

ResearchGate

Google Scholar

I^{WORLD}
I^{JOURNALS}

НАУЧНАЯ ЭЛЕКТРОННАЯ
БИБЛИОТЕКА
LIBRARY.RU



ISSN

e-ISSN(Online) 2709-1201



МЕЖДУНАРОДНЫЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

ENDLESS LIGHT IN SCIENCE

NO 3

31 МАРТА 2026

Астана, Казахстан



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.

31 марта 2026 г.
Астана, Казахстан

<https://doi.org/10.5281/zenodo.19511271>
УДК 69.059.25

XX ƏSRİN İKİNCİ YARISINDA İSTİFADƏYƏ VERİLMİŞ BİNALARIN YENİDƏN QURULMASI VƏ MODERNLƏŞDİRİLMƏSİ: MƏQSƏD VƏ VƏZİFƏLƏRİ

YUSİFOV MAARİF ZABİT OĞLU

BQİR kafedrasının dosenti, Azərbaycan Memarlıq və İnşaat Universiteti, Bakı, Azərbaycan

SÜLEYMANOVA XƏDİCƏ SADIQ QIZI

Azərbaycan Memarlıq və İnşaat Universiteti, Bakı, Azərbaycan

Xülasə: Bu məqalədə Azərbaycanda mənzil fondunun mövcud vəziyyəti araşdırılır. Yaşayış binalarının yenidən qurulması bir çox ölkələrdə vətəndaşlara mənzil təminatının əsas variantlarından biri hesab edildiyindən, mənzil tikintisi inkişaf dövrlərindən yaşayış binalarının yenidən qurulması problemlərinə diqqət yetirilib. Məqalədə 1960-cı ildən 1975-ci ilə qədər, standart eynitipli layihələrə əsasən tikilmiş beşmərtəbəli yaşayış binalarının fərdi struktur elementlərinin istismara yararlılığı və xüsusiyyətləri, eləcə də şəhərsalma, iqtisadi və ekoloji məqsəd və vəzifələr nəzərə alınmaqla onların modernləşdirilməsinin və ya bərpasının əsas sahələri ətraflı təsvir edilmişdir. Məqalədə vurğulanır ki, enerjiyə qənaət edən yaşayış binalarının yaradılması mənzil fondunun inkişafının müxtəlif dövrləri nəzərə alınmaqla həyata keçirilməlidir. Bundan əlavə, mənzil tikintisinin hər bir dövrü üçün mənəvi və fiziki aşınmadan asılı olaraq ayrıca rekonstruksiya və bərpa proqramı tələb olunur. İnsanlar üçün rahat yaşayışın təmin edilməsi təkcə müasir istismar tələblərinə cavab verən mənzillərin və evlərin yaradılmasını deyil, həm də şəhər mühitinin ekoloji təhlükəsizliyinin təmin edilməsini nəzərdə tutur. Rekonstruksiya işlərindən sonra binaların ömrünün uzadılması əsasən tikinti-quraşdırma işlərinin yüksək keyfiyyətli yerinə yetirilməsindən, fərdi struktur elementlərinin bərpası, möhkəmləndirilməsi və dəyişdirilməsi üçün innovativ və enerjiyə qənaət edən texnologiyaların və materialların düzgün seçilməsindən asılıdır.

Açar sözlər: rekonstruksiya, yaşayış binaları, rekonstruksiya xərci, iqtisadi səmərəlilik.

RECONSTRUCTION AND MODERNIZATION OF BUILDINGS COMMISSIONED IN THE SECOND HALF OF THE 20TH CENTURY: GOALS AND TASKS

M.Z. YUSİFOV

PhD, Associate professor,

Azerbaijan University of Architecture and Construction

X.S. SULEYMANOVA

Azerbaijan University of Architecture and Construction

This article examines the current state of the housing stock in Azerbaijan. Since the reconstruction of residential buildings is considered one of the main options for providing citizens with housing in many countries, the author attention has been paid to the problems of reconstruction of residential buildings of housing construction development. The article describes in detail the serviceability and characteristics of individual structural elements of five-story residential buildings built from 1960 to 1975 according to standard similar projects, as well as the main areas of their modernization or restoration, taking into account urban planning, economic and environmental goals and objectives. The article emphasizes that the creation of energy-efficient residential buildings should be carried out taking into account different periods of housing stock development. In addition, for each period of housing construction, a separate reconstruction and restoration program is required, depending on moral and physical wear and tear. Ensuring comfortable living for people implies not only the creation of apartments and houses that meet modern operational

requirements, but also ensuring the ecological safety of the urban environment. Extending the life of buildings after reconstruction largely depends on the high-quality performance of construction and installation works, the correct selection of innovative and energy-saving technologies and materials for the restoration, strengthening and replacement of individual structural elements.

Keywords: reconstruction, residential buildings, reconstruction cost, economic efficiency.

1. Giriş. Son zamanlar bina və qurğuların yenidən qurulması, yeni yaşayış binalarının tikintisi və istifadəyə verilməsi ilə yanaşı, vətəndaşların mənzillə təmin edilməsinin əsas problemləli və aktual sahələrindən biri hesab olunur. Bu məqsədlə, hətta bəzi ölkələrdə yaşayış və mülki təyinatlı sənaye binaları yenidən qurulmadadır [7]. Lakin, sosial məqsədlərlə yanaşı, rekonstruksiyanın spesifik iqtisadi, ekoloji və şəhərsalma məqsədləri də mövcuddur.

Şəhərsalma məqsədlərinə müxtəlif dərəcələrdə ekoloji məqsədlərlə üst-üstə düşən spesifik problemləri həll etməklə nail olmaq olar. Mənzil fondunun memarlıq planlaşdırma göstəricilərinin yaxşılaşdırılması və zəif saxlanılan binaların memarlıq və məkan keyfiyyətlərinin yenilənməsi ictimai sağlamlığın və rahat yaşayış şəraitinin təmin edilməsi və saxlanması ilə birbaşa bağlıdır.

Müxtəlif hesablamalara görə, Azərbaycanın ümumi mənzil fondunun təxminən 25%-ni təşkil edən 1946-1970-ci illər arasında tikilmiş binaların təcili təmirə ehtiyacı var. Bunlardan 5%-i Stalin dövrünə aid binalardır və ciddi şəkildə köhnəlib. Qalan 20%-i tamamilə köhnəlmə həddinə çatıb və artıq müasir həyat standartlarına cavab vermir.

Hazırda bu cür binaların kütləvi təmiri üçün hərtərəfli bir proqram hazırlanır. Bu proqram aşağıdakı məsələləri həll edir: xarici divarların izolyasiyası (bu, istilik xərclərini azaldacaq), dülğərlik işlərinin təkmilləşdirilməsi, kommunal xətlərin və avadanlıqların tamamilə dəyişdirilməsi, bina boyunca müxtəlif axın ölçən cihazların və sayğacların quraşdırılması, eyvanların və örtüklərin möhkəmləndirilməsi və ya bərpası, bəzi binalarda liftlərin və qızdırılan vestibüllərin quraşdırılması və s. əhatə edir.

Hər bir bina seriyası üçün mənzillərin istehlak keyfiyyətlərinin yaxşılaşdırılması məsələsini həll etmək üçün bir proqram hazırlanmışdır ki, bu da rahatlığın (funksionallığın, təhlükəsizliyin, ekoloji cəhətdən təmizliyin) artırılması və şəhər yaşayış mühitinin rasionallığının (səmərəliliyin, dayanıqlığın) təmin edilməsi ilə əlaqələndirilir.

Həm Azərbaycanda, həm də digər ölkələrdə yuxarıda qeyd olunan göstəricilərin təmin edilməsinin əsas istiqamətlərindən biri üst tikililər, genişləndirmələr, tikililər, eyvanlar əvəzinə lojaların quraşdırılması, pəncərələr və rekonstruksiya yolu ilə məkan planlaşdırma həllərinin dəyişdirilməsidir.

2. Nəzəri üsul və metodikalar. Effektiv bir rekonstruksiya metodologiyası hazırlamaq üçün onun tətbiqinin müxtəlif üsullarını sınaqdan keçirmək lazımdır.

1960-cı ildən 1975-ci ilə qədər tikilmiş beşmərtəbəli yaşayış binaları sənaye mənzil tikintisinin ilk dövrünün ümumi mənzil fondunun təxminən 70%-ni təşkil edir. Bu binaların xarakterik xüsusiyyətləri onların kərpicdən, bloklardan və ya panellərdən hazırlanmış iki aşırımlı üç uzununa yükdaşıyıcı divardan ibarət olan struktur sistemindədir. Döşəmələr yığma içi boş dəmir-beton plitələrdən hazırlanır. Binalar əsasən dörd və ya üç hissəli, iki hissəli binalar təxminən 4%-ni, beş və ya daha çox hissəli binalar isə 15%-ni təşkil edir və hər mərtəbədə dörd mənzil yerləşir. Mənzillər sahədən asılı olaraq beş növə bölünür: bir otaqlı (31 m²), iki otaqlı (41 və 45 m²) və üç otaqlı (55 və 58 m²). Kərpic divarlı eyni seriyalı binalarda daxili divarların qalınlığının artması səbəbindən mənzillərin ümumi sahəsi 1-1,5 m² kiçikdir. Bir otaqlı mənzillər əsasən binaların uclarında yerləşir və pəncərə və balkon qapısı olan əlavə pəncərənin olması səbəbindən əhəmiyyətli dərəcədə istilik itkisi ilə üzləşir. Otaqların əksəriyyəti izolyasiya olunmayıb. Digər əsas çatışmazlıqlar kiçik mətbəxlər, dəhlizlər, anbarlar, bəzən eyvan və lojaların olmaması, birləşdirilmiş vanna otaqları və müasir santexnika quraşdırmağın mümkün olmamasıdır. Lakin, təmir və rekonstruksiya baxımından binalar böyük maraq doğurur, çünki struktur sistemi mənzillərin və hissələrin zəruri yenidən qurulmasına və müəyyən məhdudiyətlər daxilində müasir mənzillərin yaradılmasına imkan verir.

Tədqiqatlar göstərir ki, binaların əsas yükdaşıyıcı konstruksiyaları, möhkəmliyi və faktiki vəziyyəti nəzərə alınmaqla, daha 50-60 il xidmət edə bilər. Bəzi hallarda əhəmiyyətli olan standart layihədən bina layihələrindəki kənara çıxmalar, təmir olunan hər bir binanın ətraflı layihələndirmə mərhələsində yoxlanılmasının və üst tikili üçün xüsusi planlaşdırma həllinin hazırlanmasının zəruriliyini göstərir [3]. Binaların aktiv əraziyə bağlanması prosesində əlavə edilən zirzəmi döşəmələrinin yükdaşıma qabiliyyəti xüsusilə vacibdir. Binaların istifadəsi zamanı torpağın əhəmiyyətli dərəcədə sıxlaşması da qeydə alınıb.

Tipik binaların struktur sistemi bir və ya iki yaşayış mərtəbəsinin əlavə edilməsinə, müvafiq olaraq lift qurğusunun əlavə edilməsinə və balkon plitələrinin və örtüklərinin dəyişdirilməsinə imkan verir. Mənzillərarası divar və tavanların əksəriyyəti, əsas parametrlərinə görə, bugünkü səs izolyasiya standartlarına uyğundur və müasir standartlara cavab verən konstruksiyalardan hazırlanır. Lakin, ayrı-ayrı hissələr arasındakı 140 mm qalınlığında dəmir-beton divarlar əlavə səs izolyasiyasına, xarici mühafizə konstruksiyaları isə əlavə istilik izolyasiyasına ehtiyac duyur, çünki istilikötürmə əmsalı müasir standartlara görə 2-2,5 dəfə yüksəkdir. Dam örtüyü konstruksiyaları ümumiyyətlə köhnəlib və əhəmiyyətli dərəcədə təmir tələb edir. İstilik izolyasiyasını yaxşılaşdırmaq üçün pəncərə çərçivələrinin də yenilənməsinə ehtiyac var.

Tədqiqatlar göstərir ki, bu binaların damları əsasən standart xidmət müddəti beş il olan yayılmış dam örtüyü materiallarından (tol, brezent kağız) hazırlanır. Tikinti və quraşdırma işlərinin keyfiyyətsiz olması səbəbindən damlar demək olar ki, hər üç-dörd ildən bir təmir olunurdu. Lakin köhnə dam dəyişdirilmirdi və üstünə yalnız əlavə brezent kağız təbəqələri qoyuldu. Bu çoxqatlı dam örtüyü binaya əlavə problemlər və yüklər yaradırdı. Buna görə də, damın dəyişdirilməsi yalnız əlavə döşəmələrin əlavə edilməsi üçün deyil, həm də istismar göstəricilərini yaxşılaşdırmaq üçün lazımdır.

Bu baxımdan, son zamanlar həm yerli, həm də xarici alimlər tərəfindən "soyuq ötürücü"lərin aradan qaldırılması, pərdə divarlarının, havalandırılan fasadların quraşdırılması, əlavə suvaqlama və s. yolu ilə yenidən qurulmuş binaların enerji səmərəliliyinin artırılmasına yönəlmiş tədqiqatlar aparılmışdır. Xüsusilə Almaniyanın şərq hissəsində və Norveçdə geniş istifadə olunan "passiv evlər" üçün binaların yenidən qurulması maraqlıdır [4, s.19].

Mövcud qaydalara əsasən, müxtəlif kommunal sistemlər üçün daxili kommunal şəbəkələrin və avadanlıqların standart xidmət müddəti 25 ildən 30 ilə qədərdir. Bu sistemlərin modernləşdirilməsi təkcə onların istismar müddətinin tamamilə tükənməsi ilə deyil, həm də bazarda yeni innovativ, enerjiyə qənaət edən materialların və texnologiyaların meydana çıxması ilə müəyyən edilir ki, onların düzgün seçimi onların xidmət müddətini əhəmiyyətli dərəcədə uzadacaqdır.

Yuxarıda göstərilənlərdən belə nəticə çıxarmaq olar ki, bina və qurğuların yenidən qurulması və bərpası əhalinin həyat keyfiyyətinin təmin edilməsində və yaxşılaşdırılmasında ən vacib sahələrdən biridir, lakin onların həcmi köhnəlmiş və qəzalı mənzil fondunun həcmində davamlı artması ilə müqayisədə azalmağa meyllidir. Ətraf mühit baxımından söküntü də ən yaxşı seçim deyil. Yaşayış binalarının və uşaq baxçaları, məktəblər, klinikalar və digər sosial obyektlərin yerləşdiyi bütün məhəllələrin sökülməsi üçün istifadə edilən çoxsaylı maşın və mexanizmlərdən atmosfərə zərərli maddələrin atılması icazə verilən maksimum emissiyaları aşıya bilər.

Qeyd etmək lazımdır ki, yeni tikililər bazarında bir qədər fasilə yaranmasına baxmayaraq, mövcud mənzil bazarı son dərəcə uğurlu olmağa davam edir. Bu, mənzillərin kvadrat metrə düşən qiymətinin yenilərə nisbətən aşağı olması, inkişaf etmiş infrastruktur və təbii ki, əhali arasında real pulun olmaması ilə əlaqədardır. Üstəlik, Azərbaycanda XX əsrin ikinci yarısının şəhərsalma dövründə tikilmiş bəzi binalar, əhəmiyyətli fiziki aşınmaya baxmayaraq, hələ də daşınmaz əmlak bazarında tələbat altındadır: Bütün çatışmazlıqlara baxmayaraq, kommunal şəbəkələrin müvafiq modernləşdirilməsi və ya əsaslı təmiri aparıldığı təqdirdə, əsaslı tikinti baxımından keçmiş SSRİ dövrünə aid binalar 2050-2070-ci illərə qədər, daha sonrakı binalar isə 2080-2090-cı illərə qədər istifadəyə yararlı saxlamaq mümkündür.

3. Azərbaycanda ümumi mənzil fondu: Statistika və dinamika.

Azərbaycan Respublikasının Dövlət Statistika Komitəsinin məlumatına görə, 2005–2015-ci illər arası ölkənin mənzil fondu 22,8% artaraq 170,7 milyon kv.m-ə yüksəlib. Bu dövrdə yaşayış binalarının sayı 1,162 milyon-dan 1,335 milyon-a çatmışdır [1].

Cədvəl 1. Azərbaycan mənzil fondunun əsas göstəriciləri (2005–2015)

İl	Mənzil fondu sahəsi (mln kv.m)	Yaşayış binaları (min ədəd)	Mənzillər (min ədəd)
2005	139.0	1162.1	1737.7
2010	159.6	1256.4	1828.2
2013	166.4	1302.9	1887.7
2015	170.7	1335.0	1925.0

Cədvəl 1-in qiymətləri göstərir ki, ölkədə mənzil fondu uzunmüddətli dövrdə müsbət dinamikaya malik olsa da, artırılan sahənin böyük hissəsi köhnə fondun əvəzlənməsi deyil, yeni tikinti ilə əlaqəlidir.

