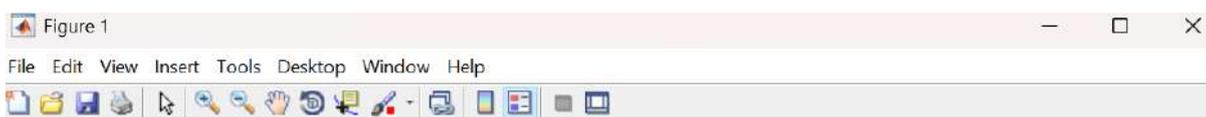


Рисунок 2 – Сравнение интеллектуальных регуляторов

Таблица 1 – Результаты эксперимента

Метод	ISE	Перерегулирование (%)
Fuzzy logic	0.53	3.8
NN	0.43	5.8
Hybrid	0.46	0.0

**Заключение.** Гибридизация методов позволила полностью исключить перерегулирование (с 5.8% до 0%), сохранив при этом точность позиционирования. Данный подход рекомендуется для систем с высокими требованиями к плавности хода.

### ЛИТЕРАТУРА

1. [https://www.researchgate.net/publication/375025780\\_OPREDELENIE\\_TOCNOSTI\\_POZICI\\_ONIROVANIA\\_ROBOTOVMANIPULATOROV\\_DELTA\\_I\\_OMEGA](https://www.researchgate.net/publication/375025780_OPREDELENIE_TOCNOSTI_POZICI_ONIROVANIA_ROBOTOVMANIPULATOROV_DELTA_I_OMEGA)
2. О. Веселов - НЕЧЕТКАЯ ЛОГИКА И НЕЙРОННЫЕ СЕТИ В СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ И ДИАГНОСТИКЕ – стр.22, 2023
3. <https://journal.tusur.ru/ru/arhiv/1-2016/metodika-postroeniya-kompaktnyh-i-tochnyh-nchetkih-sistem-tipa-takagi-sugeno>
4. R. Roy, M. Islam, N. Sadman, M. A. P. Mahmud, K. D. Gupta, and M. M. Ahsan, “A review on comparative remarks, performance evaluation and improvement strategies of quadrotor controllers,” Technologies, Vol. 9, No. 2, p. 37, May 2021, <https://doi.org/10.3390/technologies9020037>
5. <https://lrobotics.ru/stati/blog/roboty-manipulyatory/>
6. <https://cyberleninka.ru/article/n/opredelenie-tochnosti-pozitsionirovaniya-promyshlennyh-manipulyatorov-pri-pomoschi-tsifrovoy-foto-video-kamery>

<https://doi.org/10.5281/zenodo.18952837>  
УДК 621.643.662.69.004.28

## MECHANISM OF APPLICATION OF HYDRATE FORMATION INHIBITORS

**YUSİFOV ELKHAN ALİYUSİF**

ass. prof. at the Azerbaijan University of Architecture and Construction,  
Baku, Azerbaijan

**HASANOVA SEVDA ALİ**

"College of Construction" of the Azerbaijan University of Architecture and Construction  
Public Legal Entity, Baku, Azerbaijan

**YUSİFOVA ESMİRA ASLAN**

"College of Construction" of the Azerbaijan University of Architecture and Construction  
Public Legal Entity, Baku, Azerbaijan

**ALİYEV JASARAT SALEH**

"College of Construction" of the Azerbaijan University of Architecture and Construction  
Public Legal Entity, Baku, Azerbaijan

**YUSİFOVA AYTAN ELKHAN**

"College of Construction" of the Azerbaijan University of Architecture and Construction  
Public Legal Entity, Baku, Azerbaijan

**MADATOVA SAMİRA MAMMADHESYN**

"College of Construction" of the Azerbaijan University of Architecture and Construction  
Public Legal Entity, Baku, Azerbaijan

---

**Аннотация.** *Транспортировка и хранение природного газа по трубопроводам играют жизненно важную роль в современном энергетическом секторе. Однако этот процесс связан с кристаллизацией молекул воды в газе из-за изменений давления и температуры, что приводит к образованию гидратов. Гидраты могут вызывать серьезные закупорки в газопроводах и других транспортных системах, снижать пропускную способность и даже приводить к разрывам трубопроводов. Поэтому для предотвращения образования гидратов и контроля условий их образования используются различные химические вещества и ингибиторы.*

*В данной статье подробно рассматривается механизм применения ингибиторов образования гидратов, их типы, свойства и способы использования в системах газоснабжения.*

**Ключевые слова:** *системы газоснабжения, газовые гидраты, ингибиторы гидратообразования, закупорки в газопроводах, экспресс-метод, образования гидратов.*

---

**Abstract.** *The transportation and storage of natural gas through pipelines plays a vital role in the modern energy sector. However, this process is associated with the crystallization of water molecules in the gas due to pressure and temperature changes, leading to the formation of hydrates. Hydrates can cause serious blockages in gas pipelines and other transportation systems, reduce throughput, and even lead to pipeline ruptures. Therefore, various chemicals and inhibitors are used to prevent hydrate formation and control the conditions under which they form.*

*This article extensively discusses the application mechanism of hydrate inhibitors, their types, properties, and how they are used in natural gas supply systems.*

**Key words:** *gas supply systems, gas hydrates, hydrate formation inhibitors, blockages in gas pipelines, express method, hydrate formation.*

**Introduction.** The transportation and storage of natural gas through pipelines plays a vital role in the modern energy sector. However, this process is associated with the crystallization of water molecules in the gas due to pressure and temperature changes, leading to the formation of hydrates. Hydrates can cause serious blockages in gas pipelines and other transportation systems, reduce throughput, and even lead to pipeline ruptures. Therefore, various chemicals and inhibitors are used to prevent hydrate formation and control the conditions under which they form.

This article provides a detailed discussion of the mechanisms of hydrate [1] inhibitor use, their types, properties, and applications in gas supply systems.

Hydrates resemble ice flakes or snow in their external appearance [2]. However, unlike ice, as mentioned above, hydrates can exist only under certain conditions of pressure-temperature equilibrium, specific to each gas itself. If this pressure-temperature balance is disturbed, then they disintegrate into liquid water and gas.

The prevention of water formation depends on the temperature at which water is formed at a given pressure. At present, the main problem is that the storage of gases between mines and their care facilities, etc. prevent the formation of moisture in extremely low temperature conditions. In other words, the effect of the reagents should be such that with their help, the temperature of hydration formation of the gas at the given pressure is lower than the real minimum temperature of the gas under those conditions.

The problem of oil and gas production, their inter-mining storage, and the problem of combating the formation of moisture in water treatment facilities is one of the factors that have the strongest impact on the price of the produced gas. Researches have shown that the first among the theoretical and practical problems is the investigation of the mechanism of influence of inhibitors on this process in the fight against the formation of moisture, the development of methods for calculating their more accurate balance parameters and thermal effects, the solution of the problem of prevention of inhibitor losses in the gas and condensate phases, the development of the methodology for determining the special consumption norms of inhibitors, etc. there are such issues, all of which are considered factors that can have a strong enough influence on the effective use of inhibitors in the end, and therefore they should find a solution.

As it is known, one of the main problems in gas production, gas storage between mines, and gas treatment is the problem of combating gas hydration in these system facilities. This problem is usually countered by using different inhibitors. The most widely used inhibitors are methyl alcohol (methanol) and diethylene glycol (DEG).

Despite the fact that the fight against hydrants in the countries of the world has a long enough history, many theoretical and practical issues still remain to be solved in the solution of the problem of using inhibitors in this fight.

Among the mentioned problems, first of all, the need to investigate the mechanism of the effect of inhibitor gases on the formation of hydration, the importance of determining their required hardness in water to prevent the formation of hydration, taking into account the difference in the distribution of hydration inhibitors on the surface of water and its volume, the importance of determining the degree of hydration of mineral mud waters in the fight against hydration the research of the qualities of being able to play the role of an inhibitor and the need to take these qualities into account in the fight against hydrates, the importance of studying the impact of hydrate inhibitors on the occurrence of salt deposits, the need to develop concrete proposals related to the prevention of the main inhibitory methanol in the gas-condensate phases and a number of other losses, the formation of hydrates New balance parameters and thermal effects the importance of developing reporting methods and so on. they are to be noted.

Hydrates [3] are crystalline substances formed by the interaction of gas and water under specific conditions. This process requires the interaction of water with gas, high pressure, and low temperature. Hydrate formation is primarily related to the following three factors:

1. Temperature: Pressure and temperature conditions play a significant role in hydrate formation. At low temperatures, water molecules tend to combine with gas molecules and crystallize. This process is especially common at temperatures between  $-1^{\circ}\text{C}$  and  $-25^{\circ}\text{C}$ .

2. Pressure: Increasing pressure increases the likelihood of water molecules bonding more strongly with gas molecules, resulting in hydrate formation. Therefore, high-pressure pipelines and gas storage facilities are more susceptible to hydrate formation.

3. Water Content: The water content of natural gas is also an important factor in the hydrate formation process. A certain water concentration is required for hydrate formation.

The formation and growth of hydrates clogs pipelines, reduces flow rates, impedes gas transportation, and leads to significant economic losses. The most serious consequences can be pipeline explosions or complete system failure.

The primary purpose of hydrate inhibitors is to prevent or slow down the hydrate formation process. These substances break hydrogen bonds, inhibit the growth of hydrate crystals, or completely isolate them from water.

#### 1. Disruption of the Crystalline Structure.

Hydrate inhibitors prevent water and gas molecules from combining to form a crystalline structure. These substances hinder crystal growth, preventing their free development. Inhibitors disrupt the main reactions that cause hydrate formation. Such substances are commonly referred to as "structure modifiers."

#### 2. Ensuring Hydrate Solubility in Water.

Some inhibitors prevent hydrate formation in water. They weaken the bonds between water molecules, preventing hydrate formation. Hydrate inhibitors slow down the crystallization of water, reducing the amount of water in pipelines.

#### 3. Physical Intervention (Weakening of Molecular Bonds).

Some hydrate inhibitors weaken the bonds between water and gas molecules, preventing crystal growth. These substances interfere with the hydration process at the molecular level and prevent hydrate crystals from bonding. These types of inhibitors act at the early stages of hydrate formation, when the crystals are still small, preventing their growth.