Beşmərtəbəli tipik binaların daşıyıcı sxemi:

- İki aşırımlı üç uzununa daşıyıcı divar
- 140 mm qalınlığında dəmir-beton arakəsmələr
- Yığma boşluqlu dəmir-beton plitələr

Cədvəl 2. Texniki vəziyyət qiymətləndirməsi

Element	Fiziki aşınma (%)	Qalıq xidmət müddəti
Daşıyıcı divarlar	20–35%	50–60 il
Dam örtüyü	60–80%	5–10 il
Kommunikasiya xətləri	70–90%	0–5 il
Pəncərə blokları	65–85%	dəyişdirilməlidir

Tədqiqatlar göstərir ki, əsas daşıyıcı konstruksiyalar normativ təhlükəsizlik ehtiyatına malikdir və əlavə 1–2 mərtəbə artırımı texniki baxımdan mümkündür.

3.1. Yaşayış binalarının yaş strukturuna tənqidi baxış.

Beynəlxalq Energetika Agentliyinin (IEA) analizinə görə, Azərbaycanda mövcud yaşayış fondu təxminən 109 milyon kv.m-dən ibarətdir ki, bu da 1,6 milyon mənzili əhatə edir. Onların 50-dən çoxu 1980-ci illərdən əvvəl tikilmiş binalardır.

Bu işə aşağıdakı iki mühüm nəticəni göstərir:

- Köhnə fondun böyük hissəsi standart enerji səmərəliliyi normalarına cavab vermir.
- Bu binalar enerjiyə yüksək tələbatlı və istismar xərcləri yüksək olan sahələrdir.

Əhali üçün orta istifadə sahəsi təxminən 15 m²/adam təşkil edir ki, bu da Avropa İttifaqı ölkələrinin ortalaması (≈35 m²/adam) ilə müqayisədə xeyli azdır.

3.2. Köhnəlmiş və qəzalı binalar: Rəsmi məlumatlar.

Dövlət Şəhərsalma və Arxitektura Komitəsinin 2024-cü il məlumatlarına görə, yalnız Bakı, Sumqayıt və Gəncə şəhərlərində 219 ünvan üzrə 7,300-dən çox qəzalı mənzil müəyyən edilib [1].

Bu rəqəm yekun deyil və bütün ölkə üzrə aparılan monitorinqə əsasən artacağı proqnozlaşdırılır.

3.3. Enerji səmərəliliyi və istilik itkisi. Binaların enerji sərfiyyat strukturu.

Beynəlxalq Energetika Agentliyinin hesabatına görə, Azərbaycanda mənzil binalarında illik enerji sərfi təxminən 250–280 kVt-saat/m² təşkil edir ki, bu da Avropa İttifaqı ortalaması 160 kVt-saat/m² ilə müqayisədə daha yüksəkdir. Bu işə o deməkdir ki, mövcud yaşayış fondunun orta enerji səmərəliliyi beynəlxalq standartlardan 35-60% daha aşağıdır.

Enerji və ekoloji effekti baxımından Dünya Bankı qeyd edir ki, binalar Azərbaycan enerji istehlakının təxminən 55%-ni təşkil edir, bu dünya ortalaması ($\approx 35\%$) ilə müqayisədə xeyli yüksəkdir.

Cədvəl 3. Müqayisəli istilikötürmə əmsalları

Dövr	Xarici divar U-əmsalı ($Vt/m^2 \cdot K$)
1960–1975	1.4 – 1.8
Müasir norma	0.4 – 0.6
Passiv ev	≤ 0.15

Müqayisə nümunəsi olaraq, Almaniya və Norveçə götürsək:

1. Almaniya – Şərqi Almaniya 1970-ci illər panel binaları üzərində aparılan modernizasiya proqramı nəticəsində istilik sərfi 60–75% azaldılmışdır.

2. Norveç – Köhnə yaşayış fondunun “passiv ev” standartlarına uyğunlaşdırılması pilot layihələrdə 80% enerji qənaəti göstərmişdir.

Tədqiqat çərçivəsində:

- fiziki və mənəvi aşınma göstəriciləri,
- enerji itkisi parametrləri,
- konstruktiv daşıyıcılıq ehtiyatı,
- rekonstruksiya və söküntü ssenarilərinin iqtisadi müqayisəsi,
- beynəlxalq təcrübə nümunələri

təhlil edilmişdir. Nəticə göstərir ki, düzgün layihələndirilmiş və mərhələli şəkildə icra olunan rekonstruksiya proqramı yeni tikinti ilə müqayisədə daha az karbon emissiyası, daha aşağı investisiya yükü və daha qısa icra müddəti təmin edə bilər.

Bu məlumat tək-cə enerji istehlakı baxımından deyil, həm də karbon emissiyasının mənbəyi kimi yaşayış fondunun rolunu ortaya qoyur. Köhnə fondun rekonstruksiya ilə əldə olunacaq enerji qənaəti həm iqtisadi, həm də ekoloji fayda yaradır.

Statistik göstəricilərə əsaslanaraq aşağıdakı elmi nəticələrə gəlmək olar:

- Mövcud mənzil fondunun strukturunun yenilənməsi vacibdir, çünki həm enerji sərfi, həm də yaşayış sahəsinin keyfiyyəti beynəlxalq göstəricilərdən geridədir.

- Enerji səmərəliliyi tədbirləri nəticəsində enerji sərfinin 40–60% azaltmaq mümkündür, bu isə binalarda aparılan izolyasiya və texnoloji yenilənmə tədbirləri ilə mümkün olur.

- Qəzalı və köhnəlmiş binaların rekonstruksiya yalnız texniki problemlərin həlli deyil, eyni zamanda sosial və iqtisadi rifahı artıran böyük bir inkişaf strategiyasıdır.

Nəticə

Sosial, ekoloji, iqtisadi və şəhərsalma problemlərinin həllinə yönəlmiş böyük bir tikinti layihəsi olaraq rekonstruksiya məqsədyönlü olmalı və həm yerli, həm də global miqyasda insanlar üçün rahat bir yaşayış mühiti təmin etməlidir. Qərarların məqsədyönlü xarakteri, layihələndirmədən əvvəl istifadəyə verilənə qədər bina və qurğuların təmir həyat dövrünün bütün mərhələlərinin düzgün həyata keçirilməsindən asılıdır. Təcrübə göstərir ki, təmir həyat dövrünün bir mərhələsi olan tikinti-quraşdırma işləri əsasən bina və qurğuların xidmət müddətini müəyyən edir. Buna görə də, iş zamanı fərdi struktur elementlərinin bərpası, möhkəmləndirilməsi və dəyişdirilməsi üçün innovativ və enerjiyə qənaət edən texnologiyalar və materiallar tətbiq edilməlidir.

Burada tək-cə dövlət səviyyəsində məsələlərin maliyyələşdirilməsi deyil, həm də coğrafi informasiya sistemlərindən istifadə edən müasir ətraf mühit monitorinqi texnologiyaları vacibdir. Bina və qurğuların yenidən qurulması, modernləşdirilməsi və əsaslı təmiri üçün hərtərəfli proqramların və uzunmüddətli planların labüdlüyü Azərbaycan vətəndaşlarını əlverişli və rahat mənzillə təmin etməyə imkan verəcəkdir.

Tədqiqat nəticələri göstərir ki, XX əsrin ikinci yarısında tikilmiş beşmərtəbəli yaşayış binalarının əsas daşıyıcı konstruksiyaları normativ təhlükəsizlik ehtiyatına malikdir və onların

sökülməsi əvəzinə mərhələli rekonstruksiya yolu ilə modernləşdirilməsi iqtisadi və ekoloji baxımdan daha məqsədəuyğundur.

Rekonstruksiya:

- karbon izini azaldır,
- şəhərsalma strukturunu qoruyur,
- sosial sabitliyi təmin edir,
- investisiya baxımından daha əlverişlidir.

Azərbaycan üçün optimal strategiya beynəlxalq təcrübənin lokal iqlim və iqtisadi şəraitə adaptasiyası əsasında formalaşdırılmalıdır.

ƏDƏBİYYAT SİYAHISI

1. Azərbaycan mənzil fondunun inkişafı 2005–2015: Dövlət Statistika Komitəsi. –Bakı, -2015.
2. Əliyev, İ.Q. Bina və mühəndis sistemlərinin rekonstruksiyası. –Bakı, -2005, 219 səh.
3. Yusifov, M.Z. Bina və qurğuların texniki vəziyyətinin təhlili. –Bakı, - 2021, 216 səh.
4. Antje Thiele; Eric Cadario; Karsten Schulz; Ulrich Thoennesen və Uwe Soergel "Çox aspektli InSAR məlumatlarının ətraflı təhlili ilə yaşayış binalarının yenidən qurulması", Proc. SPIE 7110, Ətraf Mühitin Monitorinqi, GIS Tətbiqləri və Geologiya VIII üçün Uzaqdan Zondlama, 71100H, -2008; doi:10.1117/12.800145;
5. URL: <http://dx.doi.org/10.1117/12.800145> (məlumatların formalaşdırılması: 28/01/2025).
6. Beerepoot, M., & Beerepoot, W. M. C. Energy policy instruments and technical change in the residential building sector. IOS Press. -2007.
7. Mlecnik, E. Innovation development for highly energy-efficient housing: Opportunities and challenges related to the adoption of passive houses. IOS Press. -2013.
8. Sunikka, M.M. Energy efficiency and low-carbon technologies in urban renewal. Building Research & Information, 34(6), 521-603. -2006.
9. Tian, Y. Z., & Yu, Y. Analysis of Anshan existing residential building exterior wall .energy saving reconstruction. Advanced Materials Research, 1004-1005, 1565-1569. -2014.
10. Wang, J., & Yang, Z.S. The selection of commercial residential building energy saving reconstruction object research. Applied Mechanics and Materials, 716-717, 533-536. -2014. <http://www.scientific.net/AMM.716-717.533>
11. Wang, L., Gwilliam, J., & Jones, P. Case study of zero energy house design in UK. Energy and Buildings, 41(11), 1215-1222. -2009.

<https://doi.org/10.5281/zenodo.19511295>
UOT 62.523.8 (075.10)

FABRİKİN MÖVCUD QEYRİ-BALANS ŞƏBƏKƏSİNİN İNVERTOR İDARƏETMƏSİNİN TƏKMİLLƏŞDİRİLMƏSİ İLƏ ŞƏBƏKƏDƏKİ GƏRGİNLİK DALĞALANMALARININ KOMPENSASIYASI VƏ SİSTEMİN İŞ DAYANIQLIĞININ ARTIRILMASI

MƏCİDZADƏ MUSTAFA İLKİN oğlu
Azərbaycan Memarlıq və İnşaat Universiteti

Xülasə. Bu məqalədə artıq dəzgahların çatışmayan cəhətləri aşkarlanmış, bu çatışmazlıqları bərpa etmək üçün həll yolları meydana çıxarılmışdır. Fabrikin mövcud dəzgahında tətbiq olunmuş inverterin iş prosesini yaxından incələməklə, arzu olunan effektivliyini bu tip inverter idarəetməsiylə əldə olunmasının qeyri-mümkün olduğu bildirilmişdir. Təklif olunan inverter idarəetməsinin çatışmazlıqları aradan qaldırılacağına sübut olaraq simulyasiya proqramlarında təhlil aparılmışdır və bu təhlillər belə təklif olunan idarəetmənin çox effektiv olduğunu sübut etmişdir. Təklif olunan inverter idarəetməsi üçün hətta süni şəkildə yaradılmış 8 qəza halı həyata keçirilmişdir. Həyata keçirilən optimallaşdırma işlərindən əlavə olaraq təhlükəsizliyidə qoruması sübut olunub.

Açar sözlər: Dəzgahlar, inverter, simulyasiya, optimallaşdırma.

IMPROVEMENT OF INVERTER CONTROL FOR THE EXISTING UNBALANCED NETWORK IN A FACTORY TO COMPENSATE VOLTAGE FLUCTUATIONS AND ENHANCE SYSTEM STABILITY

MAJIDZADA MUSTAFA ILKIN
Azərbaycan Memarlıq və İnşaat Universiteti

Abstract. This article identifies the shortcomings of existing machinery and proposes solutions to rectify these deficiencies. By closely examining the operation of the inverter currently utilized in the factory's equipment, it is demonstrated that achieving the desired efficiency is impossible with this type of inverter control. To prove that the proposed inverter control eliminates these drawbacks, analyses were conducted using simulation software, which confirmed the high effectiveness of the proposed method. Furthermore, eight artificially induced fault scenarios were implemented to test the proposed control system. In addition to the optimization efforts, the system's ability to maintain safety standards was also verified.

Keywords: Machinery, inverter, simulation, optimization.

Giriş

Ümumiyyətlə, müasir dövrümüzdə fəaliyyət göstərən fabriklərin mövcud dəzgah və avadanlıqlarının optimallaşdırılması, iş rejiminin təkmilləşdirilməsi haqqında söhbət gedirsə bu zaman bizim bilməli olduğumuz nöqtə əslində avadanlıqların və ya dəzgahların performansını yaxşılaşdırılması üçün mühüm yol onun parametrlərini yüksəldilməsindən keçir, qısaca olaraq demək lazımdırsa bunun mənası dəzgahların mövcud hissələrinin daha yüksək səviyyəli parçalarla təmin olunması nəzərdə tutulur. Mövcud dəzgahların müxtəlif hissələri mövcuddur, bu hissələr müxtəlif ölkələrin istehsalı ola bilərlər və onların iş məqsədi bir-birindən tamamilə fərqlidir. Bu arzu olunan nəticənin əldə olunması üçün inverter idarəetməsinin təkmilləşdirilməsi nəzərdə tutulmuş və istənilən nəticə uğurlu şəkildə qazanılmışdır.

Təklif olunan inverter idarəetməsinin dizaynı, çalışması, qorunması və tətbiqi haqqında aşağıda bəhs olunmuşdur. İlk baxışdan bu sxemin hər faza üzrə 2 ədəd tranzistor istifadə olunduğunu görürük, yəni

$$T_1 + T_4 \rightarrow \text{Faz A } (V_{s1})$$

$$T_2 + T_5 \rightarrow \text{Faz B } (V_{s2})$$

$$T_3 + T_6 \rightarrow \text{Faz C } (V_{s3})$$

Haqqında danışılan tranzistorların tətbiq olunma məqsədi 3-faza AC yaratmaq, faza cərəyanlarını ($I_1 - I_3$) aralıqsız olaraq idarə etmək, şəbəkədə baş verə biləcək qeyri-balans vəziyyəti tarazlamağ üçün kompensasiya cərəyanları meydana gətirməkdir. Hər tranzistorun paralelində digər dövrədəki kimi əlavə diod olduğunu görürük. Bu diodların əsas məqsədi baş verə biləcək arzu olunmayan mühərrik tərəfindən meydana çıxaraq, qayıdan cərəyanları təhlükəsiz şəkildə özünün üzərindən kondensatora birbaşa göndərərək sovuşdurmaqdır. İmpedansların ($Z_1 - Z_3$), istifadə olunmalarının əsas səbəbləri dövrədəki faza cərəyanlarını hamarlaşdırmaq, balansın qorunması üçün tələb olunan mövcud siqnalları yumşaq şəkildə ötürmək və dalğalanmaları azaltmaq məqsədli nəzərdə tutulmuşdur. Cərəyan sensoru ($I_1 - I_3$), haqqında danışılan sensorun tətbiq olunma səbəbi mövcud 3 fazanın cərəyanını real vaxtda ölçməsi üçündür. Dövrədə hər fazadan axan cərəyanın miqdarını müəyyənləşdirmək, histerezis tənzimləyici üçün əks siqnal vermək və ən əsası qeyri-balans vəziyyəti aşkarlamaqdır. PWM siqnalları vasitəsilə mövcud tranzistorların açılıb-bağlanması nəticəsində sinus formalı üçfazlı AC gərginlik meydana gəlməsinə səbəb olur. Mövcud impedanslar ($Z_1 - Z_3$), çıxış cərəyanlarını arzu olunan şəkildə hamarlaşdırır və motoru yüksək tezliyə sahib PWM dalğalanmalardan qoruyur. Əks gərginlik ($U_1 - U_3$) terminallarına qoşulan mühərrik isə dəzgahın əsas şpindle mühərrikdir.

$I_A < I_{A_REF} - h \rightarrow$ baş tutduğu zaman cərəyanın çox az olması barədə məlumat verilir və daha sonra göstərilən dövrənin üst hissəsindəki açarların açılmasıyla birlikdə cərəyan artır. Burada göstərilən “ $\pm h$ ” – histerezis bandıdır.

$I_A > I_{A_REF} + h \rightarrow$ digər halın baş tutması zamanı cərəyan miqdarının normadan çox olması barədə məlumat verilir və dövrədəki aşağıda yerləşdirilən açarlar açılır və cərəyanın azalmasına nail olunur. Burada göstərilən “ $\pm h$ ” –histerezis bandıdır.

Cədvəl 1. Tətbiq olunan inventurun çatışmayan cəhətləri.

Dalğalanmalar və elektromaqnit müdaxilə	Tətbiq olunmuş inventurun çıxışda əldə etdiyi balanslı dalğalar kifayət qədər ürək açan deyil.
Mühərrik izolyasiyası	Tez-tez gərginlik dəyişməsi motor sarğısına ziyan verir.
Soyutma sistemi	IGBT-lər çox ciddi istilik yaradır, soyutma sistemi yoxdur.
Kommutasiya itkiləri	Yüksək dərəcəli kommutasiya itkiləri mövcuddur.
Quraşdırma və hesabat aparmaq mürəkkəbdir	PWM modulyasiyası, fırlanma momenti hesabları, sensor və encoder oxunuşu əlavə bilik tələb edir.

Nəhayət olaraq, sxemin quruluşu, oxunuşu və işləmə prinsipi bu şəkildədir. V_{dc} – *Sabit gərginlik mənbəsi*. Bu tip dövrələrdə əsasən inventurun girişində sabit gərginlik mənbəyi yerləşdirilir, bu batareya yaxud DC-mənbəsi rolu oynayan bir neçə kondensator ola bilər. Dövrədə paralel qoşulmuş kondensator görürük, məqsəd baş verəcək biləcək enerji dalğalanmalarının qarşısının alınmasıdır yaxud hamarlanmasıdır. Sxemdən gördüyümüz kimi 6 ədəd tranzistor ($T_1 - T_6$) mövcuddur. Bu tipli sxemlərdə adətən, IGBT, MOSFET, BJT kimi açarlardan istifadə olunur.

Perla mebel fabrikinin dəzgahlarını, onların iş rejimini, kompressörlerini, qazanxanasını və işıqlandırma sistemi kimi önəmli və böyük dəyərlərə sahib komponentləri nəzərə aldığımız zaman əsas hesablamaları apara bilərik. Fabrikdə bütün əsas elektrik yüklərinin ümumi aktiv gücü aşağıda göstərilmişdir.

Cədvəl 2. Fabrikdə əsas komponentlərin sahib olduğu ümumi güc.

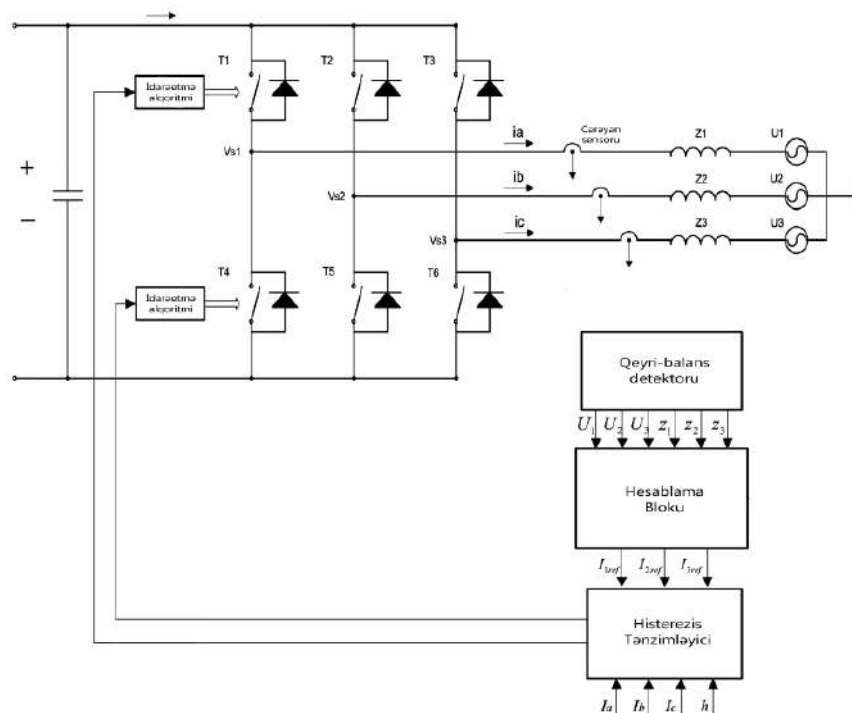
Komponentlər	Güc (kW)
• Dəzgahlar	182 kW
• Kompresorlar(3×45 kW)	135 kW

• İşıqlandırma	142.8 kW
• Qazanxana	43.5 kW

Mümkün ola biləcək qeyri-balanslılığı hesablamaq üçün, yuxarıdakı komponentlərin ümumi aktiv gücləri toplanaraq aşağıda bizlərə təqdim olunur:

$$182 \text{ kW} + 135 \text{ kW} + 142.8 \text{ kW} + 43.5 \text{ kW} = 503.3 \text{ kW}$$

Fabrikin şəbəkə parametrlərini incələdiyimiz zaman üçfazlı şəbəkə gərginliyinin, yəni şəbəkədəki hər bir faza arasında 400Vt mövcudluğunun, tezliyin standart olaraq ölkəmizdə 50 Hz, güc faktorunun ($\cos\phi$) = 0.9 olduğundan məlumatlıyıq. Fabrikdə bütün elektrik yükləri (dəzgahlar, kompressorlar, işıqlandırma, qazanxana) eyni fazaya qoşulmur. Üçfazlı şəbəkədə A, B, C fazaları mövcuddur. Bu mövcudluğun səbəbi bütün güclərin eyni fazada olmaması, olacağı təqdirdə qeyri-balanslılıq yaranacağı səbəbidir. Kiçik xatırlatma 3 fazadan birinin daha çox yüklənməsi şəbəkələrdə qeyri-balanslılığa yaranmasına avadanlıqların qısa ömürlülüyünə, enerji itkisinə gətirib çıxarır ki, bununlada Azərbaycan Respublikasına məxsus mebel sənayesinin inkişaf etməkdə olan digər ölkələrin mebel sənayesi ilə ayaqlaşmasına ciddi şəkildə mane olur.



Sxem 1. Təklif olunan inverter idarəetməsi.

Təklif etdiyimiz inverter idarəetməsinin təkmilləşdirilməsinin effektivliyi, səmərəliliyi meydana çıxan şəbəkənin qeyri-balans şəraitində, o cümlədən müxtəlif xüsusiyyətə sahib xətlərin meydana çıxması zamanı özünü sübut etməsini həyata keçirmək məqsədli icra olunan bir neçə simulyasiyalarla öz təsdiqini tapmışdır.

Təhlil

Aparılmış tədqiqat işi çərçivəsində sənaye müəssisəsinin mövcud dəzgahlarının iş prosesi tədqiq edilmişdir. Optimallaşdırılma işlərinin hansı tip dəzgahlarda həyata keçiriləcəyi müəyyənləşdirilmişdir. Bu tip dəzgahların digər dəzgahlardan fərqli olaraq, nə üçün iş rejiminin təkmilləşdirildiyinin həyata keçirilməsi barədə geniş danışılmışdır. Mövcud fabrikin dəzgahlarında baş verən arzu olunmaz qəza və iş prosesinin yavaşlaması kimi çatışmazlıqların həll olunduğu sübut olunmuşdur. Haqqında danışılan fabrikin mövcud komponentlərinin xaricində bəzi tip dəzgahlardan asılı olaraq qeyri-balans vəziyyət müşahidə olunmuşdur. Tərəfimdən həm də mövcud fabrikin sahib olduğu komponent (ışıqlandırma sistemi, qazanxana, kompressor) və dəzgahlarla əlaqədar olan şəbəkə balansının faizi düsturlarla hesablanaraq, əldə olunan nəticələr qeyd olunmuşdur. Fabrikin

sahib olduğu şəbəkə balansı 7.3% dəyərində tapılmışdır. Yeni təklif etdiyim bu idarəetmə üsulu digər göstərdiyimiz üsullar kimi müəyyən üstünlüklə yanaşı bəzi kiçik məhdudiyədə malikdir. Əsas çatışmazlıq dəyişən kommutasiya tezliyi ilə bağlıdır ki, bu da əlavə enerji itkilərinə, yüksək tezlikli dalğalanmaların yaranmasına və sistemdə tətbiq olunacaq filtr elementlərinin mürəkkəbləşməsinə səbəb ola bilər. Təklif etdiyimiz idarəetmənin mövcud MOSFET tipli sahə tranzistorları əvəzinə IGBT tipli güc tranzistorlarının tətbiq olunması əlavə güc itkilərinin azaldılmasına nail olaraq, idarəetməyə daha çox müsbət təsir göstərə bilər.

Cədvəl 3. Təkmilləşdirilmiş invertor idarəetməsinin müsbət cəhətləri.

Yüksək cərəyan nəzarəti	Yüklənmələrə və qəfil dəyişmələrə stabil reaksiya verilir
Faza dalğalanmalarını avtomatik şəkildə aradan qaldırılması	Fazalardan biri zəiflədikdə rahatlıqla kompensasiya olunur, reactor və kəbellərdə problem olarsa xəbərdarlıq göndərilir. Dəzgahın mövcud mühərrikinin səs-küyü azalır və ömrünün artırılmasına nail olunur.
Mühərrikin qorunması ən yüksək şəkildə təşkil olunmuşdur	Qısa qapanma cərəyanı maksimum şəkildə cəld aşkar edilərək, fazalararası qeyri-balans halı haqqında dərhal məlumat verilir. Hər fazaya fərdi olaraq nəzarət həyata keçirilir
Daha stabil şəkildə fırlanma və hərəkət	Yük dəyişikliyi zamanı nisbi dəyişiklik baş verir, aşağı sürətdə daha stabildir. Fabrikdəki mövcud deşmə və deşmə CNC dəzgahlar üçün daha effektivdir

İSTİFADƏ OLUNMUŞ ƏDƏBİYYAT SİYAHISI

1. İmaməliyev, A. (2019). *Detallarda dəliklərin və metrik yivlərin açılması*. Bakı: Təhsil Nazirliyi, Peşə Təhsili üzrə Dövlət Agentliyi.
2. Ağayeva, Z. (2019). *Çoxgedişli trapes yivlərin açılması və konusvari səthlərin emalı*. Bakı: Təhsil Nazirliyi, Peşə Təhsili üzrə Dövlət Agentliyi.
3. Cavadov, E., Quliyev, Ə., & Məmmədov, İ. (2025). *Avtomatikanın əsasları*. Bakı: Müəllim nəşriyyatı.
4. Fərəcova, G., & Vahabova, L. (2019). *İş şəraitində, əmək təhlükəsizliyi və sağlamlıq qaydaları*. Bakı: Təhsil Nazirliyi, Peşə Təhsili üzrə Dövlət Agentliyi.
5. Quliyev, M., & İmaməliyev, A. (2019). *Pilləli və eksentrik valların torna emalı*. Bakı: Təhsil Nazirliyi, Peşə Təhsili üzrə Dövlət Agentliyi.
6. Səlimova, N., & Ayrarova, T. (2014). *Sənaye təhlükəsizliyi*. Bakı: ADPU nəşriyyatı.
7. Qədirov, A. (2019). *Proqramla idarə olunan avtomat və yarımavtomat torna dəzgahları*. Bakı: Təhsil Nazirliyi, Peşə Təhsili üzrə Dövlət Agentliyi.
8. Cəfərov, T. (2013). *Bərpa olunan enerji mənbələrinin energetika sisteminə inteqrasiyasında hidroakkumulyasiya elektrik stansiyalarının rolu*. Bakı: Kövsər.
9. Məlikov, Ə. (2025). *Sahə müəssisələrinin avadanlıqları*. Gəncə: ADAU nəşriyyatı.
10. Məmmədov, T. (2004). *Elektrik intiqallarının idarəetmə sistemləri*. Bakı: Dərslik.
11. Şirzadov, F. (2024). *Materialların yüksək tezlikli cərəyanla emalı və prosesin kompüterlə layihələndirilməsi*. Bakı: AzTU nəşriyyatı.
12. Rəhmanov, N., & Kərimov, O. (2015). Bərpa olunan enerji mənbələri əsaslı elektrik stansiyalarının enerji sistemləri ilə sinxron işinin tənzimlənməsi. *Energetikanın problemləri*, № 2.
13. H. Song and K. Nam, "Dual current control scheme for PWM converter under unbalanced input voltage conditions," *IEEE Trans. Ind. Electron.*, vol. 46, no. 5, pp. 953–959, 1999.
14. B. Dumnicek, B. Popadic, D. Milicevic, N. Vukajlovic, and M. Delimar, "Control Strategy for a Grid Connected Converter in Active Unbalanced Distribution Systems," *Energies*, vol. 12, no. 7, Apr. 2019, doi: 10.3390/en12071362.

<https://doi.org/10.5281/zenodo.19511342>

УДК: 621.311.23

ГАЗОДИЗЕЛЬ ЭЛЕКТР СТАНЦИЯЛАРИ ВА УЛАРДАН ФЙДАЛАНИШ ИСТИҚБОЛЛАРИ

ҚЎЙБОҚАРОВА КУМУШ ФАРХОД ҚИЗИ

Қарши давлат университети (Ўзбекистон) магистранти

УТАЕВ С.А.

Илмий раҳбар

Аннотация: *Мазкур мақолада электр энергияси ишлаб чиқаришда газ ёнилгисидан фойдаланиш, газдизель электр станциялари ва уларнинг турлари, техник тавсифлари, газёнилгисидан ишлаган станциялар турлари ва уларнинг ишлаш принципи тўғрисида маълумотлар келтирилган. Газдизель электр станцияларининг асосий кўрсаткичлари бўлиб, газ сарфи, фойдали иш коэффициентлари (ф.и.к.), ишлаб чиқарилаётган энергия миқдори ҳисобланади.*

Калим сўзлар: *двигатель, газодизель, газопоршень, газотрубина, станция, электр энергия*

Дунё тажрибасидан маълумки электр энергетикаси барча иқтисодий тармоқларида асосий энергия тури бўлиб ҳисобланади. Ишлаб чиқариш, саноатнинг турли тармоқларида, аҳоли истеъмоли учун электр энергиясига бўлган талб юқориликча сақланиб қолмоқда. Электр энергияси юқори капитал қўйимлар ҳисобига турли электр ишлаб чиқариш қурилмалари ёрдамида ишлаб чиқарилади.

Ҳозирги кунда электр станцияларининг муқобил энергия манбалари асосидаги тури, иссиқлик электр станциялари, дизель электр станциялари ва газдвигателли электр станциялар фаолият олиб бормоқда.

Газодизель электр станциялари (ГДЭС) жаҳон амалиётида кенг қўлланиладиган, мослашувчан ва иқтисодий самарали энергия манбалари ҳисобланади. Улар дизель ёқилғисининг 80–90% гача қисмини табиий газ билан алмаштириш имконини беради.

Бундай станциялар саноат корхоналари, нефть-газ объектлари ҳамда олис аҳоли пунктларини доимий ва захира электр таъминоти билан таъминлашда фаол қўлланилади. Улар юқори самарадорликни таъминлайди, эксплуатация харажатларини камайтиради ва икки хил ёқилғида ишлаш имкониятини беради.

Газ поршеньли электр станциялари арзон ёқилғи турлари — газлар ва уларнинг аралашмаларида ишлайди. Ташқи шароитларга қараб, бундай электр станциясининг ишлашини бир ёқилғи туридан бошқасига осонгина мослаштириш мумкин.

Газ турбинали электр станциялари газ поршеньлиларга нисбатан камроқ қувватга эга бўлади, шунинг учун энергия истеъмоли анча кичик бўлган ҳолатларда тўғри танлов қилишингизга ёрдам беради.

Энергия ресурсларига бўлган талабнинг ортиб бориши ва анъанавий ёқилғи турларининг қимматлашуви электр энергиясини ишлаб чиқаришда самарадор ва экологик хавфсиз технологияларни жорий этишни тақозо этмоқда. Ички ёнув двигателлари асосида ишловчи кичик ва ўрта қувватли электростанциялар саноат, қишлоқ хўжалиги ҳамда чекка ҳудудларни энергия билан таъминлашда муҳим аҳамият касб этади. Шу нуқтаи назардан, газодизель электростанциялар (дуал-фуэл тизимлар) энергия ишлаб чиқаришда иқтисодийлик ва экологик тозаллиги билан алоҳида эътиборга сазовор. Газодизель технологияси дизель двигателларида табиий газ, биогаз ёки суюлтирилган газдан асосий ёқилғи сифатида фойдаланиш ва дизель ёқилғисидан эса ёнишни бошловчи пилот ёқилғи сифатида фойдаланишга асосланади. Бундай ёндашув дизель ёқилғиси сарфини сезиларли

даражада камайтириш, зарарли чиқиндиларни қисқартириш ва двигателнинг хизмат муддатини узайтириш имконини беради. Шу билан бирга, газ таркиби, метан улуши, инерт компонентлар мавжудлиги ҳамда газ ва дизель ёқилғиси нисбатининг ўзгариши ёниш жараёни барқарорлиги, иссиқлик самарадорлиги ва двигатель қувват кўрсаткичларига сезиларли таъсир кўрсатади.