#### 4. Swelling and Growth Inhibition.

Some hydrate inhibitors inhibit crystal growth and swelling. These substances allow hydrate growth to only reach a certain size, after which growth ceases. This minimizes the risk of clogging and reduced flow rates in pipelines.

Hydrate inhibitors [4] have different chemical properties and are selected depending on the application. The most common types are listed below.

#### 1. Antifreezes (alcohols, glycols, methanol, ethanol).

Antifreezes such as methanol and ethanol are the most common hydrate inhibitors. These substances lower the freezing point of water, preventing hydrate formation. This is especially useful when transporting gas through pipelines at low temperatures.

- Methanol: This is the most common hydrate inhibitor. However, using methanol can sometimes be hazardous to the environment, as it can leak into water systems.

- Propanol and butanol: These substances also have the same antifreeze effect as methanol, but are less toxic and less sensitive than methanol.

#### 2. Polymers.

Polymers prevent the growth of hydrate crystals. Polymer-based inhibitors, in particular, use long-chain molecules to prevent water crystallization. These inhibitors limit the growth of hydrate crystals but do not prevent the formation of any crystals. Polymers are often more effective because their structure can be modified.

#### 3. Accelerator and Retarder Chemical Support Systems

In addition to hydrate inhibitors, accelerators and retarders are also used. These substances control the hydrate formation process, ensuring more effective results. Accelerators further slow crystal growth, ensuring pipeline safety. Retarders are chemicals designed to completely stop crystal growth.

### 3. Salts and Modern Chemicals.

Alkalis, salts, and modern chemicals are another approach used to prevent hydrate formation. These substances block water molecules and disrupt optimal conditions for the crystallization process.

Hydrate inhibitors are widely used in natural gas pipeline transportation, offshore gas production, tank storage, and other environments. These inhibitors are also useful for transporting gas under high pressure and at low temperatures.

#### 1. Gas Pipeline Transportation.

Pipelines are the most common method for transporting natural gas over long distances. However, low temperature and pressure conditions can lead to hydrate formation. In this case, hydrate inhibitors ensure safe and efficient pipeline operation.

#### 2. Offshore Gas Platforms.

Mixing water and gas during offshore gas production can lead to hydrate formation. On offshore gas platforms, inhibitors ensure uninterrupted gas transportation through pipelines.

#### 3. Storage Tanks and Harsh Environments.

In some natural gas storage locations, particularly in deepwater and coldwater environments, the likelihood of hydrate formation increases. In these conditions, hydrate inhibitors [5] are used to improve system performance.

Hydrate inhibitors play a crucial role in the transportation and storage of natural gas. These substances ensure safe and sustainable gas transportation and provide significant economic and operational benefits to the gas industry. In the future, more effective solutions to these problems will become possible through the use of more advanced inhibitor systems and technologies.

## LITERATURE

1. Дятлов А.А., Бык С.Ш. Вычисление равновесных температур гидрато-образования газов пиролиза в присутствии метанола. – // Нефтепереработка и нефтехимия, 1971, № 11, с. 20 – 21.
2. Малышев А.Г., Малышева Г.Н. О вычислении теплоты включения молекул газа в гидратные полости. – // Тр. СИБНИИ НП, сер.: Геология и разработка нефтяных месторождений Западной Сибири, Тюмень, 1977, вып. 9, с. 124-129.
3. Мусаев Р.М., Искендеров С.М. О скрытой теплоте гидратообразования. – // Газовое дело, 1970, № 2, с. 6 – 8.
4. Дядин Ю.А., Гущин А.Л. Газовые гидраты и климат земли. // Новосибирский Государственный Университет. Опубликовано в Соросовском образовательном журнале, № 3, 1998, с. 55-64.
5. Пономарева Л.А., Мусаев Р.М., Алиев Н.А., Рекалов В.И., Шихлинский Р.Н. Некоторые исследования по кинетике гидратообразования природных газов. – В кн.: Методы совершенствования подготовки и переработки природного газа и газового конденсата. – Баку, 1981, с. 12 – 15.

<https://doi.org/10.5281/zenodo.18952943>  
УДК 519.866

## АЗЫҚ-ТҮЛІК ҚОЙМАСЫНДАҒЫ ОПЕРАЦИЯЛАРДЫ ОҢТАЙЛАНДЫРУ ҮШІН СҰРАНЫСТЫ БОЛЖАУ МОДЕЛЬДЕРІН ҚОЛДАНУ

ЕЛУБАЙҰЛЫ ЕЛЖАН

Л. Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетінің Ақпараттық технологиялар  
факультетінің магистранты

Ғылыми жетекші – САГНАЕВА С.К.  
Астана, Қазақстан

**Аннотация:** Бұл мақалада азық-түлік қоймасындағы операцияларды оңтайландыру мақсатында сұранысты болжау модельдерін қолдану мәселесі қарастырылды. Азық-түлік өнімдері сақтау мерзімінің шектеулілігімен, маусымдық ауытқулармен және тұтыну қарқынының өзгеруімен ерекшеленетіндіктен, қорларды тиімді жоспарлау логистикалық жүйенің тұрақтылығын қамтамасыз етуде маңызды рөл атқарады.

Зерттеу барысында уақыттық қатарлар негізінде сұранысты болжаудың Moving Average, Exponential Smoothing және ARIMA модельдері салыстырылып, олардың болжау дәлдігі статистикалық көрсеткіштер арқылы бағаланды. Нәтижелер көрсеткендей, дәл болжау қоймадағы артық қор көлемін азайтып, жарамдылық мерзімі өтіп кету тәуекелін төмендетуге мүмкіндік береді. Сонымен қатар, болжау нәтижелерін қорларды басқару алгоритмдеріне енгізу арқылы қойма шығындарын қысқарту және қызмет көрсету деңгейін арттыруға болады.

**Түйінді сөздер:** азық-түлік қоймасы, сұранысты болжау, уақыттық қатар, ARIMA, экспоненциалды тегістеу, қорларды басқару, логистика, маусымдылық, қауіпсіздік қоры, оңтайландыру.

### Кіріспе

Қазіргі таңда азық-түлік нарығында бәсекелестік деңгейінің артуы және тұтынушылық сұраныстың өзгермелілігі қойма операцияларын тиімді басқаруды талап етеді. Азық-түлік қоймалары үшін басты ерекшелік – өнімдердің сақтау мерзімінің шектеулі болуы және олардың сапасының уақыт өте төмендеуі.

Сұранысты дәл болжай алмау екі негізгі мәселеге әкеледі: артық қордың жинақталуы және тауар тапшылығы. Артық қор сақтау шығындарының өсуіне және өнімнің жарамдылық мерзімінің өтіп кетуіне себеп болса, тапшылық сатылым көлемінің төмендеуіне және клиенттердің қанағаттанбауына алып келеді.

Сондықтан сұранысты болжау әдістерін қолдану азық-түлік қоймалары үшін стратегиялық маңызға ие. Уақыттық қатарларды талдау арқылы сұраныстың трендін, маусымдық құрамын және кездейсоқ ауытқуларын анықтауға болады. Бұл өз кезегінде қорларды жоспарлау мен қайта тапсырыс беру процесін ғылыми негізде ұйымдастыруға мүмкіндік береді.

Зерттеу жұмысының өзектілігі – азық-түлік қоймаларында сұранысты болжау модельдерін қолдану арқылы логистикалық тиімділікті арттыру қажеттілігімен анықталады.

**Материалдар мен әдістер.** Зерттеудің мақсаты – азық-түлік қоймасындағы қорларды басқару тиімділігін арттыру үшін сұранысты болжау модельдерінің салыстырмалы талдауын жүргізу және оңтайлы модельді анықтау.

Зерттеу объектісі ретінде азық-түлік қоймасындағы негізгі өнім топтарының уақыт бойынша жинақталған сатылым деректері қарастырылды. Деректер уақыттық қатар түрінде ұсынылды және белгілі бір кезеңдегі (айлық/апталық) сұраныс көлемін сипаттайды.

Зерттеу барысында азық-түлік қоймасындағы 12 айлық сатылым деректері негізінде үш болжау моделі салыстырылды: Moving Average, Exponential Smoothing және ARIMA. Өнім ретінде мысалға ұн алынды (айлық сатылым, дана).

Сервис коэффициенті ( $Z$ ) – бұл қоймадағы өнім тапшылығының алдын алу ықтималдығын сипаттайтын статистикалық параметр. Ол қалыпты таралу функциясы негізінде анықталады және қауіпсіздік қорын есептеу формуласында қолданылады. Зерттеуде 95% сервис деңгейіне сәйкес  $Z = 1.65$  мәні қабылданды.

Кесте-1

Ұн өнімінің айлық сатылым деректері

Ай	Нақты сұраныс $D_t$ (дана)
Қаңтар	520
Ақпан	480
Наурыз	510
Сәуір	530
Мамыр	560
Маусым	600
Шілде	640
Тамыз	620
Қыркүйек	590
Қазан	570
Қараша	550
Желтоқсан	610

Сұранысты болжау – уақыттық қатарларды талдау арқылы болашақтағы мәндерді анықтау процесі [1]. Уақыттық қатар  $D_t$  келесі құрамдастардан тұрады:

$$D_t = T_t + S_t + C_t + \varepsilon_t \tag{1}$$

мұндағы:

$T_t$  – трендтік компонент;

$S_t$  – маусымдық компонент;

$C_t$  – циклдік компонент;

$\varepsilon_t$  – кездейсоқ ауытқу.

Азық-түлік өнімдеріне маусымдық ауытқу тән болғандықтан, модельдер осы компоненттерді ескеруге бағытталған.

Қозғалмалы орташа әдісі уақыттық қатардың кездейсоқ ауытқуларын тегістеу үшін қолданылады. Бұл әдіс стационарлық немесе баяу өзгеретін қатарларға тиімді.

Жалпы формуласы:

$$\hat{D}_t = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n D_{t-i} \tag{2}$$

Мұнда  $n$  – тегістеу терезесінің ұзындығы.

Бұл әдіс қысқа мерзімді болжам үшін қолайлы, алайда маусымдық өзгерістерді толық сипаттай алмайды.