Сўнгги йилларда энергия тежамкор технологияларни жорий этиш, муқобил газ ёқилғиларидан фойдаланиш ҳамда атмосферага чиқарилаётган зарарли моддаларни камайтириш масалалари долзарб илмий йўналишлардан бирига айланган. Газодизель электростанцияларининг ишлаш самарадорлигини ошириш эса ёқилғи таркиби ва аралашма нисбатини оптималлаштириш билан бевосита боғлиқ.

Газодизель электр станциялар бир қатор афзалликларга эга:

Асосий электр станцияларидан узокда жойлашган худудларни электр энергияси билан таъминлаш: Бу ерларда фақат дизелдан фойдаланиш қимматга тушади, тармоқ газига кириш имконияти чекланган бўлади. Шунинг учун суолтирилган ёки сиқилган газдан фойдаланиш имкони яратилади.

Газодизель электр станциялари асосан нефт-газ соҳасида- конларда автоном электр таъминоти учун фаол қўлланилади. Газодизель қурилмалари йўлдош нефть газида ишлаб, экологик муаммоларни ҳал қилади ва электр энергияси таннархини камайтиради. Шунингдек, саноат корхоналарида, савдо марказлари ва турар жой биноларини ишончли электр энергияси билан таъминлайди.

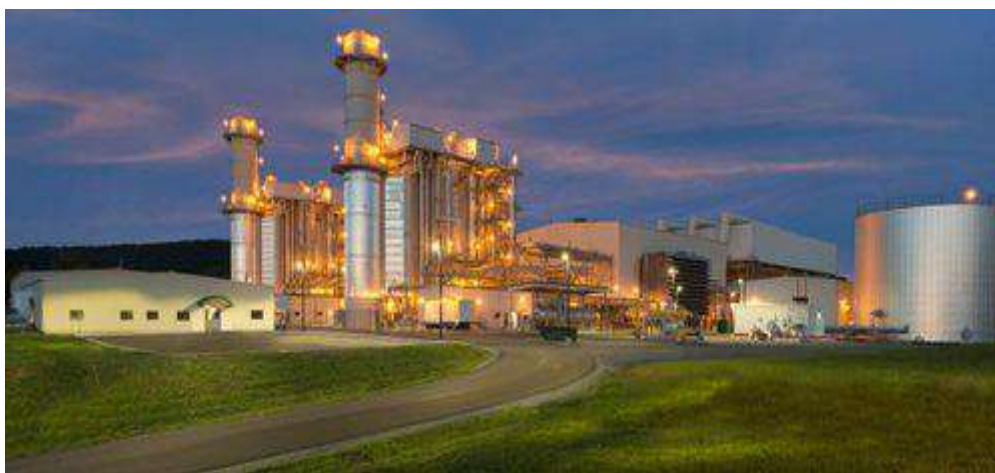
Газодизель электр станциялардан фойдаланишнинг асосий афзаллиги, унинг юқори самарадорлик кўрсаткичлари, турли хил газ ва дизель ёқилғисидан ишлаш имконияти, фақат дизель станцияларига нисбатан экологик тозаллик, ёқилғи харажатларининг камайиши.

Жаҳон тенденциялари шунини кўрсатадики, газодизель технологияларига ўтиш энергия самарадорлигини ошириш учун долзарб ечим ҳисобланади.

Газ электр станциялари — бу электр энергиясини ишлаб чиқариш учун газ ёқилғисини ишлатадиган энергетик қурилмалардир.

Газ электр станцияларининг электр энергиясини ишлаб чиқаришдаги роли жуда муҳим бўлиб, замонавий дунёда кенг тарқалган.

Газ электр станциялари электр энергиясининг асосий манбаларидан бири ҳисобланади ва саноат тармоқлари, уй хўжаликлари ҳамда жамоат объектларини электр энергияси билан таъминлашда муҳим ўрин тутди.



Расм-1. Газэлектр станциялари умумий кўриниши

Газодизель электр станциялари бир қатор афзалликларга эга: улар баъзи бошқа турдаги электр станцияларга нисбатан юқори самарадорликка эга, атроф-муҳитга зарарли

чикиндиларни камроқ чиқаради, шунингдек, электр энергиясини ишлаб чиқаришни бошқаришда тезкор ва мослашувчан ҳисобланади.

Замонавий дунёда газ электр станциялари барқарор энергия таъминотини таъминлашда ва ресурсларга бўлган қарамликни камайтиришда муҳим аҳамият касб этмоқда.

Газ электр станцияларининг қуйидаги турларидан фойдаланилмоқда:

Газ-поршеньли генераторлар: Газ-поршеньли генераторлар газнинг поршеньли двигателда ички ёниш принципи асосида ишлайди. Улар самарали энергия ишлаб чиқариш воситаси сифатида қўшма (комбинациялашган) электр станцияларида кенг қўлланилади. Газ-поршеньли генераторларнинг асосий афзалликлари — юқори унумдорлик, ишончлилик ва нисбатан паст эксплуатация харажатларидир.

Газотурбинали электр станциялар: Газотурбина қурилмалари — бу газ ёқилғисининг энергияси газотурбина двигатели орқали механик энергияга айлантириладиган электр станцияларидир. Улар юқори самарадорлик ва тез ишга тушиши билан ажралиб туради. Шу сабабли, электр энергиясига бўлган талаб ўзгариб турган шароитларда чўкки юкламаларни таъминлаш учун жуда қулай ҳисобланади.

Газогенераторлар: Газогенераторлар синтез-газ ишлаб чиқариш технологияси асосида ишлайди, кейин эса ушбу газ электр энергияси ишлаб чиқаришда қўлланилади. Улар турли хил ёқилғилардан, жумладан биомасса ва чикиндилардан фойдаланиш имконияти туфайли самарали энергия манбаи ҳисобланади. Газогенераторлар электр энергияси ишлаб чиқариш билан бирга саноат ва маиший эҳтиёжлар учун иситиш ва ёритиш мақсадларида ҳам қўлланилиши мумкин.

Газ двигателлари турли хил ёқилғиларда ишлаши мумкин, жумладан табиий газ, биогаз, суюлтирилган газ (пропан-бутан), метан ва бошқалар. Ишлаш принципи двигател цилиндрларида ёқилғининг ички ёнишига асосланган бўлиб, ёниш натижасида ажралиб чиққан энергия механик ишга айлантирилади ва бу энергия генераторни ҳаракатга келтириб, электр энергияси ишлаб чиқаради.

Автоном газ электр генераторлари — бу марказлашган электр таъминоти узилиб қолган ҳолларда уйларни электр энергияси билан таъминлаш учун мўлжалланган ихчам қурилмалардир. Улар одатда табиий газ ёки суюлтирилган газда ишлайди ва асосий электр манбаида носозлик юз берганда автоматик равишда ишга тушиши мумкин. Бундай генераторлар кичик ўлчамли, паст шовқинли ва узлуксиз ишлаш имкониятига эга бўлиб, уйда доимий электр таъминотини таъминлайди.

Газодизель электр станциялари саноат ва ишлаб чиқариш соҳасида муҳим ўрин тутаяди, турли ишлаб чиқариш корхоналарини ишончли ва барқарор электр энергияси билан таъминлайди. Улар саноатда ускуналар ва механизмларни ишлатиш, ёритиш, иситиш ҳамда бошқа энергияга боғлиқ жараёнларни таъминлашда кенг қўлланилади. Бу эса ишлаб чиқариш самарадорлиги ва энергия тежамкорлигини оширишга хизмат қилади.

Аҳоли хонадонларини электр билан таъминлашда газ электр станцияларини хусусий уйлар ёки коттежлар учун электр энергияси манбаи сифатида қўллаш мумкин.

Газодизель электр станциялари асосий энергия манбаи сифатида ёки марказлашган электр тармоғи ўчиб қолган ҳолларда захира генератор сифатида ўрнатилиши мумкин.

Аҳоли хонадонлари учун мўлжалланган газ электр станциялари одатда табиий газ ёки суюлтирилган газда ишлайди ва яшаш жойлари учун ишончли ҳамда иқтисодий электр таъминотини таъминлайди. Бу айниқса марказлашган электр таъминоти барқарор бўлмаган шароитларда ёки уйнинг энергетик мустақиллигини таъминлашда жуда долзарбдир.

Газодизель электр станциялар бу, метан ва пропан-бутан газ асосида ёки пропан-бутан газ асосида электр энергияси ишлаб чиқариш станциялари ҳисобланади.

Газдизель электр станцияларининг асосий кўрсаткичлари унинг қуввати, юқори ф.и.к., экологик барқарорлиги, доимий ишлабтуриши билан тавсифланади.

Газодизель электр станцияларининг қуввати одатда хонадонлар учун 1-10 кВт, саноат қурилмалари учун 1 МВт гача бўлиши мумкин, бир фазали 220 в ёки уч фазали 380 в бўлиши мумкин.

Газодизел электр станциялари 1 кВт электр энергияси ишлаб чиқаришда шртача 0,3-045 м³ миёдорида газ сарфланади.

Қуйида газдизел электр станцияларида газ сарфи келтирилган

Жадвал 1

Газэлектр станцияси қуввати	қувват(МВт)	ф.и.к. (%)	газнинг солиштирма сарфи (м ³ /кВт·ч)
кичик қувватли	5–50	40-48	0,32-0,40
ўрта қувватли	50-150	38 –48	0,3–0, 35
катта қувватли	151–400	41–47	0,3 – 0,33

Газодизел электр станциялари дизел ички ёнув двигателлари ишлаш принципига ўхшаш. Газдизел электр станцияларида газопоршенли двигателлардан фойдаланилади. Бундан ташқари газ ёнилғиси асосида электр энергияси ишлаб чиқариш станцияларининг Газтрубинали- катта станциялар учун, турлари ишлатилади

Газодизель электр станцияларининг асосий афзалликларидан яна бири шундаки, газ арзон ёнилғи тури хисобланади, электр энергияси ишлаб чиқариш таннархи арзон, ёнганда атроф-мухитга кам зарарли чиқиндилар чиқаргани учун экологик барқарор ёнилғи хисобланади.

Қуйида газ электр станцияси ва дизель электр станциясининг асосий кўрсаткичлари таққослама жадвал кўринишида берилган:

Жадвал 2

Кўрсаткичлар	Газ электр станцияси	Дизель электр станцияси
Ёқилғи тури	Табиий газ, биогаз, суёлтирилган газ	Дизель ёқилғиси
Самарадорлик (КПД)	Юқори (35–60%)	Ўртача (30–45%)
Экологик таъсир	Чиқиндилар камроқ, экологик тоза	Чиқиндилар кўп (СО ₂ , тутун)
Ёқилғи харажати	Арзонроқ (айниқса табиий газ)	Қимматроқ
Ишга тушиш вақти	Бироз секинроқ	Жуда тез
Шовқин даражаси	Паст	Юқори
Хизмат кўрсатиш	Камроқ техник хизмат талаб қилади	Кўпроқ хизмат талаб қилади
Ишончлилик	Юқори	Юқори
Қўлланилиш соҳаси	Доимий ва захира энергия манбаи	Кўпроқ захира манба
Хавфсизлик	Газ сизиши хавфи бор	Ёқилғи сақлаш хавфи бор
Умумий харажат	Узоқ муддатда тежамкор	Узоқ муддатда қимматроқ

АДАБИЁТЛАР:

1. Горелик Г.Б. Перспективы развития газодизельных двигателей Вестник ТОГУ 2009 2 (15)
2. Дейнека В.Д. Виды газопоршневых электростанций и установок для автономного энергоснабжения. Принцип работы и тенденции в использовании, Инновационная наука №1 / 2021
3. Черемных Д.Н., Ташлыкова Е.В., Резипина М.Г. Газопоршневые установки как альтернативный способ генерации электроэнергии Молодой ученый, 2014 321(80)
4. gktech.ru/info/gazovye-elektrostantsii/
5. <https://manbw.ru/analytics/analiz-kpd-gazovykh>

<https://doi.org/10.5281/zenodo.19511895>

УДК: 662.767.2

ОРГАНИК ЧИҚИНДИЛАРДАН БИОЛОГИК ГАЗ ОЛИШ ВА УНДАН ЭЛЕКТР СТАНЦИЯЛАРИДА Фойдаланиш

ШЕРАЛИЕВА ЛАЙЛО ОРЗИБЕК ҚИЗИ

Магистрант Қарши давлат университети, Ўзбекистон

Илмий раҳбар **УТАЕВ С.А.** т.ф.ф.д., доц.

***Аннотация:** Мақолада органик чиқиндиларни қайта ишлаб биогаз олиш ва ундан дизель электр станцияларида ёнилғи сифатида фойдаланиш бўйича маълумотлар, биогаз олиш усуллари ва биогаз қурилмаларининг кўрсаткичларини ҳисоблаш натижалари келтирилган. Дизель электр станцияларида биологик газлардан фойдаланиш ёнилғи сарф ҳаражатларини камайтириш ва экологияга чиқинди газларнинг зарарли таъсирини камайтиради.*

***Калит сўзлар:** биогаз, биомаасса, гамоген, дизель, реактор, фильтр, энергия*

Кириш

Хозирги кунда дунёда биологик газ технологияларининг турли схемалари ишлаб чиқилган ва улардан фойдаланилмоқда. Улардан фойдаланишнинг асосий мақсади органик чиқиндилардан биологик газ олиш ҳисобланади. Биогаз технологиялари чорва комплекси ва маиший чиқиндилар учун зарур ҳисобланади. Улардан фойдаланиш чиқиндиларни қайта ишлаб биогаз олиш ва аграр соҳа учун сифатли ўғит олиш имкониниятини яратиб, чиқиндиларнинг атроф муҳитга ер майдонларига бўладиган салбий таъсирини камайтиради, чиқинди субстратининг гамоген хусусиятларини яхшилади, уни енгил аралаштириш имкони юзага келтиради.

Маиший чиқиндилар ва қишлоқ хўжалик чиқиндиларини қайта ишлаб, биологик газ олиш қурилмаларини, технологиясини ишлаб чиқиш ва ушбу қурилмаларни иқтисодий самарадорлик жихатидан, минтақанинг иқлим шароитларини ҳисобга олиб чуқур таҳлил қилиш долзарб ҳисобланади. Ушбу масалаларни ҳал этилмаганлиги биогаз қурилмаларидан фойдаланиш технологияларини жорий қилишни мураккаблаштиради. Бу эса ўз навбатида маиший чиқиндилар ва қишлоқ хўжалик чиқиндиларидан биогаз олишнинг ягона технологик схемасини ишлаб чиқиш заруратини келтириб чиқаради. Энг кам сарф ҳаражатлар ҳисобига самарли технологик жараённи ишлаб чиқиш чуқур тадқиқотларни талаб этади.

Ёнилғи-энергетик ресурсларга бўлган иқтисодий талаблар, муқобил энергия олиш билан тўғридан-тўғри боғлиқ бўлган табиатни асраш, мелиоратив аҳволи ёмонлашган, деградацияланган ерларни қайта тиклаш муаммолари қишлоқ хўжалиги ва саноат ишлаб чиқаришида замонавий инженер механиклар, энергетиклар ва гидротехниклар ролини маълум даражада оширди. Келтирилган муаммонинг ечимини топишда мавжуд инженер-техник кадрларнинг тайёргарлик даражаси ҳам муҳим масалалардан ҳисобланади.

Экологик тоза ёнилғи сифатида биоёнилғилардан фойдаланишда уларни тозалаш ва атроф-муҳитга салбий таъсирини камайтириш воситаларини қўллаш ва уларнинг параметрларини асослаш масалалари билан хорижий олимлардан Э.И. Удлер, П.В. Исаенко, Т.А. Готовцевой, А.В. Новичкова, В.И. Зуева, А.П. Усачева, С.В. Густова, В.П. Коваленко, К.В. Рыбакова, А.А. Симоненколар тадқиқот ишларини олиб борганлар.

Амалиётчи олимлар А.Г.Пузанков, Б.Ф. Рахматов, У. Эшонкулов, С.С. Беляев ва П.В.Богдановлар ҳам метанли бижғитиш жараёнига ҳароратнинг таъсирини ўрганиб, ўз тажрибаларининг хулосалари сифатида ҳарорат муҳим таъсир эттирувчи омил эканлигини таъкидлайдилар. Биогаз олиш, ундан маиший ёнилғи ва мотор ёнилғи сифатида фойдаланиш

борасида Ш.Ж. Имомов самарали тадқиқотлар олиб борган. К. Шодиметов томонидан биоэнергетиканинг инновацион ривожланиши борасидаги маълумотлар келтириб ўтилган.

Биологик газлардан фойдаланишда турли тозалаш усуллари қўллаш тавсия этилади.

Бир қатор тадқиқотчиларнинг тадқиқотларида биологик газларни зарарли чиқиндилардан турли филтр элементлари ёрдамида тозалаш ва уларнинг кўрсаткичларини асослаш ишлари кўриб ўтилган.

Н.А. Кузнецованинг ишларида ҳажмий тўр симли қурилма ёрдамида тозалаш масаласи кўриб ўтилган [1].