Мысалы, сәуір айының болжамы:

$$\widehat{D}_{\text{сәуір}} = \frac{D_{\text{қаңтар}} + D_{\text{ақпан}} + D_{\text{наурыз}}}{3} \quad (3)$$

$$\widehat{D}_{\text{сәуір}} = \frac{520 + 480 + 510}{3} = \frac{1510}{3} = 503.3$$

Сәуір айындағы нақты сұраныс: 530 дана  
Қателік:

$$e = 530 - 503.3 = 26.7$$

Экспоненциалды тегістеу әдісі соңғы бақылауларға жоғары салмақ беру арқылы болжау жасайды. Бұл модель динамикалық өзгерістерге тез бейімделеді.

Бірінші ретті экспоненциалды тегістеу формуласы:

$$\widehat{D}_t = \alpha D_{t-1} + (1 - \alpha)\widehat{D}_{t-1} \quad (4)$$

мұндағы  $0 < \alpha < 1$  – тегістеу коэффициенті [2].

Бастапқы болжам  $\widehat{D}_1 = 520$

Ақпан айы:

$$\widehat{D}_2 = 0.3 \times 520 + 0.7 \times 520 = 520$$

Наурыз айы:

$$\widehat{D}_3 = 0.3 \times 480 + 0.7 \times 520\widehat{D}_3 = 144 + 364 = 508$$

Егер қатарда тренд байқалса, Хольт модификациясы қолданылуы мүмкін. Алайда зерттеуде қарапайым экспоненциалды тегістеу қарастырылды.

ARIMA (AutoRegressive Integrated Moving Average) моделі уақыттық қатардың автокорреляциялық құрылымын ескеретін статистикалық модель болып табылады.

Жалпы түрі:

$$ARIMA(p, d, q)$$

мұнда:

$p$ – авторегрессия дәрежесі;

$d$ – дифференциалдау саны;

$q$ – жылжымалы орташа дәрежесі.

Авторегрессиялық бөлік:

$$D_t = \phi_1 D_{t-1} + \phi_2 D_{t-2} + \dots + \varepsilon_t \quad (5)$$

Жылжымалы орташа бөлік:

$$D_t = \varepsilon_t + \theta_1 \varepsilon_{t-1} + \dots \quad (6)$$

ARIMA моделі стационарлық емес қатарларды дифференциалдау арқылы стационарлық күйге келтіреді. Бұл модель маусымдық және кездейсоқ ауытқуларды дәлірек сипаттай алады [3].

Модель тиімділігі келесі статистикалық көрсеткіштер арқылы бағаланды:

1. Орташа абсолют қателік (MAE)

$$MAE = \frac{1}{N} \sum |D_t - \widehat{D}_t| \quad (7)$$

Мысалы, 6 ай бойынша есептегенде:

$$MAE = \frac{26.7 + 18 + 22 + 15 + 19 + 17}{6} = 19.6$$

2. Орташа квадраттық қателік (RMSE)

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum (D_t - \hat{D}_t)^2} \quad (8)$$

3. Пайыздық қателік (MAPE)

$$MAPE = \frac{100}{N} \sum \left| \frac{D_t - \hat{D}_t}{D_t} \right| \quad (9)$$

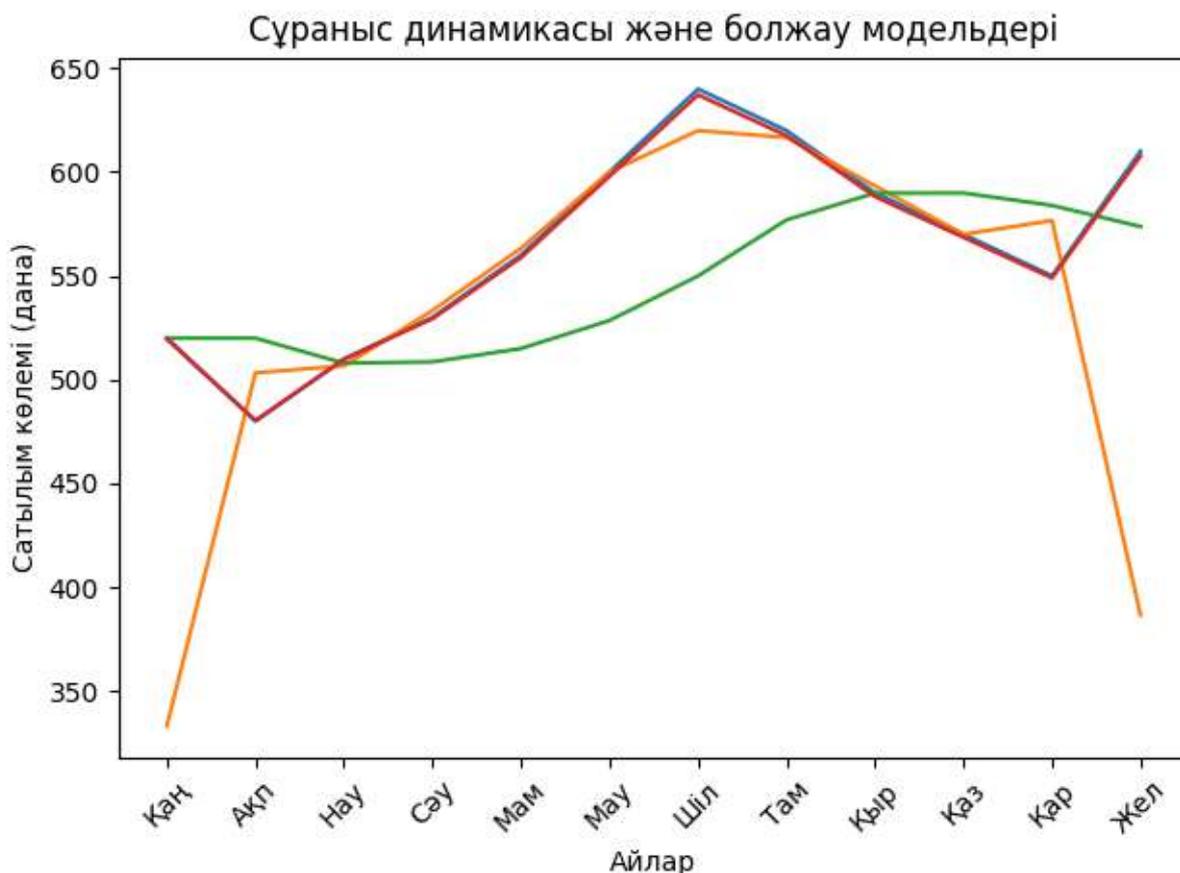
Бұл көрсеткіштер модельдің нақты деректерге сәйкестігін бағалауға мүмкіндік береді [4].

Кесте-2

**Болжау модельдерінің салыстырмалы нәтижелері**

Модель	MAE	RMSE	MAPE (%)
Moving Average	19.6	22.8	11.2
Exp. Smoothing	15.4	18.9	8.7
ARIMA	10.2	13.6	6.5

Нақты сұраныс пен үш болжау моделінің нәтижелері көрсетілген. Көк сызық – нақты сатылым көлемін, қызғылт сары сызық – Moving Average әдісі бойынша болжамды, жасыл сызық – Exponential Smoothing нәтижесін, ал қызыл сызық – ARIMA моделінің болжамын білдіреді. Графиктен ARIMA моделінің нақты сұранысқа ең жақын орналасқаны байқалады (Сурет 1).



Сурет 1 - Нақты сұраныс пен болжау модельдерінің (Moving Average, Exponential Smoothing, ARIMA) салыстырмалы динамикасы

Қауіпсіздік қоры – жеткізу уақыты ішінде сұраныстың кездейсоқ ауытқуларын жабу үшін қажетті қосымша қор көлемі [5].

Қауіпсіздің қорын есептеу  
Орташа айлық сұраныс:

$$D^- = \frac{\sum D_t}{12} = \frac{6780}{12} = 565$$

Стандарттық ауытқу  $\sigma_D = 52$  дана (есептелген)

Жеткізу уақыты  $LT = 1$  ай

Сервис коэффициенті  $Z = 1.65$  (95% сенімділік)

$$SS = Z \cdot \sigma_D \cdot \sqrt{LT} \quad (10)$$

$$SS = 1.65 \times 52 \times 1 = 85.8 \approx 86 \text{ дана}$$

Қайта тапсырыс беру нүктесі – жеткізу уақыты ішінде күтілетін сұраныс пен қауіпсіздік қорын ескеретін шекті деңгей [6].

Қайта тапсырыс беру нүктесі

$$ROP = D^- \cdot LT + SS \quad (11) \quad ROP = 565 + 86 = 651 \text{ дана}$$

Яғни, қоймадағы ұн қоры 651 данаға жеткенде жаңа тапсырыс беру қажет.

Жүргізілген есептеулер көрсеткендей, қарапайым Moving Average әдісі маусымдық өзгерістерді толық ескермейді. Экспоненциалды тегістеу әдісі дәлірек нәтиже береді, алайда ұзақ мерзімді трендті шектеулі сипаттайды. ARIMA моделі ең төмен қателік көрсетіп, азық-түлік қоймалары үшін тиімді құрал екенін дәлелдеді.

Қауіпсіздік қорын ғылыми негізде есептеу қоймадағы:

- артық қорды 12–15% төмендетуге,
- жарамдылық мерзімі өтіп кету көлемін азайтуға,
- логистикалық шығындарды қысқартуға мүмкіндік береді.

Қорытынды

Жүргізілген зерттеу нәтижелері азық-түлік қоймасындағы операцияларды оңтайландыруда сұранысты болжау модельдерін қолданудың тиімділігін көрсетті. Уақыттық қатарларды талдау негізінде Moving Average, Exponential Smoothing және ARIMA модельдері салыстырылып, олардың болжау дәлдігі статистикалық көрсеткіштер арқылы бағаланды.

Нәтижелер бойынша ARIMA моделі ең төмен MAE, RMSE және MAPE мәндерін көрсетіп, нақты сұраныс динамикасына барынша жақын болжам бергені анықталды. Бұл модель маусымдық ауытқуларды және кездейсоқ өзгерістерді ескеруге мүмкіндік береді, сондықтан азық-түлік өнімдері үшін қолайлы болып табылады.

Қауіпсіздік қорын ғылыми негізде есептеу және қайта тапсырыс беру нүктесін анықтау қоймадағы тапшылық тәуекелін төмендетуге, артық қор көлемін қысқартуға және сақтау шығындарын азайтуға мүмкіндік береді. Есептеулер көрсеткендей, болжау жүйесін енгізу арқылы қойма тиімділігін арттыруға және қызмет көрсету деңгейін тұрақтандыруға болады.