А.П.Усачев томонидан газни зарарли чиқиндилардан икки босқичли тозалаш техник ечими таклиф этилган. Бу тадқиқотларда турли хилдаги филтрловчи элементлар синаб кўрилган [1].

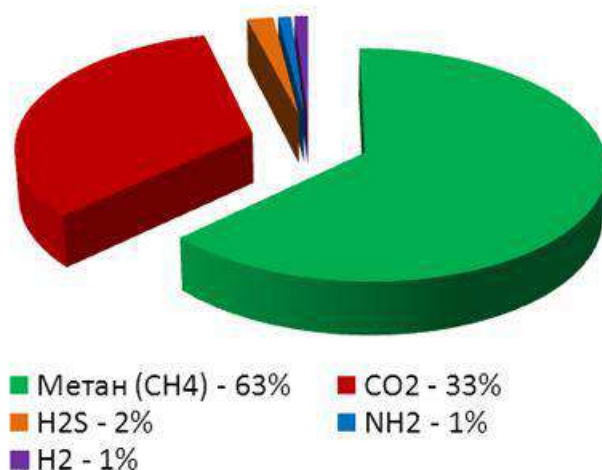
Тадқиқот натижалари

Биогазни тозалашнинг энг кўп тарқалган усуллари сифатида: кимёвий-физикавий усул; биологик усул; аралаш усул; мембрана усули; газни молекуляр усулда тозалаш ва бошқа усуллардан фойдаланилади.

Органик чиқиндилари, шаҳарлардан чиқариладиган қаттиқ маиший чиқиндилар ва оқова сувлардан оқилонга фойдаланиш йўлларида бири уларни анаэроб шароитда бижғитишдир. Бунда ҳосил бўладиган биогаз таркибининг 75% ни метан, 25% гачасини карбонат ангидрид, 1% атрофидаги қисмини олтингурут кислотаси (H_2S) ва унчалик кўп бўлмаган миқдорда азот, ксиларод, водород ва углерод икки оксидини ташкил қилади.

Биологик усулда тозалаш кенг тарқалган, бу усулда ферментатор камерасига ҳаво миқдори ҳайдалиб, олтингурутдан тозаланади. Олтингурут бактериялари ҳисобига ҳаво узутилганда водород сульфид оддий олтингурут ва сульфат кислотага айланади. Бунда олтингурут субстрат юзасида чўқинди ҳосил қилиб экин майдонларида ўсимликлар учун озуқа ҳосил қилади. Яхши натижага эришиш учун: бактериялар субстрат ичида бўлиши ташқарига чиқмаслиги керак, улар водород сульфидни олтингурутга айлантириши учун нам ва илиқ ҳавога ва жойлашиш учун юзага эҳтиёж сезилади. 1 м^2 юза 20 м^3 биогаз ҳисобга олинади. Паст температураларда жойлашиш юзаси катта бўлиши талаб этилади [1].

Биологик ёнилғилар турли қаттиқ ва суюқ қайта тикланувчи ёнилғи хом-ашёси кўринишида бўлади. Биогаз - 50 - 80% метана CH_4 , 20 - 50% CO_2 , ва 1% (H_2S), кам миқдорда N_2 , ксилород O_2 , ва водорода H_2 , шунингдек ўсимликлар ва хайвонлар органик моддалари таркибидаги бактерияларнинг анэроб бижғиш маҳсулотларидан ташкил топган.



Расм 1. Биогаз таркибидаги компонентларнинг фоиздаги улуши

1 м³ биогаз энергияси (20-25 Мж), 0,6 м³ табиий газ, 0,74 нефть ёки 0,66 л дизель ёнилғиси энергиясига эквивалент [1].

Маиший ва органи чиқиндилардан биогаз олиш қурилмаси кўрсаткичларини Бу жихозни захирасини яратиш имконини беради, исиклик ва электр таъминотини таъминлашнинг мақбул йўли ҳисобланади.

1- жадвалда юқоридаги ҳисоблаш натижалари келтирилган.

1-Жадвал

Биогаз қурилмаси асосий кўрсаткичларининг йиғинди жадвали

Метантенкни бир вақтда юкланган суткалик ҳажми, кг/сут	4800
Юкланган материал таркибидаги ҚМ миқдори, кг/сут	720
ҚОМ миқдори, кг/сут	576
ҚОМ тўла парчаланганда биогаз ажралиб чиқиши, м ³ /сут	241,9
Танланган вақт давомийлигида олинган биогаз ҳажми	145,2
Метантенкнинг тўла юкланган ҳажми, м ³	80

2-Жадвал

Лойihalанаётган биогаз қурилмасининг энергетик ҳарактеристикаларини ҳисоблаш натижалари

Юкланган массани бижғиш температурасигача иситиш учун зарур бўлган исиклик миқдори Мж/сут	568,4
Реактор деворларидан атроф муҳитга йўқотиладиган исиклик миқдори Мж/ч	17,6
Жараёни таъминлаб туриш учун уммий энергия сарфи, Мж/сут	991,7
Суткада ишлаб чиқарилган биогаз энергияси захираси, Мж/сут	3135,3
Қурилманинг энергетик самарадорлиги, Мж/сут	2143,57
биогаз қурилмасининг маҳсулот коэффициенти	2,16
биогаз энергияси ялпи қуввати, кВт.с/сут	870,9
биогаз исиклик энергияси ялпи қуввати, кВт.с/сут	0,74
Назарий қуввати, кВт	36,3

Биогаз қурилмаларининг кўрсаткичларини ҳисоблаш натижалари жадвал асосида келтирилган.

Биогаз қурилмалари кўрсаткичларини ҳисоблаш ва ишлов бериш усулларини тўғри танлаш турли хил чиқиндилардан олинаётган биогазларни таркиби ва ёнилғи сифатида улардан фойдаланишда муҳим ҳисобланади. Чиқиндиларни қайта ишлаб олинган биологик газлардан турли энергетик қурилмаларда фойдаланишда газни тозалаш режимларини белгилаш, уни тозалаш учун самарадорлиги юқори бўлган филтр элементларни танлаш долзарб ҳисобланади.

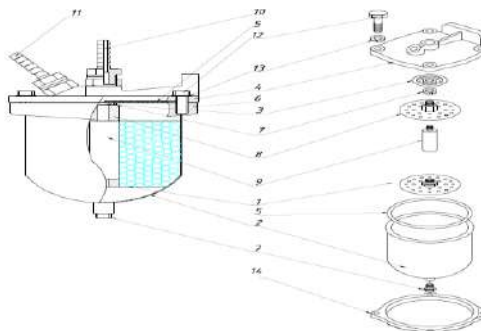
Органик чиқиндиларни қайта ишлаш, табиат муҳофазасини таъминлаш, юқори сифатли органик ўғит ва муқобил ёнилғилар олиш ҳамда ер ости қазилма бойликларини келажак авлодга асраб-авайлаб сақлаш дунёдаги баъзи бир йирик давлатларнинг асосий сиёсатида айланиб бормоқда.

Чиқиндилардан олинган биогаз ёнилғисини ички ёнув двигателларида қўллаш двигател деталлари ёйилиши ва коррозияланишини келтириб чиқаради, бундан ташқари ишлатилган газларнинг атроф-муҳитга таъсири ортади. Шунинг учун тадқиқотларда биологик газни мотор ёнилғиси сифатида ишлатишда мавжуд тозалаш усулларини қўллаш бўйича тавсиялар ишлаб чиқилди. Тавсия этилган усул деталлар ва бирикмалар ёйилишини камайтиради ва ресурсини ортишига хизмат қилади. Биологик газлардан фойдаланишда уларни тозалаш фойдаланиш самарадорлигини оширади.

Биогазни тозалашнинг энг самарали ва кенг тарқалган усули филтрада қуруқ тозалаш ҳисобланади. Бунда адсорбент сифатида табиий цеолит ишлатилади. Адабиётлар таҳлили

шунини кўрсатдики ёнилғини тозалаш филтрлари ихчам ва филтрловчи элементни алмаштириш имкони бўлиши керак. Таклиф этилган филтр қурилмасини яшашда ёнилғини дағал тозалаш филтридан фойдаланилади.

Таклиф этилган филтр конструкциясида адсорбент сифатида табиий цеолит ишлатилди (расм 2.) .У қуйидаги иш тартибига эга: биогаз корпус 2 га штуцер 10 орқали кириб келади, марказий канал 9 дан ўтиб, пастки тўсиқ 1 дан юқорига кўтарилиб,цеолит грануларига тушади, у ерда биогаз зарарли заррачалардан -водород сульфид, ис газидан тозаланади, бу газлар цеолит заррачалари ғовакликларида ушлаб қолинади. Тозаланган биометан юқорига кўтарилиб, штуцер 7 орқали чиқиб компрессор ёрдамида газ баллонига ҳайдалади.



Расм 2. Биогаз тозалаш филтри: 1- пастки тўсиқ, 2-корпус, 3- тақсимлагич, 4- филтр қопқоғи, 5- зичловчи ҳалқа, 6- стакан фланец, 7-шайба пружина 14; 8-филтрловчи элемент юқори тўсиғи, 9- марказий канал, 10- биогаз узатиш штуцери, 11- биогазни қайтариш штуцери, 12-болт,13-шайба;14- фланец стакан; 15-цеолит гранулалари.

Биогаз электростанциялари чиқиндиларни ыайта ишлаб олинган биогазни дизел двигателларида ёнилғи сифатида ишлатиб электр энергияси ишлаб чиқаришга асосланган. Бунда ёнилғи чорвачилик фермалари чиқиндиларини қайта ишлаб олинади, олинган ёнилғи экологик тоза бўлиб, электр станцияларида ишлаётган дизел генераторларида ёнилғи сифатида ишлатилади.

Биогаз электр станциясининг асосий иш босиқичлари қуйидагилардан иборат бўлади:

1. **Ёнилғи ишлаб чиқариш:** Чорвачилик чиқиндилари тўпланиб, уларга биогаз реакторларида ишлов бериб, биогаз ёнилғиси олинади.

2. **Ёнилғини тўплаш:** Биогаз реакторидан олинган биогаз ёнилғи сақлаш резервуарига йиғилади.

3. **Дизелни газ ёнилғисидан ишлашга мослаштириш:** дизел генератори таъминлаш тизими конструкциясига сезиларли ўзгаришлар киритиб, биогаз ёнилғисидан ишлашга ўтказилади.

4. **Биогаздан ёнилғи сифатида фойдаланиш:** Олинган экологик тоза ёнилғи цилиндрда ёқилади ва ички ёнув двигателининг ишлашини таъминлайди.

5. **Генерация:** Двигатель электрогенератор роториг ҳаракат узатади ва натижада электр энергияси ишлаб чиқарилади.

6. **Экологик барқарорлиги:** биогаздан ёнилғи олиш жараёни ҳавфсиз, атроф муҳитга зарарли таъсири кам.

Хулоса: Дизел электр станцияларида нархи анча ыиммат ва атроф муҳитга салбий таъсир кўрсатувчи дизел ёнил-иларидан фойдаланилади. Нефт ёнилғисини тежаш, электр станцияларининг узлуксиз ишлашини таъминлаш ва атроф муҳитга салбий таъсирларни камайитириш учун органик чиқиндиларни қайта ишлаб олинган биогаздан фойдаланиш самарали ҳисобланади.

АДАБИЁТЛАР:

1. Баадер, В. Биогаз : теория и практика [Текст] / В. Баадер, Е. Доне, Бренндерфер ; пер. с нем. и предисловие М. И. Серебряного. – Москва : Колос, 1982. – 148 с., ил.
2. Друзьянова В. П. Энергосберегающая технология переработки навоза крупного рогатого скота, -Улан-удэ, Дисс. DSc
3. Монгуш А.Р. Биогазовые технологии. – Красноярск. Учебное пособие,125с
4. Салимов О.У., Имомов Ш.Ж ва бошқ. Қайта тикланувчи энергия манбалари. Ўқув кўлланма Т.: 2020
5. Имомов Ш.Ж. , Усманов К.Э. Биогаз: экология ва органик ўғит / Тошкент, Адабиёт учқунлари, 2016 – 240 б.
6. Шодиметов К. Ўзбекистонда биоэнергетиканинг инновацион ривожланиши, Т.: 2020

<https://doi.org/10.5281/zenodo.19511919>
UOT 62.523.8 (075.10)

BİRİNCİ QRUP ELEKTRİK İŞLƏDİCİLƏRİNİN FASILƏSİZ ENERJİ TƏMİNATINDA EHTİYAT QİDALANMA SİSTEMLƏRİNİN ETİBARLILIQ ANALİZİ VƏ OPTİMAL STRUKTURUNUN MODELƏŞDİRİLMƏSİ

HƏSƏNOV TARIYEL QƏNİMƏT OĞLU

Azərbaycan Memarlıq və İnşaat Universitetinin dosenti, Bakı, Azərbaycan

HÜSEYNOV RÜSTƏM SƏXAVƏT OĞLU

Azərbaycan Memarlıq və İnşaat Universitetinin magistrantı, Bakı, Azərbaycan

Xülasə. Bu məqalədə birinci qrup elektrik işlədicilərinin fasiləsiz enerji təminatının etibarlılıq göstəriciləri əsasında tədqiqi və ehtiyat qidalanma sistemlərinin optimal strukturunun modelləşdirilməsi məsələləri araşdırılır. Birinci qrup işlədicilər – xəstəxanalar, məlumat mərkəzləri, sənaye proseslərinin kritik avadanlıqları və strateji obyektlər – üçün enerji təchizatının kəsilməsi ciddi texniki və iqtisadi itkilərə səbəb ola bilər. Bu baxımdan onların fasiləsiz enerji ilə təmin olunması enerji təhlükəsizliyinin əsas prioritet istiqamətlərindən biridir. Tədqiqat çərçivəsində əsas və ehtiyat enerji mənbələrinin qarşılıqlı əlaqəsi, avtomatik ehtiyat qoşulma (AEQ) sistemlərinin iş prinsipi və güc balansının sabit saxlanması mexanizmləri təhlil edilir. Elektrik təchizatında iki və ya daha çox müstəqil qidalanma mənbəyinin tətbiqi, dizel-generator qurğularının və akkumulyator sistemlərinin integrasiyası, həmçinin fasiləsiz enerji mənbələrinin (UPS) rolu sistemli şəkildə qiymətləndirilir. Etibarlılıq nəzəriyyəsi elementləri əsasında ehtimal modelləri qurularaq sistemin nasazlıq tezliyi və bərpa müddəti kimi göstəricilər araşdırılır. Məqalədə enerji təchizatının fasiləsizliyini təmin edən optimal strukturun seçilməsi zamanı texniki təhlükəsizlik, iqtisadi səmərəlilik və istismar etibarlılığı meyarlarının kompleks şəkildə nəzərə alınmasının vacibliyi əsaslandırılır. Aparılmış təhlil göstərir ki, ehtiyat qidalanma sistemlərinin düzgün layihələndirilməsi və avtomatlaşdırılmış idarəetmə mexanizmlərinin tətbiqi enerji kəsintilərinin minimuma endirilməsinə və birinci qrup işlədicilərin stabil fəaliyyətinin təmin edilməsinə imkan verir.

Açar sözlər: birinci qrup işlədicilər, fasiləsiz enerji təminatı, ehtiyat qidalanma, etibarlılıq analizi, UPS sistemi, dizel-generator, avtomatik ehtiyat qoşulma, enerji təhlükəsizliyi.

UOT 62.523.8 (075.10)

RELIABILITY ANALYSIS OF BACKUP POWER SUPPLY SYSTEMS AND MODELING OF THE OPTIMAL STRUCTURE IN CONTINUOUS POWER SUPPLY OF FIRST-CATEGORY ELECTRICAL CONSUMERS

HASANOV TARIYEL GANIMAT OGLU

Associate Professor, Azerbaijan University of Architecture and Construction, Baku, Azerbaijan

HUSEYNOV RUSTAM SAKHAVAT OGLU

Master's Student, Azerbaijan University of Architecture and Construction, Baku, Azerbaijan

Abstract. This article investigates the uninterrupted power supply of first-category electrical consumers based on reliability indicators and models the optimal structure of backup power systems. First-category consumers—such as hospitals, data centers, critical industrial equipment, and strategic facilities—require continuous electricity supply, as any interruption may result in significant technical and economic losses. Therefore, ensuring uninterrupted power supply is a key priority in energy security strategies. The study analyzes the interaction between primary and

backup power sources, the operating principles of automatic transfer switch (ATS) systems, and mechanisms for maintaining stable power balance. The implementation of multiple independent supply sources, integration of diesel generator units, battery storage systems, and uninterruptible power supply (UPS) technologies are systematically evaluated. Reliability theory elements are applied to develop probabilistic models assessing system failure rates and recovery times. The research emphasizes that the selection of an optimal configuration for uninterrupted power supply systems must consider technical safety requirements, economic feasibility, and operational reliability in a comprehensive manner. The findings demonstrate that proper design of backup power systems combined with automated control mechanisms significantly reduces power interruption risks and ensures stable operation of first-category electrical consumers.