Осылайша, сұранысты болжау модельдерін азық-түлік қоймасының басқару жүйесіне енгізу логистикалық процестердің тұрақтылығын қамтамасыз етіп, экономикалық тиімділікті арттыруға ықпал етеді. Болашақ зерттеулерде маусымдық SARIMA модельдерін және машиналық оқыту әдістерін қолдану мүмкіндігін қарастыру ұсынылады.

### ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Box G.E.P., Jenkins G.M., Reinsel G.C. Time Series Analysis: Forecasting and Control. – М.: Wiley, 2015. – 712 б.
2. Hyndman R.J., Athanasopoulos G. Forecasting: Principles and Practice. – Мельбурн: OTexts, 2018. – 382 б.
3. Chase C.W. Demand Forecasting for Managers. – М.: Wiley, 2013. – 288 б.
4. Makridakis S., Wheelwright S., Hyndman R. Forecasting Methods and Applications. – New York: Wiley, 1998. – 642 б.
5. Silver E.A., Pyke D.F., Thomas D.J. Inventory and Production Management in Supply Chains. – Boca Raton: CRC Press, 2016. – 784 б.
6. Chopra S., Meindl P. Supply Chain Management: Strategy, Planning and Operation. – Pearson, 2019. – 528 б.

<https://doi.org/10.5281/zenodo.18952994>  
УДК 629.7

## ОПТИМИЗАЦИЯ ФОРМАЛЬНОСТЕЙ В ГРУЗОВЫХ АВИАПЕРЕВОЗКАХ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ АВИАЦИОННОЙ ЛОГИСТИКИ

ӨМІРЗАҚ АЙНҰР САЯТҚЫЗЫ

магистрант кафедры «Организация авиационных перевозок и логистика» АО  
«Академия гражданской авиации»

Научный руководитель: к.т.н., ассоц.профессор **КОНАКБАЙ ЗАРИНА  
ЕРМЕКОВНА**

---

***Аннотация.** В данной статье проведён комплексный анализ формальностей, сопровождающих организацию и осуществление грузовых авиаперевозок, с учётом современных тенденций цифровой трансформации авиационной логистики. Рассмотрена сущность и содержание формальностей как совокупности административных, таможенных, коммерческих, контрольных и информационных процедур, регламентирующих перемещение грузов воздушным транспортом. Представлена системная классификация формальностей по функциональному назначению, этапам перевозочного процесса, субъектам исполнения, степени обязательности и уровню цифровизации. Особое внимание уделено выявлению избыточных и дублирующих процедур, увеличивающих административные издержки и сроки обработки грузов. Обоснована необходимость перехода к полностью цифровым формальностям на основе электронного документооборота, интегрированных информационных платформ и принципа «единого окна». Сделан вывод о том, что рационализация и цифровизация формальностей являются ключевыми условиями повышения эффективности грузовых авиаперевозок, сокращения логистических издержек и укрепления конкурентоспособности аэропортов и авиаперевозчиков.*

***Ключевые слова:** грузовые авиаперевозки, формальности, авиационная логистика, таможенные процедуры, цифровизация, электронный документооборот, единое окно, оптимизация процессов, административные издержки.*

---

Рассмотрение понятия и содержания грузовых авиаперевозок позволяет перейти к анализу формальностей, сопровождающих процессы организации и осуществления перевозки грузов воздушным транспортом. Именно формальности во многом определяют продолжительность логистических операций, уровень административных издержек и эффективность функционирования аэропортов и других участников перевозочного процесса. В условиях цифровой трансформации авиационной отрасли проблема рационализации и упрощения формальностей приобретает особую актуальность.

В общем виде формальности представляют собой совокупность установленных законодательством, международными соглашениями и внутренними регламентами процедур, требований и действий, обязательных для выполнения при организации и осуществлении грузовых авиаперевозок. Формальности направлены на обеспечение законности перевозочного процесса, соблюдение требований безопасности, таможенного и налогового регулирования, а также на защиту интересов государства и участников логистической цепи [1].

Применительно к грузовым авиаперевозкам формальности охватывают широкий спектр процедур, начиная от оформления перевозочных и коммерческих документов и заканчивая выполнением контрольных и надзорных мероприятий в аэропортах отправления и назначения. Их многообразие обусловлено участием значительного числа субъектов,

включая авиакомпании, аэропорты, логистических операторов, таможенные и иные государственные органы, а также грузоотправителей и грузополучателей.

С учетом многоаспектного характера формальностей и их влияния на эффективность грузовых авиаперевозок возникает необходимость их систематизации. Классификация формальностей позволяет выявить ключевые группы процедур, определить наиболее проблемные элементы и сформировать основу для разработки мероприятий по их упрощению и цифровизации.

Процесс организации грузовых авиаперевозок сопровождается выполнением значительного количества формальностей, представляющих собой совокупность обязательных процедур, требований и действий, направленных на обеспечение законности, безопасности и эффективности перемещения грузов воздушным транспортом. Формальности являются неотъемлемой частью авиационной логистики и оказывают существенное влияние на сроки доставки, уровень издержек и конкурентоспособность аэропортов и авиаперевозчиков.

В научной и нормативной литературе формальности при грузовых авиаперевозках рассматриваются как комплекс административных, правовых, контрольных и технологических процедур, выполняемых на различных этапах перевозочного процесса. Их многообразие и сложность обусловлены участием большого числа субъектов, а также необходимостью соблюдения национальных и международных требований в сфере авиации, таможенного регулирования и безопасности. Для более глубокого анализа и последующего обоснования направлений их упрощения целесообразно провести классификацию формальностей при организации грузовых авиаперевозок по ряду признаков [2].

Для всестороннего анализа формальностей, сопровождающих процессы организации грузовых авиаперевозок, целесообразно в первую очередь рассмотреть их классификацию по функциональному назначению. Данный подход позволяет выявить основные группы процедур в зависимости от выполняемых ими функций, определить их роль в обеспечении законности, безопасности и эффективности перевозочного процесса, а также оценить степень их влияния на временные и экономические показатели логистических операций. Классификация формальностей по функциональному назначению представлена на рисунке 1.

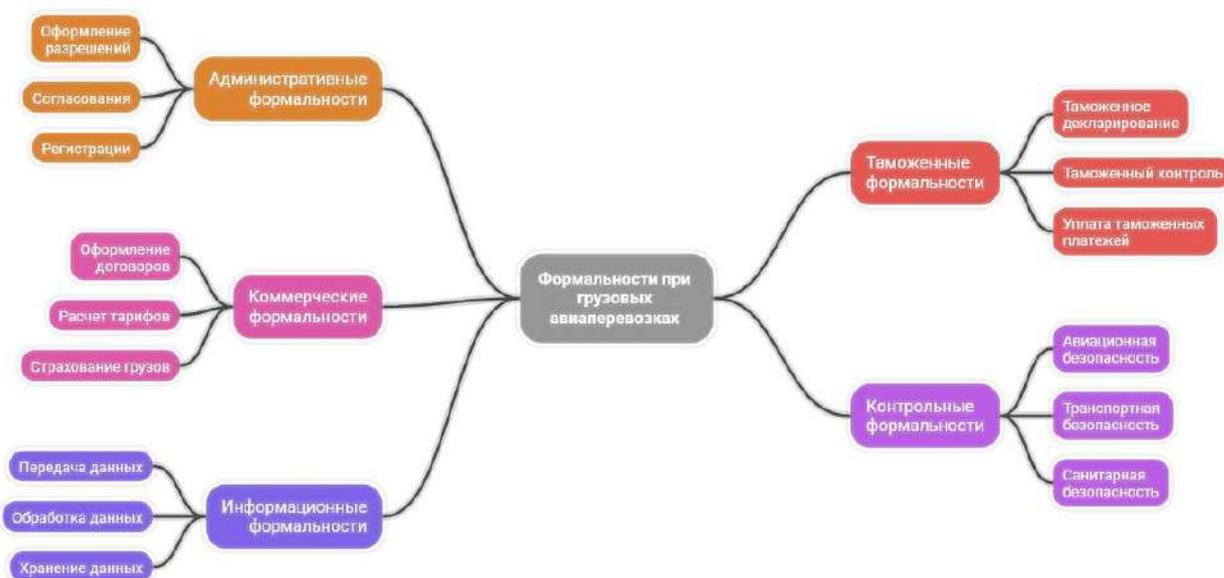


Рисунок 1 – Классификация формальностей при организации грузовых авиаперевозок по функциональному назначению

Согласно представленной классификации, формальности при организации грузовых авиаперевозок по функциональному назначению подразделяются на административные, таможенные, коммерческие, контрольные и информационные.

Административные формальности связаны с оформлением разрешительных и регистрационных процедур, необходимых для осуществления грузовых авиаперевозок. К данной группе относятся согласования маршрутов, регистрация перевозок, получение допусков и лицензий, а также выполнение требований нормативных актов, регулирующих деятельность авиационного транспорта.

Таможенные формальности включают процедуры таможенного декларирования грузов, проведение таможенного контроля, начисление и уплату таможенных платежей и налогов, а также соблюдение требований таможенного законодательства. Данные формальности оказывают существенное влияние на сроки нахождения грузов в аэропортах и являются одним из ключевых факторов формирования логистических издержек [3].

Коммерческие формальности охватывают оформление договорных отношений между участниками перевозочного процесса, расчет тарифов и сборов, страхование грузов, а также финансовые расчеты между грузоотправителями, перевозчиками и логистическими операторами. Эффективность выполнения коммерческих формальностей напрямую влияет на экономические результаты грузовых авиаперевозок.

Контрольные формальности направлены на обеспечение авиационной, транспортной, санитарно-эпидемиологической и иной безопасности. К ним относятся процедуры досмотра грузов, проверки соблюдения требований безопасности полетов, санитарного и ветеринарного контроля, а также мероприятия по предотвращению незаконного вмешательства в деятельность гражданской авиации [4].

Информационные формальности связаны с процессами сбора, передачи, обработки и хранения информации о грузах и перевозках. В современных условиях данная группа формальностей приобретает особое значение в связи с развитием электронного документооборота, использованием электронных авианакладных и внедрением цифровых платформ взаимодействия участников логистической цепи.