Keywords: *first-category consumers, uninterrupted power supply, backup power system, reliability analysis, UPS system, diesel generator, automatic transfer switch, energy security.*

Giriş

Müasir enerji sistemlərində elektrik təchizatının etibarlılığı və fasiləsizliyi xüsusi əhəmiyyət kəsb edir. [1] Xüsusilə birinci qrup elektrik işlədiciləri üçün enerji kəsintisi yolverilməz hesab olunur və bu cür obyektlərdə enerji təchizatının dayandırılması insan həyatı, texnoloji proseslər və informasiya təhlükəsizliyi baxımından ciddi risklər yarada bilər. Birinci qrup işlədicilərə xəstəxanalar, reanimasiya və əməliyyat blokları, məlumat mərkəzləri, telekommunikasiya qurğuları, kimya və metallurjiya sənayesinin kritik avadanlıqları, eləcə də strateji dövlət obyektləri daxildir. Bu səbəbdən onların enerji təminatının yüksək etibarlılıq səviyyəsində təşkili mühüm texniki və sosial əhəmiyyət daşıyır. Elektrik enerjisinin fasiləsiz təmin olunması üçün əsas şərt müstəqil və paralel qidalanma mənbələrinin mövcudluğudur. Normativ sənədlərə əsasən birinci qrup işlədicilər ən azı iki müstəqil enerji mənbəyindən qidalanmalı və əsas mənbədə nasazlıq baş verdikdə ehtiyat mənbə avtomatik olaraq qoşulmalıdır. Bu məqsədlə avtomatik ehtiyat qoşulma (AEQ) sistemləri, dizel-generator qurğuları, akkumulyator batareyaları və fasiləsiz enerji mənbələri (UPS) tətbiq olunur. Lakin bu sistemlərin düzgün seçilməsi və koordinasiyası xüsusi texniki hesablamalar və etibarlılıq təhlili tələb edir. [2, s. 36–44]

Birinci qrup işlədicilərin enerji təchizatında əsas problem yalnız alternativ mənbənin mövcudluğu deyil, həm də enerji ötürülməsinin keyfiyyəti və gərginliyin sabitliyidir. Gərginlik düşmələri, impuls xarakterli pozuntular və tezlik sapmaları həssas avadanlıqların işinə mənfi təsir göstərə bilər. Buna görə də ehtiyat qidalanma sistemləri ilə yanaşı, enerji keyfiyyətinin təmin edilməsi və dinamik yük dəyişmələrinin kompensasiyası məsələləri də xüsusi diqqət tələb edir. Etibarlılıq nəzəriyyəsi baxımından enerji təchizat sisteminin strukturunun qiymətləndirilməsi nasazlıq ehtimalı, orta istismar müddəti və bərpa vaxtı kimi göstəricilərin hesablanması əhatə edir. Paralel və ya ehtiyatlı (redundant) sxemlərin tətbiqi sistemin ümumi etibarlılıq əmsalını artırır. Bununla yanaşı, əlavə ehtiyat elementlərin tətbiqi kapital qoyuluşunu artırdığından optimal strukturun seçilməsi texniki və iqtisadi meyarların balanslaşdırılmasını tələb edir. [3, s. 25–33]

Təhlil

Birinci qrup elektrik işlədicilərinin fasiləsiz enerji təminatının təhlili sistemin strukturunun, ehtiyat elementlərin və avtomatik keçid mexanizmlərinin kompleks qiymətləndirilməsini tələb edir. Bu kateqoriyaya aid obyektlərdə enerji kəsintisi yolverilməz olduğundan enerji təchizatı ən azı iki müstəqil mənbədən təşkil olunmalıdır. Təhlil göstərir ki, əsas və ehtiyat qidalanma mənbələrinin paralel və ya ardıcıl qoşulma sxemləri sistemin ümumi etibarlılıq səviyyəsinə birbaşa təsir edir. Paralel (redundant) struktur nasazlıq ehtimalını azaltsa da, əlavə kapital qoyuluşu tələb edir. [4, s. 48–56]

Enerji təchizatının etibarlılığı etibarlılıq nəzəriyyəsi göstəriciləri ilə qiymətləndirilir: nasazlıq tezliyi (λ), orta istismar müddəti (MTBF – Mean Time Between Failures) və bərpa müddəti (MTTR – Mean Time To Repair). Sistem üzrə ümumi etibarlılıq əmsalı ehtiyat elementlərin sayından və onların müstəqillik dərəcəsindən asılıdır. İki müstəqil qidalanma xəttinin tətbiqi nasazlıq ehtimalını əhəmiyyətli dərəcədə azaldır, lakin hər iki xəttin eyni paylayıcı qovşaqdan keçməsi riski artırır.

Buna görə də həqiqi müstəqillik prinsipinin təmin olunması vacibdir. Avtomatik ehtiyat qoşulma (AEQ) sistemlərinin iş prinsipi də təhlilin mühüm istiqamətidir. Əsas mənbədə gərginliyin itməsi və ya normativdən kənara çıxması zamanı AEQ sistemi ehtiyat mənbəni qısa zaman intervalında qoşmalıdır. Keçid vaxtı birinci qrup işlədicilər üçün kritik göstəricidir və bu müddət minimal olmalıdır. UPS sistemləri isə keçid zamanı yaranan qısa fasiləni kompensasiya edərək avadanlıqların fasiləsiz işləməsini təmin edir. Xüsusilə məlumat mərkəzləri və tibbi avadanlıqlar üçün onlayn tipli UPS-lər daha effektiv hesab olunur. Dizel-generator qurğularının tətbiqi uzunmüddətli enerji kəsintilərində ehtiyat mənbə kimi geniş istifadə olunur. Lakin onların işə düşmə müddəti və yanacaq təminatı məsələləri nəzərə alınmalıdır. Akkumulyator batareyaları qısa müddətli enerji təminatı üçün effektiv olsa da, böyük güclü işlədicilər üçün iqtisadi baxımdan məhdudiyətlər yaradır. Buna görə də optimal model adətən şəbəkə + UPS + dizel-generator kombinasiyası əsasında qurulur. Enerji keyfiyyəti göstəriciləri də təhlilin vacib elementidir. [5, s. 19–27]

Gərginlik sapmaları, impuls xarakterli pozuntular və harmonik təhriflər həssas işlədicilərin fəaliyyətinə mənfi təsir göstərə bilər. Bu səbəbdən stabilizatorlar, filtr qurğuları və reaktiv güc kompensasiya sistemləri tətbiq edilməlidir. Avtomatlaşdırılmış monitoring və SCADA sistemləri real vaxt rejimində enerji parametrlərinin nəzarətdə saxlanmasına və operativ qərar qəbuluna imkan verir. Birinci qrup işlədicilərin fasiləsiz enerji təminatı çoxpilləli ehtiyat strukturun qurulmasını, etibarlılıq göstəricilərinin riyazi modelləşdirilməsini və enerji keyfiyyətinin təmin olunmasını tələb edir. [6] Optimal sistem texniki təhlükəsizlik, iqtisadi səmərəlilik və istismar etibarlılığı meyarlarının balanslaşdırılması əsasında formalaşdırılmalıdır. [7]

Cədvəl 1. Birinci qrup işlədicilər üçün fasiləsiz enerji təminatı sisteminin struktur analizi

Təhlil istiqaməti	Əsas parametr	Risk amili	Optimal texniki həll
Qidalanma mənbələri	İki müstəqil giriş xətti	Eyni qovşaqdan qidalanma riski	Tam müstəqil enerji xətləri
Avtomatik ehtiyat qoşulma (AEQ)	Keçid müddəti	Gecikmə zamanı avadanlıq dayanması	Sürətli AEQ və sinxron keçid
UPS sistemi	Akkumulyasiya müddəti	Qısa fasilədə enerji itkisi	Onlayn tipli UPS tətbiqi
Dizel-generator	İşə düşmə vaxtı və güc	Uzunmüddətli kəsinti riski	Avtomatik start və ehtiyat yanacaq
Etibarlılıq göstəriciləri	MTBF, MTTR	Yüksək nasazlıq ehtimalı	Redundant (N+1) struktur
Enerji keyfiyyəti	Gərginlik və tezlik sabitliyi	Həssas işlədicilərin zədələnməsi	Stabilizator və filtr sistemləri
Monitoring və idarəetmə	Real vaxt nəzarət	Operativ reaksiya çatışmazlığı	SCADA və avtomatik diaqnostika

Mənbə: International Electrotechnical Commission. (2019)

Cədvəldə birinci qrup işlədicilərin fasiləsiz enerji təminatı üçün əsas struktur elementlər və onların etibarlılığa təsiri sistemli şəkildə ümumiləşdirilmişdir. Təhlil göstərir ki, iki müstəqil qidalanma xəttinin tətbiqi sistemin ümumi nasazlıq ehtimalını azaldır və enerji təhlükəsizliyini artırır. [8] Avtomatik ehtiyat qoşulma (AEQ) sisteminin sürətli keçid etməsi və onlayn tipli UPS qurğularının istifadəsi qısa müddətli enerji kəsintilərinin qarşısını alaraq həssas avadanlıqların fasiləsiz işləməsini təmin edir. Dizel-generator qurğuları isə uzunmüddətli enerji kəsintilərində ehtiyat mənbə kimi çıxış edir. [9, s. 12–18]

Etibarlılıq göstəricilərinin (MTBF, MTTR) nəzərə alınması və N+1 tipli redundant strukturun tətbiqi sistemin davamlılığını artırır. Eyni zamanda enerji keyfiyyətinin qorunması və SCADA tipli

monitorinq sistemlərinin tətbiqi operativ nəzarəti və qəza risklərinin azaldılmasını təmin edir. Cədvəl Birinci qrup işlədicilər üçün fasiləsiz enerji təminatı çoxpilləli ehtiyat struktura və avtomatlaşdırılmış idarəetmə mexanizmlərinə əsaslanmalıdır.

Birinci qrup elektrik işlədicilərinin fasiləsiz enerji təminatı enerji təhlükəsizliyinin ən vacib istiqamətlərindən biridir və bu sahədə sistemli yanaşma tələb olunur. Bu kateqoriyaya aid obyektlərdə enerji kəsintisi insan həyatı, strateji proseslər və yüksək dəyərli texnoloji avadanlıqlar üçün ciddi risk yaratdığından enerji təchizatı çoxpilləli və ehtiyatlı struktur əsasında təşkil edilməlidir. İki və daha çox müstəqil qidalanma mənbəyinin tətbiqi, avtomatik ehtiyat qoşulma sistemlərinin istifadəsi və onlayn tipli UPS qurğularının inteqrasiyası qısa və uzunmüddətli enerji kəsintilərinin qarşısını effektiv şəkildə alır. [10] Dizel-generator qurğularının ehtiyat mənbə kimi tətbiqi isə uzunmüddətli qəza hallarının kompensasiyasında mühüm rol oynayır. Bununla yanaşı, enerji keyfiyyətinin təmin edilməsi və gərginlik sabitliyinin qorunması həssas işlədicilərin stabil fəaliyyətinin əsas şərtidir.

Etibarlılıq nəzəriyyəsi baxımından redundant (N+1) strukturun qurulması sistemin ümumi nasazlıq ehtimalını azaldır və istismar dayanıqlığını artırır. Lakin əlavə ehtiyat elementlərin tətbiqi iqtisadi xərcləri artırdığından optimal strukturun seçilməsi texniki təhlükəsizlik və iqtisadi məqsədəuyğunluq prinsiplərinin balanslaşdırılması əsasında həyata keçirilməlidir. [11, s. 29–35]

Birinci qrup işlədicilərin fasiləsiz enerji təminatının optimal modeli müstəqil qidalanma mənbələri, avtomatlaşdırılmış idarəetmə, ehtiyat güc sistemləri və enerji keyfiyyətinin qorunması mexanizmlərinin kompleks inteqrasiyasına əsaslanmalıdır. Elmi əsaslandırılmış layihələndirmə və müasir texnoloji həllərin tətbiqi kritik obyektlərin stabil və təhlükəsiz fəaliyyətini təmin edən əsas amil kimi çıxış edir.

ƏDƏBİYYAT SIYAHISI

1. Abbasov, A. B. (2021). *Elektrik təchizatı sistemlərinin etibarlılığı və təhlükəsizlik məsələləri*. Bakı: AzTU Nəşriyyatı.
2. Ələkbərov, R. Q. (2020). Birinci kateqoriyalı işlədicilərin enerji təminatında ehtiyat sxemlərin tətbiqi. *Energetikanın problemləri*, 4(2), 36–44.
3. Həsənov, E. M. (2022). Fasiləsiz enerji mənbələrinin sənaye obyektlərində rolu. *Energetika və avtomatika jurnalı*, 1(3), 25–33.
4. Quliyev, N. S. (2019). Elektrik şəbəkələrində etibarlılıq göstəricilərinin hesablanması metodları. *Azərbaycan Texniki Universitetinin Elmi Xəbərləri*, 3(1), 48–56.
5. Məmmədov, V. R. (2023). Avtomatik ehtiyat qoşulma sistemlərinin texniki analizi. *Texniki elmlər xəbərləri*, 2(4), 19–27.
6. İbrahimov, T. A. (2018). *Elektrik qurğularının layihələndirilməsi və mühafizə sistemləri*. Bakı: Təhsil nəşriyyatı.
7. Бессонов, Л. А. (2020). *Надежность электрических систем*. Москва: Юрайт.
8. Кудрин, Б. И. (2019). *Электроснабжение объектов особой категории*. Москва: Академия.
9. Красник, В. В. (2021). Резервирование в системах бесперебойного питания. *Промышленная энергетика*, 6, 12–18.
10. Шеховцов, В. П. (2018). *Проектирование систем электроснабжения ответственных потребителей*. Санкт-Петербург: Лань.
11. Федоров, А. А. (2022). Анализ показателей надежности распределительных сетей. *Энергетик*, 7, 29–35

<https://doi.org/10.5281/zenodo.19511957>
УДК 629.7:004

ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ НАЗЕМНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ПАССАЖИРОВ В АЭРОПОРТУ Г.АЛМАТЫ

ЖУЛДУЗБАЕВ ИСМАИЛ ХУСАИНОВИЧ

магистрант кафедры «Организация авиационных перевозок и логистика» АО
«Академия гражданской авиации» по направлению
7М11301 – Организация перевозок, движения и эксплуатация транспорта

Научный руководитель: к.т.н., ассоц.профессор **АБЖАПБАРОВА АЙНУР
ЖАДИГЕРОВНА**

***Аннотация.** В данной статье рассматриваются вопросы цифровой трансформации наземного обслуживания пассажиров в международном аэропорту г. Алматы. Проведен анализ существующих проблем обслуживания на основе анкетирования пассажиров, включая длительное время прохождения предполетных процедур, наличие очередей и недостаточный уровень автоматизации процессов. Выделены основные направления модернизации, проведена оценка эффективности предлагаемых решений с использованием расчетных методов, показавшая значительное сокращение времени обслуживания и ожидания пассажиров. Обоснована необходимость внедрения цифровых технологий, как основного фактора повышения качества обслуживания, пропускной способности, конкурентоспособности аэропорта в современных условиях.*

***Ключевые слова:** цифровизация, наземное обслуживание пассажиров, аэропорт Алматы, цифровизация, биометрические технологии, интеллектуальные системы управления, пассажиропоток, автоматизация, эффективность, качество обслуживания*

В современном мире аэропорты стоят перед вызовом, который невозможно решить традиционными методами автоматизации. Постоянный рост пассажиропотока, высокие ожидания путешественников создают колоссальную нагрузку на существующую инфраструктуру. Согласно данным международных опросов именно предполетные процедуры являются самым неприятным этапом путешествия для большинства пассажиров. Долгие проверки, досмотры отнимают ценное время и силы, превращая начало отпуска, деловой поездки в источник стресса и неприятных эмоций. В связи с чем, особую актуальность приобретает цифровая трансформация процессов наземного обслуживания пассажиров, требующая кардинально нового подхода.

Вообще, авиация одна из самых технологичных сфер, где инновации быстрее всего находят практическое применение. Сегодня цифровая трансформация охватывает все направления: от авиастроения и перевозок до инфраструктуры аэропортов. Особое место в данном процессе занимает модернизация наземного обслуживания пассажиров, поскольку именно этот этап, формируя первое впечатление о качестве предоставляемых услуг, уровне сервиса аэропорта [1,2,3].

Международный аэропорт г. Алматы, являясь крупнейшим авиационным узлом Республики Казахстан, играет важную роль в обеспечении пассажирских перевозок. В связи с этим для дальнейшей модернизации системы наземного обслуживания, необходимо выявить существующие проблемы, снижающие эффективность функционирования аэропорта и качество обслуживания пассажиров.

С целью выявления проблем было проведено анкетирование пассажиров, направленное на оценку уровня удовлетворенности предполетными процедурами, удобства инфраструктуры, качества предоставляемых услуг [4,5]. В исследовании приняли участие пассажиры различных категорий, позволив получить объективную картину текущего

состояния системы обслуживания. По результатам анкетирования были выявлены следующие основные проблемы, представленные на рисунке 1.