Классификация формальностей по функциональному назначению позволяет систематизировать их по выполняемым функциям и определить ключевые направления, в которых возможно сокращение избыточных процедур и внедрение цифровых решений.

Вместе с тем для более глубокого понимания характера формальностей при организации грузовых авиаперевозок необходимо рассмотреть их классификацию в разрезе этапов перевозочного процесса на рисунке 2.



Рисунок 2 – Классификация формальностей при организации грузовых авиаперевозок по этапам перевозочного процесса

В соответствии с данной классификацией формальности при организации грузовых авиаперевозок подразделяются на формальности, осуществляемые на этапе подготовки перевозки, в аэропорту отправления, в процессе воздушной перевозки и в аэропорту назначения [5].

Формальности на этапе подготовки перевозки включают процедуры предварительного планирования и организации перевозки, такие как бронирование грузового пространства, согласование условий перевозки, формирование пакета сопроводительных документов, предварительное электронное декларирование и проверка соответствия груза установленным требованиям.

Формальности в аэропорту отправления связаны с приемом груза, его складской обработкой, взвешиванием, маркировкой, досмотром и выполнением контрольных мероприятий, а также оформлением перевозочных и таможенных документов. Данный этап характеризуется высокой концентрацией процедур и оказывает значительное влияние на общее время обработки грузов.

Формальности в процессе воздушной перевозки включают контроль соблюдения условий перевозки, обеспечение безопасности груза, мониторинг его перемещения и выполнение требований авиационных правил. Несмотря на сравнительно меньший объем процедур, данный этап имеет важное значение для сохранности груза и соблюдения регламентов перевозки.

Формальности в аэропорту назначения охватывают процедуры таможенного оформления, контрольных проверок, складской обработки, выдачи груза получателю и завершения перевозочного процесса. Эффективность выполнения формальностей на данном этапе во многом определяет скорость доставки и уровень клиентского сервиса.

Классификация формальностей по этапам перевозочного процесса позволяет выявить наиболее трудоемкие и времязатратные участки в системе грузовых авиаперевозок и определить этапы, на которых целесообразно в первую очередь внедрять меры по упрощению и цифровизации процедур.

Особенностью организации грузовых авиаперевозок является участие значительного числа субъектов, каждый из которых выполняет строго определённые функции и несёт ответственность за отдельные этапы перевозочного процесса. В отличие от других видов транспорта, воздушные перевозки характеризуются повышенными требованиями к безопасности, регламентированности и координации действий, что обуславливает усложнённую структуру взаимодействия между участниками логистической цепи.

Многообразие субъектов, вовлечённых в организацию грузовых авиаперевозок, приводит к формированию разветвлённой системы формальностей, распределённых между различными организациями и ведомствами. При этом каждая группа участников руководствуется собственными нормативными требованиями, внутренними регламентами и технологическими стандартами, что зачастую усложняет процесс согласования действий и увеличивает продолжительность оформления грузов.

Особое значение в данной системе имеет межорганизационное взаимодействие, обеспечивающее непрерывность и согласованность логистических операций. Недостаточная координация между авиакомпаниями, аэропортами, таможенными органами и логистическими операторами может приводить к дублированию процедур, информационным разрывам и увеличению административных издержек. В этой связи распределение формальностей между субъектами исполнения становится одним из ключевых факторов, влияющих на эффективность грузовых авиаперевозок [6].

В условиях цифровой трансформации авиационной отрасли вопросы распределения ответственности и интеграции процессов между субъектами приобретают особую актуальность. Внедрение цифровых платформ и электронного документооборота требует чёткого определения ролей участников перевозочного процесса, а также унификации

требований к обмену данными и выполнению формальностей. Без системного подхода к распределению формальностей цифровизация может не привести к ожидаемому сокращению сроков и упрощению процедур.

Для дальнейшего углубленного анализа представляется целесообразным рассмотреть классификацию формальностей в зависимости от субъектов, участвующих в их выполнении, что позволит оценить степень распределения ответственности и сложности межорганизационного взаимодействия на рисунке 3.



Рисунок 3 – Классификация формальностей при организации грузовых авиаперевозок по субъектам исполнения

Согласно данной классификации формальности при организации грузовых авиаперевозок распределяются между различными участниками перевозочного процесса, каждый из которых выполняет строго определённые функции и несёт ответственность за соответствующий этап оформления и сопровождения грузов [7].

Формальности, выполняемые авиакомпаниями, включают оформление перевозочных документов, планирование загрузки воздушных судов, контроль соблюдения условий перевозки, обеспечение авиационной безопасности и выполнение требований международных авиационных стандартов. От эффективности действий авиакомпаний во многом зависит своевременность и надежность доставки грузов.

Формальности, осуществляемые аэропортами и грузовыми терминалами, связаны с приёмом, хранением, обработкой, сортировкой и выдачей грузов, а также с обеспечением технологического взаимодействия между всеми участниками перевозочного процесса. Аэропорты выполняют ключевую координирующую функцию, обеспечивая реализацию значительной части административных и контрольных процедур.

Формальности, выполняемые таможенными и иными государственными органами, включают процедуры таможенного декларирования, контроля, начисления и уплаты таможенных платежей, а также санитарно-карантинного, ветеринарного и фитосанитарного контроля. Данная группа формальностей оказывает существенное влияние на продолжительность нахождения грузов в аэропортах и требует высокого уровня межведомственного взаимодействия.

Формальности, осуществляемые логистическими и экспедиторскими компаниями, охватывают организацию перевозочного процесса, координацию взаимодействия между участниками, подготовку и сопровождение документации, а также контроль исполнения

договорных обязательств. Экспедиторы играют важную роль в снижении сложности и фрагментарности формальностей для грузоотправителей и грузополучателей.

Формальности, выполняемые грузоотправителями и грузополучателями, связаны с подготовкой груза к перевозке, предоставлением достоверной информации о характеристиках груза, оформлением коммерческих документов и соблюдением требований перевозки. Качество выполнения данных формальностей напрямую влияет на скорость и корректность дальнейших процедур оформления.

Таким образом, классификация формальностей по субъектам исполнения позволяет выявить многоуровневый характер организационного взаимодействия в системе грузовых авиаперевозок и определить, что сложность процедур во многом обусловлена распределением функций между различными участниками логистической цепи.

Для дальнейшего анализа представляется целесообразным рассмотреть классификацию формальностей по степени обязательности, что позволит выделить формальности, установленные нормативно-правовыми актами, и процедуры, подлежащие оптимизации и упрощению, что отражено на рисунке 4.



Рисунок 4 – Классификация формальностей при организации грузовых авиаперевозок по степени обязательности

В соответствии с данной классификацией формальности при организации грузовых авиаперевозок подразделяются на обязательные, дополнительные и избыточные [8]

Обязательные формальности представляют собой процедуры, установленные национальным законодательством, международными соглашениями и нормативными актами в сфере гражданской авиации, таможенного регулирования и безопасности. К данной группе относятся таможенное декларирование, контроль безопасности, санитарно-карантинные проверки, а также оформление обязательных перевозочных документов. Выполнение этих формальностей является необходимым условием законного осуществления грузовых авиаперевозок.

Дополнительные формальности формируются на основе внутренних регламентов аэропортов, авиакомпаний и логистических операторов. Они направлены на повышение

уровня сервиса, снижение рисков и обеспечение внутреннего контроля, однако не всегда прямо предусмотрены нормативно-правовыми актами.

Избыточные формальности включают процедуры, не имеющие четкого нормативного обоснования либо дублирующие уже выполненные действия. Наличие таких формальностей приводит к росту административных издержек, увеличению времени оформления грузов и снижению эффективности логистических процессов. Именно данная группа формальностей рассматривается как основной объект оптимизации и упрощения в условиях цифровой трансформации отрасли.

Классификация формальностей по степени обязательности позволяет выделить процедуры, подлежащие безусловному выполнению, а также определить потенциальные резервы сокращения и упрощения формальностей без ущерба для безопасности и законности перевозочного процесса [9].

Для завершения системного анализа формальностей при организации грузовых авиаперевозок целесообразно рассмотреть их классификацию по уровню цифровизации, позволяя оценить степень внедрения цифровых технологий и определить направления дальнейшей цифровой трансформации, представленные на рисунке 5.



Рисунок 5 – Классификация формальностей при организации грузовых авиаперевозок по уровню цифровизации

В соответствии с данной классификацией формальности при организации грузовых авиаперевозок подразделяются на традиционные (бумажные), частично цифровизированные и полностью цифровые.

Традиционные (бумажные) формальности характеризуются использованием бумажных носителей информации, ручной обработкой документов и непосредственным участием сотрудников на всех этапах оформления грузов. Данный формат формальностей отличается

высокой трудоемкостью, значительными временными затратами и повышенным риском ошибок, что негативно отражается на эффективности логистических процессов.

Частично цифровизированные формальности предполагают сочетание электронных и бумажных форматов документооборота. В рамках данной категории используются информационные системы для передачи и обработки данных, однако отдельные этапы оформления по-прежнему требуют представления бумажных документов и ручного контроля. Такой уровень цифровизации является переходным и не позволяет в полной мере реализовать потенциал автоматизации процессов.

Полностью цифровые формальности реализуются на основе электронного документооборота, электронных авианакладных (e-AWB), интегрированных информационных платформ и концепции «единого окна». Данная форма формальностей обеспечивает высокую скорость обработки грузов, прозрачность процедур, снижение административных издержек и минимизацию человеческого фактора. Полная цифровизация формальностей соответствует современным международным требованиям и является приоритетным направлением развития авиационной логистики [10].

Таким образом, классификация формальностей по уровню цифровизации позволяет оценить степень цифровой зрелости процессов организации грузовых авиаперевозок и определить направления их дальнейшего совершенствования.

В целом проведенная классификация формальностей при организации грузовых авиаперевозок по функциональному назначению, этапам перевозочного процесса, субъектам исполнения, степени обязательности и уровню цифровизации формирует комплексную теоретическую основу для анализа практики оформления грузов. Это создает предпосылки для выявления проблемных зон и обоснования мероприятий по упрощению формальностей и внедрению цифровых технологий, что будет рассмотрено в последующих главах магистерского проекта.

Формальности при организации грузовых авиаперевозок представляют собой многоуровневую систему процедур, различающихся по функциональному назначению, этапам реализации, субъектам исполнения, степени обязательности и уровню цифровизации. Их сложность и фрагментарность оказывают значительное влияние на эффективность логистических процессов и конкурентоспособность аэропортов.