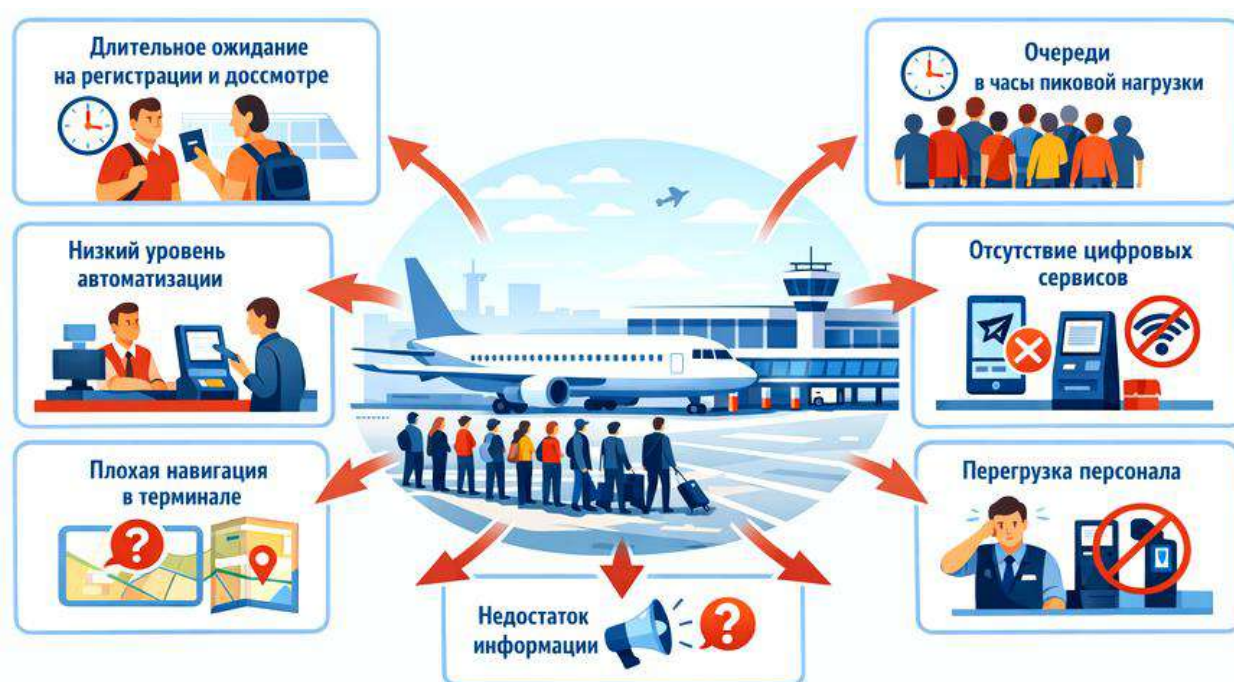


Рисунок 1 – Проблемы наземного обслуживания пассажиров в аэропорту г. Алматы

Таким образом, рисунок 1 наглядно отражает основные проблемы, выявленные в ходе проведенного анкетирования пассажиров международного аэропорта г. Алматы. Благодаря проведенному исследованию, полученные результаты позволяли выделить ряд недостатков, оказывающих негативное влияние на качество наземного обслуживания.

Среди выявленных проблем особое внимание следует уделить длительности прохождения предполетных процедур, включая регистрацию, сдачу багажа, контроль безопасности, занимающее значительное время у пассажиров. Данная проблема приводит к образованию очередей, повышению уровня стресса у пассажиров, снижению общей удовлетворенности качеством обслуживания. Кроме того, значительное влияние оказывает недостаточный уровень автоматизации процессов, ограниченное внедрение цифровых сервисов, снижая эффективность распределения пассажиропотока, а также нагрузку на персонал [6].

Анализ полученных данных показывает, что существующая система наземного обслуживания в аэропорту г. Алматы в значительной степени сохраняет традиционный характер, требуя модернизации с использованием современных цифровых технологий. В этой связи целесообразно рассмотреть основные направления цифровой трансформации, представленные на рисунке 2.



Рисунок 2 – Основные направления цифровой трансформации в аэропорту г. Алматы

Как представлено на рисунке 2, цифровая трансформация наземного обслуживания пассажиров включает комплекс взаимосвязанных направлений, направленных на повышение эффективности, качества обслуживания, а именно:

- использование биометрических технологий (турникеты) для идентификации пассажиров;
- использование интеллектуальных систем управления (ИСУ) пассажиропотоками.

Одним из наиболее перспективных направлений является внедрение биометрической идентификации, позволяющей существенно ускорить прохождение всех этапов наземного обслуживания пассажиров, начиная от регистрации и заканчивая посадкой на борт воздушного судна. Использование биометрических турникетов обеспечивает автоматическую проверку личности пассажира без необходимости предъявления документов, снижая время обслуживания, минимизирует человеческий фактор, повышает уровень безопасности.

Не менее важным направлением является внедрение интеллектуальных систем управления (ИСУ) пассажиропотоками. Данные системы позволяют в режиме реального времени анализировать загрузку зон аэропорта, прогнозировать скопления пассажиров, при этом оперативно, а также быстро перераспределять потоки. Данное направление способствует снижению очередей, повышению пропускной способности терминала, более эффективному использованию инфраструктуры аэропорта [7].

Для оценки эффективности внедрения биометрических технологий и интеллектуальных систем управления пассажиропотоками целесообразно провести сравнительный расчет временных затрат на обслуживание пассажиров, для заполнения данных необходимо использовать формулу:

$$T = N * t, \text{ где} \quad (1)$$

N – количество пассажиров
t – среднее время обслуживания (мин).
Полученные данные занесены в таблицу 1.

Таблица 1 – Оценка эффективности внедрения биометрических технологий

Показатель	Традиционное обслуживание	Цифровое обслуживание (биометрия)
Время обслуживания 1 пассажира, мин	10-15	3-5
Среднее время (мин)	12	4
Пассажиропоток в год, млн чел	12	12
Общие трудозатраты, млн. мин	144	48
Сокращение времени, %	–	66,7%

Примечание: составлено автором

Из полученных данных таблицы 1 видно, что при существующей системе обслуживания среднее время регистрации одного пассажира составляет 10-15 минут. При использовании биометрической идентификации, автоматизированных систем данное время может быть сокращено до 3-5 минут, что обусловлено исключением ручной проверки документов и ускорением процедур контроля. Учитывая, что пассажиропоток международного аэропорта г. Алматы составляет в среднем 12 млн. человек в год, внедрение цифровых технологий позволит значительно повысить пропускную способность аэропорта.

Для оценки эффективности внедрения интеллектуальных систем управления (ИСУ) пассажиропотоками целесообразно рассмотреть изменение времени ожидания в очередях и пропускной способности зон обслуживания. В условиях традиционной системы управления пассажиропотоками отсутствует оперативное перераспределение потоков, приводя к образованию очередей, особенно в часы пиковой нагрузки. В среднем время ожидания пассажиров обычно составляет 30-60 минут.

Внедрение интеллектуальных систем управления позволяет в режиме реального времени анализировать загруженность зон аэропорта, направлять пассажиров в менее загруженные участки, способствуя сокращению времени ожидания до 5-10 минут. Для количественной оценки эффективности используем формулу расчета времени ожидания:

$$\Delta T = (T_1 - T_2) / T_1 * 100\%, \text{ где} \quad (2)$$

T₁ – время ожидания до внедрения ИСУ,
T₂ – время ожидания после внедрения ИСУ.
Полученные данные занесены в таблицу 2.

Таблица 2 – Оценка эффективности внедрения ИСУ пассажиропотоками

Показатель	Действующая система	Интеллектуальная система (ИСУ)
Среднее время ожидания, мин	30-60	5-10
Среднее время (мин)	25	8
Пропускная способность (чел/час)	800	1400
Уровень загрузки зон, %	90-100	60-75
Снижение времени ожидания, %	–	82,2%

Примечание: составлено автором

Проведенные расчеты таблицы 2 показали, что внедрение интеллектуальных систем управления пассажиропотоками позволяет сократить время ожидания пассажиров более чем на 80%, что существенно повышает эффективность функционирования аэропортовой инфраструктуры. Одновременно с этим увеличивается пропускная способность зон обслуживания, снижается уровень перегрузки, обеспечивается равномерное распределение пассажиропотоков.

В совокупности с внедрением биометрических технологий данные решения формируют комплексный эффект цифровой трансформации наземного обслуживания пассажиров. Сокращение времени обслуживания, уменьшение очередей, повышение уровня безопасности, автоматизация процессов позволяют значительно повысить качество предоставляемых услуг и уровень удовлетворенности пассажиров.

Особую значимость данные преобразования приобретают для международного аэропорта г. Алматы, учитывая высокий пассажиропоток, влияние сезонных факторов, в частности частые задержки рейсов в зимний период. Внедрение цифровых технологий позволит оперативно реагировать на изменения в расписании, эффективно управлять потоками пассажиров в условиях повышенной нагрузки.

Кроме того, цифровая трансформация способствует снижению нагрузки на персонал, минимизации человеческого фактора, повышению прозрачности процессов обслуживания, создавая условия для повышения конкурентоспособности аэропорта на международном уровне, соответствия современным требованиям авиационной отрасли. Таким образом, цифровая трансформация наземного обслуживания пассажиров в международном аэропорту г. Алматы является необходимым, стратегически важным направлением развития, способствующим повышению качества обслуживания, оптимизации процессов, обеспечению устойчивого функционирования аэропорта в условиях роста пассажиропотока, а также глобальной конкуренции.

ЛИТЕРАТУРА:

1. ICAO. Air Transport Development Report. – Montreal: International Civil Aviation Organization, 2022. – 180 p.
2. IATA. Global Passenger Survey. – Geneva: International Air Transport Association, 2023. – 95 p.
3. ACI World. Airport Digital Transformation Handbook. – Montreal, 2021. – 140 p.
4. Deloitte. Smart Airport Technologies and Trends. – 2023. – 110 p.
5. SITA. Air Transport IT Insights. – 2023. – 120 p.
6. Graham A. Managing Airports: An International Perspective. – London: Routledge, 2020. – 320 p.
7. Ashford N., Mumayiz S., Wright P. Airport Engineering: Planning, Design and Development of 21st Century Airports. – Wiley, 2019. – 768 p.

<https://doi.org/10.5281/zenodo.19511991>
УДК 004.735

РАЗВИТИЕ ТЕХНОЛОГИЙ 5G И ИХ ВЛИЯНИЕ НА СЕТИ

ЖАНДЫРОВА АНАР СЕРИКХАНОВНА

Магистр технических наук, старший преподаватель кафедры ИТ, Казахский университет технологии и бизнеса им.К.Кулажанова, г.Астана, Казахстан

АБИЛЬДИНА АЙГУЛЬ АМАНЖОЛОВНА

Магистр технических наук, старший преподаватель кафедры ИТ, Казахский университет технологии и бизнеса им.К.Кулажанова, г.Астана, Казахстан

СИСЕМБАЕВА АКМОЛДИР НУРЛАНКЫЗЫ

SISSEMBAEVA AKMOLDIR

Магистр технических наук, старший преподаватель кафедры ИТ, Казахский университет технологии и бизнеса им.К.Кулажанова, г.Астана, Казахстан

Аннотация: Развитие технологий 5G обоснована быстрым ростом объема передаваемых данных и увеличением числа подключённых устройств. Сети пятого поколения обеспечивают значительно более высокую скорость передачи данных, минимальную задержку и повышенную надёжность по сравнению с предыдущими поколениями. Это дает возможность развития таких направлений, как Интернет вещей (IoT), автономный транспорт, телемедицина и умные города. Внедрение 5G оказывает существенное влияние на архитектуру современных сетей, требуя их модернизации, внедрения виртуализации и программно-определяемых сетей. Кроме того, возрастает значение кибербезопасности и управления сетевыми ресурсами. Исследование технологий 5G и их влияния на сети является важным для понимания перспектив цифровой трансформации и повышения эффективности информационных систем.

Ключевые слова: 5G сети, беспроводные технологии, высокоскоростная передача данных, широкополосный доступ, сетевая инфраструктура, модернизация сетей, мобильный интернет, IoT-устройств.

За последние 40 лет сменилось четыре поколения мобильных технологий, каждое из которых оказало значительное влияние на весь телекоммуникационный рынок (появились новые услуги связи, виды оборудования и бизнес модели). Развитие мобильной связи привело к настоящей технологической революции, которая позволила передавать данные с крайне низкой задержкой сигнала (до 2 мс в последних версиях стандартов LTE), огромной скоростью (до 3-6 Гбит/с), а также поддерживать продвинутые сервисы беспроводных коммуникаций. Пятое поколение связи обещает дальнейший рост параметров связи: задержку сигнала до 1 мс, эффективность использования радиочастотного диапазона на 30 — 50 % выше, чем в самых современных версиях стандарта четвертого поколения, использование еще более широких радиочастотных каналов и возможность оказания новых услуг, требующих поддержки огромного количества мобильных устройств на ограниченной территории (mMTC — Massive Machine Type Communication — массовые машинные коммуникации) и высокочувствительных к качеству связи (uRLLC — Ultra Reliable Low Latency Communications — ультранадежная связь с низкой задержкой передачи данных). Развитие основных технологий и их параметров от 1G до 5G представлено на рис.1. [1]

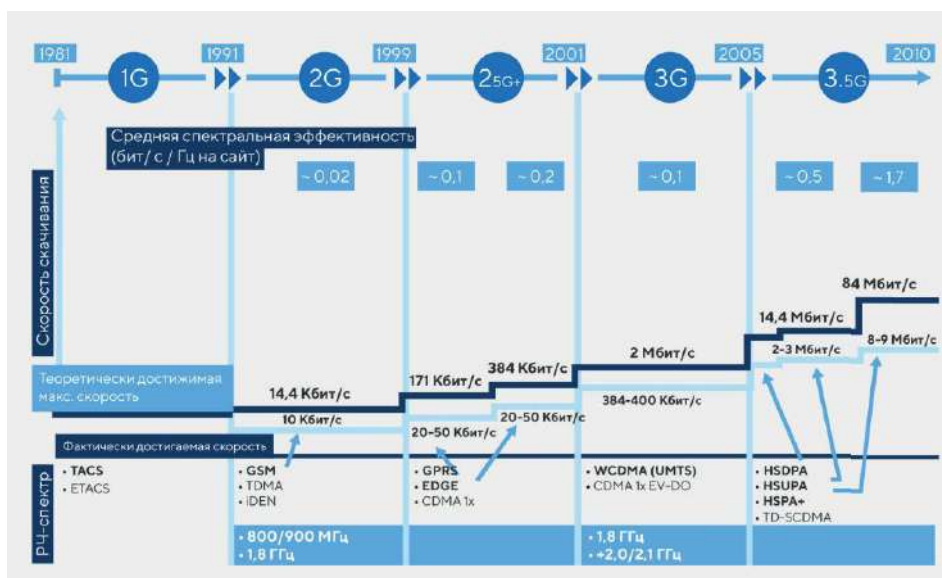


Рис.1. Развитие технологий и их параметров от 1G до 5G

Ключевой особенностью каждого поколения, о которой заявляют в первую очередь, является скорость передачи данных. Однако это не единственная характеристика. С учетом развития «интернета вещей» и, как следствие, увеличения количества подключенных устройств, а также с постоянно возрастающим объемом потребляемого трафика уже определены следующие требования к поколению 5G:

- пропускная способность сети свыше 10 Гбит/с;
- поддержка одновременного подключения до 100 млн устройств/км²;
- задержка передачи данных не более 1 мс;
- распределение между различными услугами необходимого частотного ресурса.

Сверхбыстрое соединение сокращает количество времени, которое тратится на передачу и прием информации, что на практике должно снизить расход батареи при использовании мобильного интернета. [2]

Тестирования, проведенные одним из мировых лидеров на рынке телекоммуникаций китайской компанией Huawei, показывают, что технологии 5G обеспечивают скорость доступа в несколько гигабит в секунду, что на порядок превышает существующие технические решения. Емкость сетей нового поколения в 20 раз выше, чем у технологии 4G и в 10000 раз выше, чем у 2G. Энергопотребление технологий 5G по сравнению с 4G ниже в 10 раз, а размеры аппаратуры меньше на 70 %: базовая станция 5G весит ≈20 кг, а ее габариты сравнимы с размерами обычного портфеля для документов формата А4. При внедрении технологии 5G ее гарантированной скорости будет достаточно для управления различными автоматическими устройствами, для которых важна надежность – это беспилотные автомобили и летательные аппараты, телемедицинские устройства, системы управления и датчики контроля коммунальным хозяйством, бытовые приборы и устройства управления «умным домом», «умным городом» и т. п. Новое поколение сетей 5G в будущем расширит возможности во многих сферах жизнедеятельности.