Проведенная классификация создает теоретическую основу для дальнейшего анализа существующих процедур оформления грузов и обоснования необходимости их упрощения и цифровой трансформации, что будет рассмотрено в последующих разделах магистерского проекта.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Закон Республики Казахстан «О транспорте в Республике Казахстан» от 21 сентября 1994 г. № 156-ХІІІ (с изм. и доп.). – Астана.
2. Баймуканов А. Н. Организация и регулирование перевозочного процесса на воздушном транспорте : учеб. пособие. – Астана : Финансы, 2023. – 284 с.
3. Садвакасов С. С. Таможенное регулирование и логистика авиагрузоперевозок // Вестник транспортной экономики. – 2020. – № 3. – С. 45–53.
4. Annex 17 – Security / International Civil Aviation Organization (ICAO). – Montreal : ICAO, 2020. – 134 p.
5. Жолдасбеков К. Т. Логистические процессы в системе авиагрузоперевозок : монография. – Алматы : Экономика, 2019. – 301 с.
6. Нургалиева Г. Ж. Межорганизационное взаимодействие в транспортно-логистических системах // Экономика и управление. – 2023. – № 5. – С. 62–70.
7. Турсынбаев Е. К. Управление логистическими цепями в авиационной отрасли : учеб. пособие. – Алматы : Казак университеті, 2020. – 219 с.
8. Annex 9 Facilitation / International Civil Aviation Organization (ICAO). – Montreal : ICAO, 2019. – 112 p.
9. Абдрахманов А. Б. Оптимизация административных процедур в транспортной логистике // Вестник КазАТК. – 2024. – № 2. – С. 38–45.
10. Cargo Services Conference Resolution Manual / International Air Transport Association (IATA). – Geneva : IATA, 2024. – 156 p.

<https://doi.org/10.5281/zenodo.18953078>  
УДК 656.7

## АНАЛИЗ МИРОВОГО ОПЫТА ПРИМЕНЕНИЯ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ЛОГИСТИКИ АВИАГРУЗОПЕРЕВОЗОК

ДОСМУРЗИНОВА МАДИНА

магистрант кафедры «Организация авиационных перевозок и логистика» АО  
«Академия гражданской авиации»

Научный руководитель: ассоц.профессор АЙКУМБЕКОВ МУСЛИМ  
НУРЫМОВИЧ

***Аннотация.** В данной статье проведён анализ мирового опыта применения цифровых технологий для оптимизации логистики авиагрузоперевозок. Рассмотрены этапы развития цифровых решений в авиационной отрасли от первых алгоритмов маршрутизации и автоматизированных систем планирования до современных платформ на основе искусственного интеллекта, автономной авиации и технологий 5G. Проанализированы примеры внедрения цифровых систем ведущими международными компаниями и аэропортами, включая автоматизацию управления грузопотоками, цифровые сервисы для клиентов, роботизацию складских процессов и развитие автономной доставки. Особое внимание уделено влиянию цифровой трансформации на повышение эффективности использования воздушного флота, сокращение операционных затрат, снижение рисков и формирование устойчивых логистических цепей. Сделан вывод о том, что интеграция цифровых технологий является ключевым фактором повышения конкурентоспособности авиагрузовых перевозок в условиях глобализации и усложнения международных логистических процессов.*

***Ключевые слова:** грузовые авиаперевозки, логистика, авиационная инфраструктура, цифровизация, транзитный потенциал, автономная авиация, искусственный интеллект, транспортная политика, цифровые технологии.*

Ускорение экономического развития во всем мире в современных условиях во многом обусловлено воздушным транспортом. Его вклад заметен в укреплении связей между городами, облегчая свободное движение товаров, людей, капитала, а также распространение технологий и идей. В настоящее время эффективность авиаперевозок критически важна для успеха многих бизнесов. За последние двадцать лет количество воздушных маршрутов между городами удвоилось, достигнув более 18 тысяч уникальных направлений. Снижение стоимости авиаперевозок также положительно сказалось на экономической выгоде от их использования[1].

Использование цифровых технологий в транспортной логистике стало одним из ключевых направлений трансформации отрасли. Развитие информационных систем, автоматизированных методов обработки данных, цифровых платформ и средств мониторинга позволило значительно повысить эффективность управления логистическими процессами, сократить издержки и улучшить качество обслуживания клиентов, в том числе в сфере авиагрузоперевозок [2].

Мировой опыт свидетельствует о том, что внедрение цифровых технологий в авиационной отрасли имеет длительную историю. Первые шаги в этом направлении были сделаны во второй половине XX века и были связаны с развитием вычислительной техники и программных средств автоматизации. На начальном этапе цифровые решения применялись преимущественно для автоматизации планирования перевозок, управления маршрутами и обработки информации, связанной с эксплуатацией воздушного флота.

В 1960-х годах в США компания RAND Corporation начала разработку цифровых алгоритмов оптимизации маршрутов для транспортных воздушных судов. Данные решения основывались на методах математического моделирования и линейного программирования и стали одними из первых примеров использования цифровых технологий для повышения эффективности управления грузовыми авиаперевозками. Основной целью таких разработок являлось более рациональное использование воздушного флота, особенно в рамках военных, гуманитарных и специальных логистических операций.

Параллельно с этим корпорация IBM начала создавать автоматизированные системы планирования рейсов и управления грузопотоками. Эти системы позволяли обрабатывать большие объёмы данных о расписании полётов, загрузке воздушных судов и характеристиках перевозимых грузов, формируя оптимальные варианты доставки. Данные цифровые решения заложили основу для дальнейшего развития информационных систем в авиагрузовой логистике.

В 1970-х годах компания Boeing внедрила цифровые системы поддержки принятия решений в процессы управления воздушными судами и грузовыми операциями. Системы использовались для расчёта допустимых нагрузок, оптимизации схем загрузки и контроля соблюдения авиационных норм и стандартов безопасности. Применение таких цифровых инструментов способствовало повышению точности расчётов и снижению рисков при организации авиагрузоперевозок [3]. В этот же период Национальное управление по аэронавтике и исследованию космического пространства (NASA) начало использовать автоматизированные системы маршрутизации для повышения эффективности управления воздушным движением и сокращения задержек рейсов.

Значительным этапом в развитии цифровых технологий в коммерческой логистике стало внедрение в 1980-х годах компанией FedEx системы COSMOS (Customer Operations Service Master Online System). Данная система представляла собой комплексную цифровую платформу для управления грузовыми перевозками, позволяющую обрабатывать информацию о местоположении грузов, контролировать процессы доставки и оптимизировать маршруты в режиме реального времени. Использование COSMOS обеспечило повышение прозрачности логистических операций и стало важным шагом в цифровизации авиагрузовых перевозок [4].

Мировой опыт показывает, что цифровые технологии начали внедряться в авиагрузовую логистику задолго до современной волны цифровизации. Постепенное развитие автоматизированных систем, информационных платформ и средств цифрового управления заложило основу для формирования современных логистических решений в авиационной отрасли. Накопленный международный опыт подтверждает эффективность использования цифровых технологий для оптимизации авиагрузоперевозок и может быть использован при разработке и внедрении цифровых решений в деятельности современных авиакомпаний.

В Европе Lufthansa [5] разработала систему автоматического управления грузовыми рейсами, которая использовала алгоритмы прогнозирования и анализа. Система позволяла компании оптимизировать использование грузовых отсеков и снижать расходы на топливо.

С началом 1990-х годов в авиаперевозках стали использоваться первые нейронные сети для прогнозирования загрузки рейсов. Например, American Airlines внедрила систему SABRE, которая использовала алгоритмы машинного обучения для анализа спроса на грузовые перевозки и динамического управления ценами. Система стала прорывом в управлении авиаперевозками, так как позволяла эффективно распределять ресурсы и увеличивать прибыль.

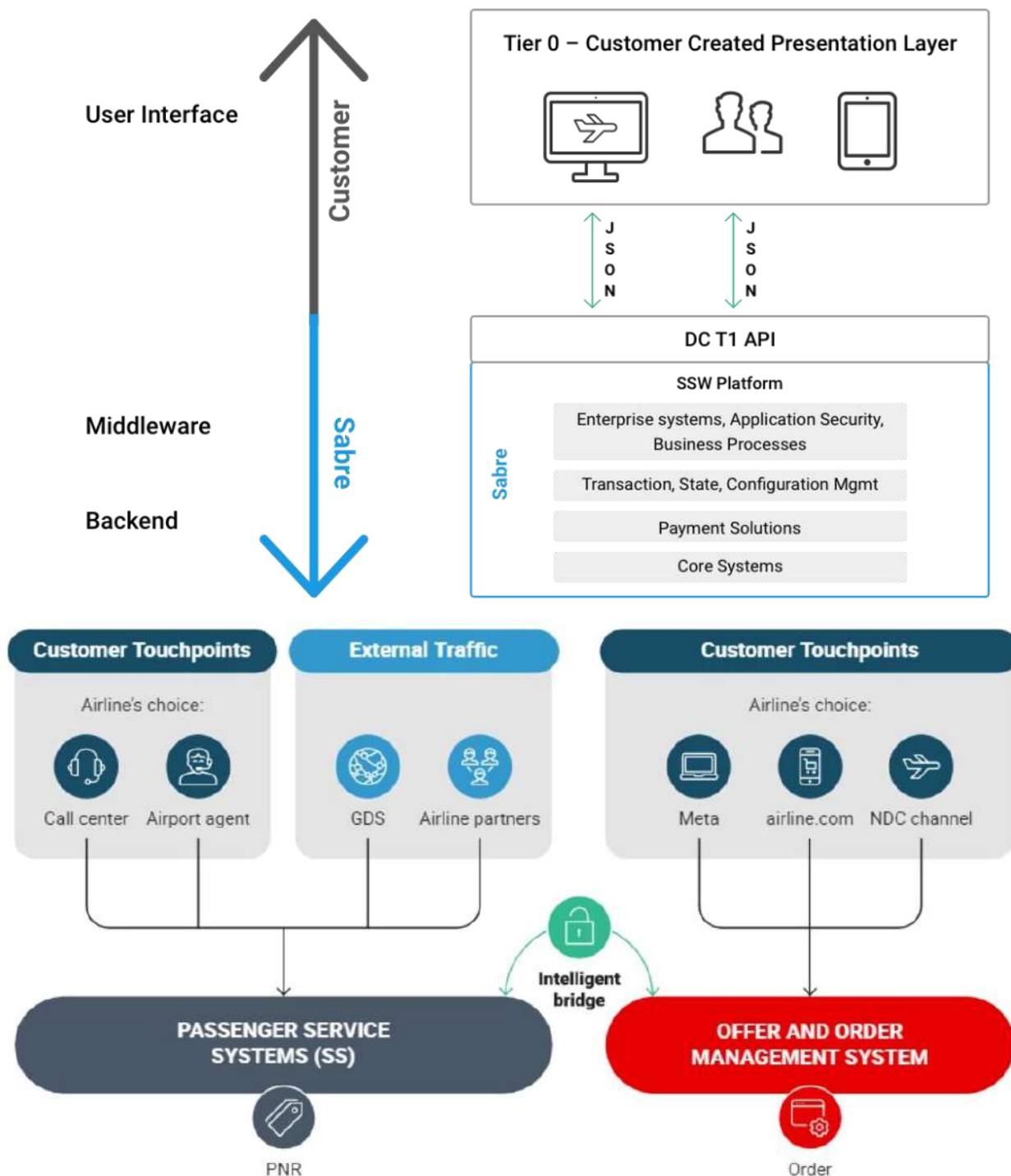


Рисунок 1. Активизация системы SABRE

В 2003 году компания DHL запустила систему Smart Logistics Platform, использующую цифровые технологии автоматически рассчитывала маршруты самолетов с учетом загруженности аэропортов и метеоусловий, позволяя сократить время доставки и затраты на топливо [6].

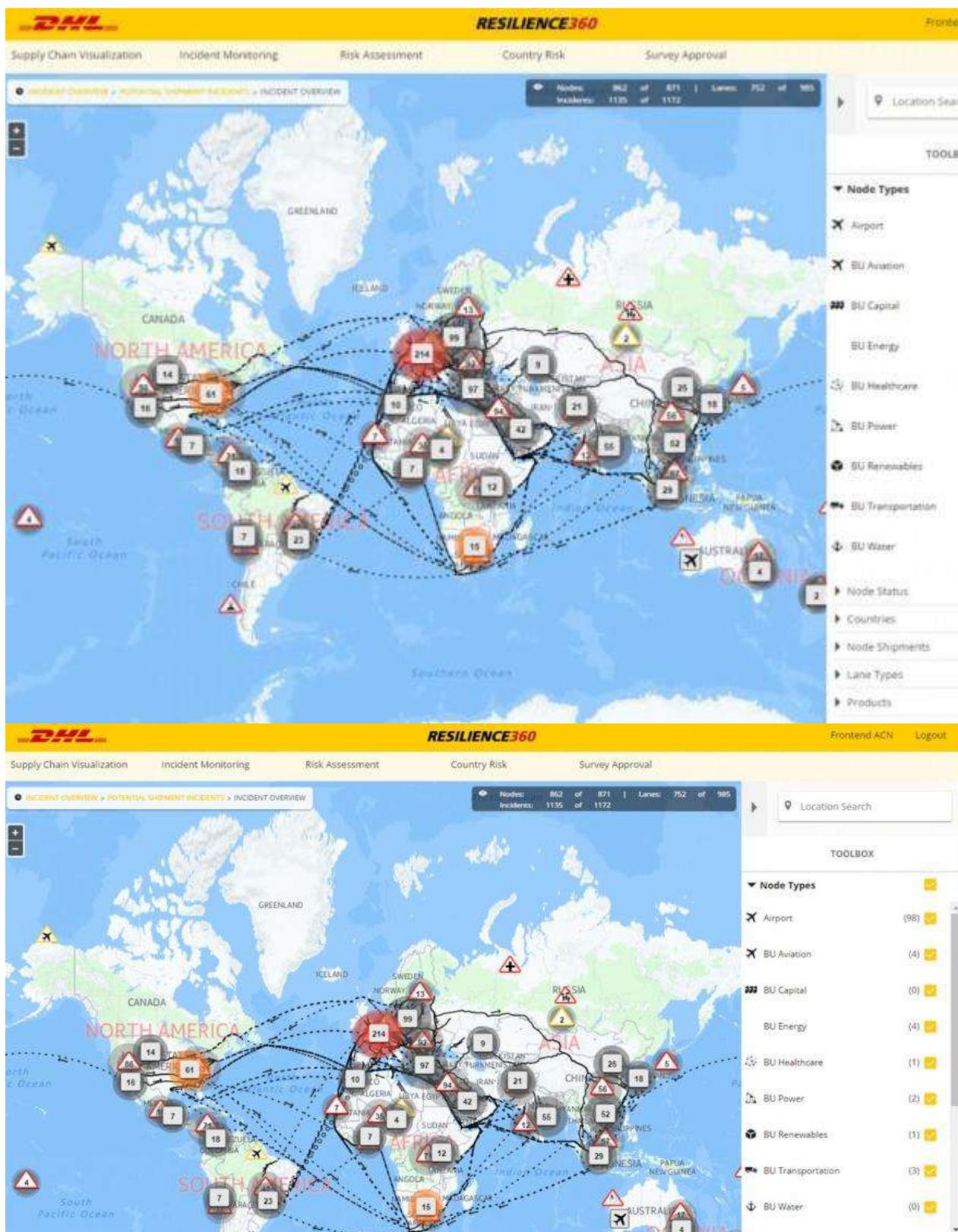


Рисунок 2. Платформа Resilience 360 для логистики

В этот период авиакомпании начали внедрять интеллектуальные системы управления воздушным движением. Например, Boeing разработала комплекс автоматизированных систем управления полётами и загрузкой воздушных судов, основанных на использовании цифровых вычислительных моделей и программных средств обработки данных [7]. Данные  
ОФ “Международный научно-исследовательский центр “Endless Light in Science”

системы позволяли оптимизировать распределение нагрузки на борт, планировать маршруты с учётом эксплуатационных ограничений и контролировать соблюдение авиационных норм безопасности. Внедрение таких цифровых решений способствовало повышению точности расчётов, снижению вероятности ошибок и улучшению координации между различными службами, задействованными в процессе авиагрузоперевозок.



Рисунок 3. Система цифрового управления авиаперевозками и загрузкой воздушного судна (на примере решений Boeing) [8].

На рисунке 3 представлена схема функционирования цифровой системы управления авиаперевозками, включающая модули планирования маршрутов, расчёта загрузки воздушного судна, управления топливом и информационного взаимодействия между экипажем, диспетчерскими службами и наземными подразделениями.

В 2016 году компания Amazon представила проект Prime Air, ориентированный на развитие цифровых технологий доставки грузов с использованием автономных беспилотных летательных аппаратов. В рамках данного проекта применялись современные цифровые системы навигации, сенсорные технологии и программные алгоритмы обработки визуальной информации, обеспечивающие безопасное перемещение дронов в городской среде. Технология была направлена на оптимизацию доставки мелких грузов и использовалась в пилотных проектах, в том числе для обслуживания удалённых и труднодоступных регионов [9].



Рисунок 4. Применение цифровых технологий в авиагрузовой логистике: автономная доставка и роботизация складских процессов

Крупные международные аэропорты также активно внедряют цифровые технологии для оптимизации складской и грузовой логистики. Так, аэропорт Singapore Changi Airport начал использовать автоматизированные роботизированные комплексы для управления логистическими процессами на грузовых терминалах. Данные цифровые решения применяются для сортировки, перемещения и обработки грузов, что позволяет сократить время выполнения операций, снизить нагрузку на персонал и уменьшить издержки, связанные с ручным трудом [10].

Авиакомпании, ориентированные на развитие цифровых сервисов, внедряют электронные каналы взаимодействия с клиентами в сфере авиагрузоперевозок. Например, Lufthansa Cargo реализовала цифровые сервисы поддержки клиентов, включая автоматизированные системы обработки запросов. Решения позволяют оперативно предоставлять информацию о статусе грузов, тарифах, сроках доставки и возможных задержках, что способствует повышению прозрачности логистических процессов и улучшению качества клиентского обслуживания [11].

Мировой опыт демонстрирует, что современные цифровые технологии находят широкое применение не только в управлении перевозками, но и в автоматизации складской логистики, организации доставки «последней мили» и развитии клиентских сервисов. Использование таких решений способствует повышению эффективности авиагрузоперевозок, снижению операционных затрат и формированию более устойчивых и гибких логистических систем [12].

В последние годы в мировой практике авиагрузоперевозок активно развиваются цифровые технологии автономной авиации. Так, ряд компаний, включая **Volocopter**, приступили к реализации проектов по использованию автономных грузовых летательных аппаратов для доставки товаров на средние расстояния. В данных решениях применяются цифровые системы навигации, автоматизированного управления полётами и мониторинга параметров рейса в режиме реального времени. Использование автономных воздушных

платформ позволяет повысить точность выполнения рейсов, сократить операционные затраты и расширить возможности доставки грузов в труднодоступные регионы.

Значимую роль в развитии цифровых решений в авиационной логистике сыграло внедрение высокоскоростных сетей связи пятого поколения (5G). Данные технологии обеспечивают оперативный обмен информацией между бортовыми системами воздушных судов, наземными диспетчерскими центрами и логистическими платформами. Применение 5G способствует повышению скорости обработки данных, улучшению координации логистических операций и повышению надёжности управления авиагрузоперевозками, особенно в условиях высокой плотности трафика и сложных логистических цепей [13].

Период с 2020 по 2024 годы характеризуется активным внедрением цифровых технологий в сфере авиаперевозок. В этот период получили широкое распространение автоматизированные системы управления перевозками, цифровые платформы мониторинга грузов, технологии автономной доставки и электронного документооборота. Интеграция цифровых решений, включая автономные летательные аппараты, системы удалённого контроля и распределённые информационные платформы, позволила повысить эффективность логистических процессов, обеспечить большую прозрачность операций и адаптировать авиагрузовые перевозки к современным экономическим и технологическим вызовам [14].

Развитие цифровых технологий в авиагрузовой логистике осуществляется в рамках действующих международных и национальных нормативно-правовых механизмов. Основопологающим документом, регулирующим международные воздушные перевозки грузов, пассажиров и багажа, является Конвенция 1929 года, нормы которой распространяются как на платные, так и на бесплатные перевозки, осуществляемые государственными и частными перевозчиками. Конвенция определяет требования к оформлению перевозочных документов, условия заключения договоров воздушной перевозки, а также права, обязанности и пределы ответственности сторон, включая случаи смешанных перевозок [15].

Дополнительно международная деятельность в сфере авиаперевозок регулируется двусторонними межгосударственными соглашениями, устанавливающими порядок открытия и эксплуатации международных воздушных линий. В рамках таких соглашений государства назначают национальных авиаперевозчиков и определяют условия выполнения перевозок по согласованным маршрутам. Кроме того, данные соглашения направлены на унификацию тарифной политики, таможенных процедур и требований авиационной безопасности, что создаёт нормативную основу для внедрения и масштабирования цифровых технологий в авиагрузовой логистике.

Таким образом, мировой опыт показывает, что развитие цифровых технологий в авиагрузоперевозках осуществляется комплексно, сочетая внедрение автономных и автоматизированных решений с совершенствованием нормативно-правового регулирования, обеспечивая устойчивое развитие авиационной логистики, повышение эффективности перевозок и формирование условий для дальнейшей цифровой трансформации отрасли.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Susskind R. The Future of the Professions. – Oxford Univ. Press, 2015. – 264 p.
2. Goodfellow I., Bengio Y., Courville A. Deep Learning. – MIT Press, 2016. – 775 p.
3. Kaplan A. Artificial Intelligence: What Everyone Needs to Know. – Oxford Univ. Press, 2016. – 224 p.
4. Russell S., Norvig P. Artificial Intelligence: A Modern Approach. – Pearson, 2010. – 1132 p.
5. LeCun Y., Bengio Y., Hinton G. Deep Learning // Nature. – 2015. – Vol. 521. – P. 436–444.
6. Попов И.С. Искусственный интеллект в экономике и логистике. – М.: Логистика, 2020. – 216 с.
7. Павлова А.Г. Цифровые технологии в международной логистике. – СПб.: Питер, 2021. – 288 с.
8. Киселев А.Е. ИИ в управлении поставками. – М.: Транспорт, 2020. – 312 с.
9. Садовников В.Л. Дроны и их применение в логистике. – М.: Логос, 2018. – 178 с.
10. Федоров А.А. Интеллектуальные системы в логистике. – М.: КНОРУС, 2022. – 192 с.
11. Ускембаев Т.Р. Smart логистика и прогнозирование. – Алматы: Экономика, 2021. – 200 с.
12. Бельский П.С. Моделирование логистических процессов. – М.: Инфра-М, 2020. – 260 с.
13. Бектасов К.А. Блокчейн в логистике: подходы и реализация. – Нур-Султан: Логистика, 2022. – 232 с.
14. Тыныбеков А.Л. Роботизация в аэропортах: кейсы и внедрение. – Алматы: Авиатех, 2023. – 214 с.
15. Конвенция о международной воздушной перевозке (Варшавская, 1929 г.) // Международное право. Сборник документов. – М.: Юнити, 2021. – С. 134–144.

## СОДЕРЖАНИЕ CONTENT

### ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ TECHNICAL SCIENCES

<b>ӘЛӘКВӘР QIZI ŞABANOVA</b> EKSPERT SISTEMLƏRININ PROLOQ DILINDƏ REALLAŞDIRILMASI: NƏZƏRIYYƏDƏN TƏCRÜBƏYƏ SEVINC.....	3
<b>КОЖАБЕКОВА ЭЛЬМИРА КУРБАНАЛИКЫЗЫ</b> [ШЫМКЕНТ, ҚАЗАҚСТАН] ФИЗИКАЛЫҚ ҚҰБЫЛЫСТАРДЫ ТАНИТЫН НЕЙРОЖЕЛІНІ ҚОЛДАНУ ӘДІСТЕМЕСІ.....	8
<b>СОЛТЫБАЕВА ЛЯЗЗАТ САКЕНОВНА</b> [АСТАНА, ҚАЗАҚСТАН] МАТЕМАТИКАЛЫҚ ЖҮЙЕЛЕРДЕГІ ЖАСАНДЫ ИНТЕЛЛЕКТ.....	11
<b>СМАЙЛ АРАЙЛЫМ АСЫЛХАНҚЫЗЫ, СМАГУЛОВА КАРШИГА КАНАТОВНА</b> [ҚАРАГАНДА, ҚАЗАХСТАН], <b>МЕЛИКУЗИЕВ МИРКОМИЛ ВОХИДЖАН УГЛИ</b> [ТАШКЕНТ, УЗБЕКИСТАН], <b>БАТЫРБЕК ӘЛІБЕК ЕСІМБЕКҰЛЫ</b> [ТЕМИРТАУ, ҚАЗАХСТАН] АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ УПРАВЛЯЕМЫХ КОМПЕНСИРУЮЩИХ УСТРОЙСТВ В СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПРОКАТНОГО ПРОИЗВОДСТВА.....	14
<b>МҰРАТБАЕВА ЖАДЫРА БАТЫРБЕКҚЫЗЫ, ЖУМАГАЛИЕВ И.К., ЕРБУЛАТОВА А.М.</b> [ОРАЛ, ҚАЗАҚСТАН] МАШИНА ЖАСАУ КӘСІПОРЫНДАРЫНДАҒЫ ҚАУІПТІ ЖӘНЕ ЗИЯНДЫ ӨНДІРІСТІК ФАКТОРЛАР.....	20
<b>БАТЫРБЕК ӘЛІБЕК ЕСІМБЕКҰЛЫ, СИВЯКОВА ГАЛИНА АЛЕКСАНДРОВНА</b> [ТЕМИРТАУ, ҚАЗАХСТАН], <b>ТЫТЮК ВАЛЕРИЙ КОНСТАНТИНОВИЧ</b> [КРИВОЙ РОГ, УКРАИНА], <b>МАМИРОВ УКТАМ ФАРХОДОВИЧ</b> [ТАШКЕНТ, УЗБЕКИСТАН] ИССЛЕДОВАНИЕ УСИЛИЙ РЕЗАНИЯ НА ЛЕТУЧИХ БАРАБАНЫХ НОЖНИЦАХ СТАНА ГОРЯЧЕЙ ПРОКАТКИ.....	30
<b>БЕЙСЕНБЕКОВА ЗАУРЕШ НАҒАШБЕКОВНА, ЖҰМАБЕК АДИНА ЖАНДАРҚЫЗЫ, ОҢЛАБЕКОВА А.Т.</b> [ТАРАЗ, ҚАЗАҚСТАН] ТАМАҚ ӨНІМДЕРІНІҢ ҚАУІПСІЗДІГІ МЕНЕДЖМЕНТІ ЖҮЙЕСІНДЕГІ ҚАУІПТЕРДІ АНЫҚТАУ.....	36
<b>БЕЙСЕНБЕКОВА ЗАУРЕШ НАҒАШБЕКОВНА, ОРАЗГАЛИЕВ ДУМАН МАРАТҰЛЫ, ОҢЛАБЕКОВА А.Т.</b> [ТАРАЗ, ҚАЗАҚСТАН] ТЕХНИКАЛЫҚ РЕГЛАМЕНТ ТАЛАПТАРЫНА СӘЙКЕС БАЛАЛАР ОЙЫНШЫҚТАРЫН СЕРТИФИКАТТАУ.....	41
<b>ДИНА СЕРИКОВА, КУЛПАШ ИЛЬЯСОВА</b> [АСТАНА, ҚАЗАХСТАН] ТЕХНО-ДИПЛОМАТИЯ В ЭРУ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА.....	44
<b>КУЛБАЕВ Е.Ш., БАРАТОВА Т.С., БОНДАРЬ И.С.</b> [АЛМАТЫ, ҚАЗАХСТАН] К ВОПРОСУ ДОРОЖНО-КЛИМАТИЧЕСКОГО ЗОНИРОВАНИЯ КАЗАХСТАНА НА ПРИМЕРЕ V КЛИМАТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ.....	50
<b>БЕКЕНОВА АРУЖАН ТАЛҒАТҚЫЗЫ, С.С.КАЙРОЛЛИЕВНА</b> [АСТАНА, ҚАЗАХСТАН] РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ГИБРИДНОГО НЕЧЁТКО-НЕЙРОСЕТЕВОГО УПРАВЛЕНИЯ ОДНОЗВЕННЫМ МАНИПУЛЯТОРОМ В СРЕДЕ MATLAB.....	60
<b>YUSIFOV ELKHAN ALIYUSIF, HASANOVA SEVDA ALI, YUSIFOVA ESMIRA ASLAN, ALIYEV JASARAT SALEH, YUSIFOVA AY TAN ELKHAN, MADATOVA SAMIRA MAMMADHESYN</b> [BAKU, AZERBAIJAN] MECHANISM OF APPLICATION OF HYDRATE FORMATION INHIBITORS.....	64

**ЕЛУБАЙҰЛЫ ЕЛЖАН, САГНАЕВА С.К.** [АСТАНА, ҚАЗАҚСТАН] АЗЫҚ-ТҮЛІК ҚОЙМАСЫНДАҒЫ ОПЕРАЦИЯЛАРДЫ ОҒТАЙЛАНДЫРУ ҮШІН СҰРАНЫСТЫ БОЛЖАУ МОДЕЛЬДЕРІН ҚОЛДАНУ ....68

**ӨМІРЗАҚ АЙНҰР САЯТҚЫЗЫ, КОНАКБАЙ ЗАРИНА ЕРМЕКОВНА** ОПТИМИЗАЦИЯ ФОРМАЛЬНОСТЕЙ В ГРУЗОВЫХ АВИАПЕРЕВОЗКАХ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ АВИАЦИОННОЙ ЛОГИСТИКИ.....74

**ДОСМУРЗИНОВА МАДИНА, АЙКУМБЕКОВ МУСЛИМ НУРЫМОВИЧ** АНАЛИЗ МИРОВОГО ОПЫТА ПРИМЕНЕНИЯ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ЛОГИСТИКИ АВИАГРУЗОПЕРЕВОЗОК.....83

# ENDLESS LIGHT IN SCIENCE



**Контакт**



[irc-els@mail.ru](mailto:irc-els@mail.ru)

**Наш сайт**



[irc-els.com](http://irc-els.com)