В Казахстане операторы связи, такие как Kcell, Beeline Kazakhstan и Tele2, активно развивают инфраструктуру. По данным на конец 2024 года, 5G покрывает 20 городов Казахстана, включая областные центры. Подключение к 5G на смартфонах осуществляется через настройки сети, что даёт пользователям доступ к высокоскоростному интернету без необходимости сложной настройки.[3]

Внедрение 5G оказывает значительное влияние на финансовый сектор как в Казахстане, так и за его пределами. Вот ключевые направления, где технология уже приносит ощутимые изменения.

Ускорение транзакций. Высокая скорость и минимальная задержка 5G позволяют проводить платежи практически мгновенно. Это особенно важно для международных транзакций, которые ранее могли занимать часы. Например, казахстанские мобильные банки, такие как Kaspi Bank и Народный банк, смогут предоставлять клиентам более удобные и быстрые сервисы.

Развитие мобильного банкинга. Сети 5G расширяют функционал мобильных приложений. Клиенты смогут использовать видеосвязь для общения с банковскими консультантами, управлять своими финансами в режиме реального времени и получать персонализированные рекомендации на основе анализа данных.

Улучшение доступности услуг. 5G позволяет расширить доступ к банковским услугам в отдалённых регионах. Банки смогут устанавливать "умные" терминалы и банкоматы в сельской местности, что обеспечит доступ к финансовым операциям миллионам людей.

Интеграция IoT в финансы. Интернет вещей на базе 5G позволяет банкам и финансовым организациям внедрять технологии, которые упрощают процессы. Например, банкоматы смогут автоматически сообщать о необходимости пополнения наличных, а терминалы - отправлять отчёты о неисправностях.

Снижение рисков и повышение безопасности. Сети 5G обеспечивают высокий уровень шифрования и защищённости данных, что снижает риски взломов и мошенничества. Банки могут внедрять биометрические системы для подтверждения личности и использовать искусственный интеллект для выявления подозрительных операций. [4]

Актуальность 5G обуславливается увеличением числа устройств, подключаемых к Интернету, и, следовательно, постоянно растущим спросом на более эффективные и скоростные сети. Это приводит к необходимости модернизации существующих мобильных сетей, которые, на сегодняшний день, испытывают серьёзные ограничения. 5G обеспечивает значительный рост числа одновременно подключенных устройств, что является критически важным для дальнейшего развития интернета вещей (IoT). В связи с вышесказанным, влияние 5G на развитие мобильных сетей и Интернет вещей трудно переоценить. Непрерывное развитие этих технологий открывает перспективы для создания умных городов, улучшения медицинских услуг, внедрения автономных транспортных средств и множества других инноваций, которые будут оказывать значительное влияние на различные сферы жизни в будущем. Следовательно, дальнейшее изучение и исследование потенциального влияния 5G на мобильные сети и интернет вещей имеют важное значение для формирования новых подходов в технологическом развитии.

Основными технологиями, лежащими в основе 5G, являются: миллиметровые волны, технологии MIMO (Multi-Input Multi-Output), сетевые функции виртуализации (NFV) и программно-определяемая сеть (SDN). Миллиметровые волны, используемые в 5G, предоставляют возможность передачи данных на высокой скорости, однако с ограниченной дальностью сигнала.

Чтобы преодолеть это ограничение, используются большие массивы антенн с технологией MIMO, которые увеличивают общую пропускную способность сети и позволяют обрабатывать множество соединений одновременно. SDN и NFV обеспечивают более гибкое управление сетевыми ресурсами, что позволяет операторам эффективно распределять ресурсы в зависимости от нагрузки и потребностей пользователей.

Сразу после запуска сетей пятого поколения не стоит ожидать высоких скоростей передачи данных, пока не будет развёрнута инфраструктура в диапазоне миллиметровых волн (mmWave) — наиболее коротких, быстро гаснущих, но обеспечивающих скорости в несколько гигабит в секунду. Основная причина перехода в новые диапазоны — нехватка частот в диапазоне ниже 6 ГГц. Чтобы предоставить операторам свободные частоты и более широкие полосы, в рамках которых можно передавать больше данных, разрабатывается новое поколение мобильной связи. Рост числа пользователей и объема передаваемых данных,

обусловленный развитием потокового видео, облачных сервисов и интернета вещей (IoT), требует расширения доступного спектра и повышения пропускной способности сетей.[2]

Полноценная реализация потенциала 5G возможна только при комплексном развитии инфраструктуры, включающем внедрение mmWave, модернизацию существующих сетей и применение интеллектуальных методов управления трафиком. В перспективе это позволит обеспечить не только высокоскоростной мобильный интернет, но и развитие таких направлений, как автономный транспорт, умные города и промышленный интернет вещей.

Несмотря на значительные преимущества, данная технология обладает определёнными недостатками.

- Развитие сетей пятого поколения сопровождается рядом существенных проблем и рисков. Прежде всего, активное распространение Интернета вещей (IoT) неизбежно приводит к увеличению числа уязвимых устройств. Это создает благоприятные условия для формирования ботнет-сетей, которые могут использоваться злоумышленниками для проведения масштабных DDoS-атак. Причём с ростом пропускной способности сетей возрастает и мощность таких атак, что делает их более разрушительными и сложными для отражения.

- Внедрение 5G также связано с переходом на протокол IPv6, который расширяет адресное пространство, но одновременно увеличивает «видимость» устройств в сети. Это может повысить вероятность несанкционированного доступа при недостаточном уровне защиты.

- Дополнительной проблемой является низкий уровень безопасности многих IoT-устройств, которые собирают и передают персональные данные пользователей (например, биометрическую информацию). Это повышает риски утечки конфиденциальной информации.

- Развертывание инфраструктуры 5G требует значительных финансовых затрат, включая модернизацию оборудования, разработку новых стандартов, а также использование более мощных микропроцессоров и специализированного программного обеспечения. Все это усложняет и замедляет внедрение технологии.

Развитие стандартов 5G открывает перед человечеством огромные возможности, но в то же время ставят перед исследователями и разработчиками множество вызовов. В этом контексте важность продолжения исследований, как в области технических решений, так и в вопросах безопасности и этики, становится очевидной для достижения гармоничного и безопасного внедрения этих технологий в различные сферы жизни.[4]

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Леонтьев Д.В. «Влияние 5g на развитие мобильных сетей и интернет вещей» // Вестник науки №8 (89) том 1. С. 333 - 339. 2025 г. ISSN 2712-8849
2. Оразов Мерген Бердимырадович «5g технологии и их влияние на развитие интернета вещей (iot): новые возможности и вызовы для телекоммуникационных сетей» //Наука и Образование. Том 8. № 1. 2025 / Технические науки.
3. А.Оссейран «Технологии мобильной связи 5G: анализ и перспективы» Первая миля Выпуск #5/2013
4. М. Макушин, А. Фомина «Аспекты развития 5G-сетей» Электроника НТБ. Выпуск #6/2019

<https://doi.org/10.5281/zenodo.19512015>
УДК 004.056

ҚАУІПСІЗДІК ИНЦИДЕНТТЕРІН ТЕРГЕУ КЕЗІНДЕ WINDOWS ЖҮЙЕЛІК АРТЕФАКТТАРЫН ПАЙДАЛАҢУ

ШАУТОВА ДАЙАНА МАРАТҚЫЗЫ

Л.Н. Гумилев атындағы ЕҰУ Ақпараттық технологиялар факультетінің 2-курс магистранты, Астана, Қазақстан

Ғылыми жетекші – ТОҚСЕИТ ДИНАРА ҚУАНДЫҚҚЫЗЫ

Аннотация: Мақалада ақпараттық қауіпсіздік инциденттерін тергеу барысында Windows операциялық жүйесінің жүйелік артефакттарын пайдалану қарастырылады. Пайдаланушылар мен қолданбалардың жұмыс істеу процесінде жүйе қалыптастыратын артефакттардың негізгі түрлері, сондай-ақ олардың цифрлық криминалистика аясында оқиғалар тізбегін қалпына келтірудегі маңызы сипатталады. Prefetch, AmCache, ShimCache және Windows оқиғалар журналдары сияқты дереккөздер қарастырылады. Аталған артефакттарды талдау бағдарламалардың іске қосылу фактілерін анықтауға, белсенділіктің уақыттық сипаттамаларын белгілеуге және зиянды әрекеттердің белгілерін табуға мүмкіндік беретіні көрсетілген. Ақпараттық қауіпсіздік инциденттерін кешенді тергеуде жүйелік артефакттардың маңыздылығы туралы қорытынды жасалған.

Кілт сөздер: цифрлық форензика, инциденттерді тергеу, жүйелік артефакттар, Windows, Prefetch, AmCache, оқиғалар журналдары.

Кіріспе

Киберинциденттердің санының артуы оларды тергеудің тиімді әдістерін қолдануды талап етеді. Бұл бағыттағы негізгі тәсілдердің бірі – ақпараттық жүйелердегі цифрлық іздерді анықтауға және талдауға мүмкіндік беретін цифрлық форензика [1].

Маңызды дереккөздердің бірі Windows жүйелік артефакттары болып табылады. Олар бағдарламалардың іске қосылуын, пайдаланушы әрекеттерін және жүйедегі өзгерістерді көрсететін қызметтік жазбалар болып табылады. Зиянды бағдарламалар жойылған жағдайда да, кейбір мәліметтер сақталып, жүйенің бұзылу белгілерін анықтауға және оқиғалар тізбегін қалпына келтіруге мүмкіндік береді [2].

Бұл жұмыстың мақсаты – Windows жүйесінің негізгі артефакттарын және олардың қауіпсіздік инциденттерін тергеудегі рөлін талдау.

Windows жүйелік артефакттары цифрлық дәлелдер көзі ретінде

Windows операциялық жүйесі пайдаланушылар мен бағдарламалардың белсенділігін сипаттайтын мәліметтерді автоматты түрде қалыптастырады. Бұл артефакттар файлдық жүйеде, тізілімде және оқиғалар журналдарында сақталады және тергеу барысында маңызды рөл атқарады [2].

Олар бағдарламалардың іске қосылу фактілерін анықтауға, пайдаланушы әрекеттерінің реттілігін қалпына келтіруге және уақыттық сызықты (timeline) құруға мүмкіндік береді.

Кесте 1. Инциденттерді тергеуде қолданылатын Windows жүйелік артефакттары

Артефакт	Орналасуы	Мазмұны	Тергеудегі маңызы
----------	-----------	---------	-------------------

Prefetch	C:\Windows\Prefetch	Қосымшалардың іске қосылуы туралы ақпарат, орындалатын файл жолы, іске қосылу саны, соңғы іске қосылу уақыты	Бағдарламаның іске қосылу фактісін және қолданылу жиілігін анықтауға мүмкіндік береді
AmCache	C:\Windows\AppCompat\Programs\Amcache.hve	Бұрын іске қосылған орындалатын файлдар туралы мәліметтер (жолы, өлшемі, хеші)	Бұрын орындалған, соның ішінде зиянды бағдарламаларды анықтауға қолданылады
ShimCache (Application Compatibility Cache)	Реестр Windows	Жүйеде болған немесе іске қосылған бағдарламалар туралы ақпарат	Күмәнді файлдардың бар-жоғын анықтауға көмектеседі
Jump Lists	C:\Users\%User%\AppData\Roaming\Microsoft\Windows\Recent\AutomaticDestinations	Жақында ашылған файлдар мен құжаттар туралы мәліметтер	Пайдаланушы әрекеттерін және файлдарға қолжетімділікті анықтауға мүмкіндік береді
Windows Event Logs	C:\Windows\System32\winevt\Logs	Жүйелік және пайдаланушылық оқиғалар: жүйеге кіру, қателер, қызметтердің іске қосылуы	Пайдаланушы және жүйелік белсенділікті талдау үшін қолданылады
Registry (реестр)	C:\Windows\System32\Config	Жүйе баптаулары, бағдарламалар, автожүктеу және пайдаланушылар туралы ақпарат	Зиянды БҚ-ның бекіну белгілерін және жүйе конфигурациясындағы өзгерістерді анықтауға мүмкіндік береді

Өртүрлі артефакттарды біріктіріп талдау зерттеудің дәлдігін арттырып, оқиға барысын толық қалпына келтіруге мүмкіндік береді.

Бағдарламалардың іске қосылу артефакттары: Prefetch және AmCache

Ақпараттық қауіпсіздік инциденттерін тергеу барысында жүйеде бағдарламалардың іске қосылу фактісін анықтау ерекше маңызды болып табылады. Күдікті немесе зиянды файл орындалғаннан кейін жойылған жағдайда да, Windows операциялық жүйесі оның іске қосылғаны туралы мәліметтерді әртүрлі жүйелік артефакттарда сақтай алады [3]. Мұндай деректердің ең ақпараттық көздеріне Prefetch және AmCache жатады.

Prefetch файлдары Windows операциялық жүйесі тарапынан қосымшалардың іске қосылуын жеделдету мақсатында құрылады. Бағдарлама алғаш рет іске қосылған кезде жүйе орындалған қосымша және пайдаланылған ресурстар туралы мәліметтерді қамтитын арнайы файл қалыптастырады. Бұл деректер бағдарламаларды кейінгі іске қосуларды оңтайландыру үшін қолданылады.

Цифрлық форензика мамандары үшін Prefetch маңызды мәнге ие, себебі ол жүйеде бағдарламаның орындалу фактісін анықтауға мүмкіндік береді. Prefetch құрылымында орындалатын файл жолы, бағдарламаның іске қосылу саны және соңғы іске қосылу уақыты

туралы мәліметтер болуы мүмкін. Prefetch жазбасының болуы белгілі бір файлдың жүйеде іске қосылғанын көрсетеді, тіпті ол кейін жойылған жағдайда да [5].

Қосымша атап өту қажет, Prefetch файлдары *.pf форматында сақталады және орындалатын файл жолының хешін, жүктелген кітапханалар (DLL) тізімін, сондай-ақ Windows нұсқасына байланысты сегізге дейінгі іске қосылу уақыт белгілерін қамтиды. Бұл бағдарламаның әрекетін дәлірек талдауға және зиянды бағдарламалардың қайталанатын іске қосылуын анықтауға мүмкіндік береді.

Сурет 1. Prefetch файлдарын талдау мысалы

Line	Tag	Run Time	Executable Name
725		2024-03-06 01:05:04	\VOLUME {01d9f41517ed676f-3a1800bd}\WINDOWS\SYSTEM32\RUNTIMEBROKER.EXE
256		2024-03-06 01:05:09	\VOLUME {01d9f41517ed676f-3a1800bd}\USERS\BILL.LUMBERGH\APPDATA\LOCAL\MICROSOFT\...
638		2024-03-06 01:05:10	\VOLUME {01d9f41517ed676f-3a1800bd}\USERS\BILL.LUMBERGH\APPDATA\LOCAL\MICROSOFT\...
361		2024-03-06 01:05:14	\VOLUME {01d9f41517ed676f-3a1800bd}\USERS\BILL.LUMBERGH\APPDATA\LOCAL\MICROSOFT\...
496		2024-03-06 01:05:14	\VOLUME {01d9f41517ed676f-3a1800bd}\PROGRAM FILES (X86)\MICROSOFT\EDGEWEBVIEW\...
504		2024-03-06 01:05:15	\VOLUME {01d9f41517ed676f-3a1800bd}\PROGRAM FILES (X86)\MICROSOFT\EDGEWEBVIEW\...
508		2024-03-06 01:05:15	\VOLUME {01d9f41517ed676f-3a1800bd}\PROGRAM FILES (X86)\MICROSOFT\EDGEWEBVIEW\...
513		2024-03-06 01:05:15	\VOLUME {01d9f41517ed676f-3a1800bd}\PROGRAM FILES (X86)\MICROSOFT\EDGEWEBVIEW\...
519		2024-03-06 01:05:15	\VOLUME {01d9f41517ed676f-3a1800bd}\PROGRAM FILES (X86)\MICROSOFT\EDGEWEBVIEW\...
500		2024-03-06 01:05:16	\VOLUME {01d9f41517ed676f-3a1800bd}\PROGRAM FILES (X86)\MICROSOFT\EDGEWEBVIEW\...
1356		2024-03-06 01:05:33	\VOLUME {01d9f41517ed676f-3a1800bd}\WINDOWS\SYSTEM32\WBEM\WMIADAP.EXE
935		2024-03-06 01:07:56	\VOLUME {01d9f41517ed676f-3a1800bd}\WINDOWS\SYSTEM32\SVCHOST.EXE
1024		2024-03-06 01:07:56	\VOLUME {01d9f41517ed676f-3a1800bd}\WINDOWS\SYSTEM32\SVCHOST.EXE
970		2024-03-06 01:07:57	\VOLUME {01d9f41517ed676f-3a1800bd}\WINDOWS\SYSTEM32\SVCHOST.EXE
995		2024-03-06 01:07:57	\VOLUME {01d9f41517ed676f-3a1800bd}\WINDOWS\SYSTEM32\SVCHOST.EXE
1057		2024-03-06 01:07:57	\VOLUME {01d9f41517ed676f-3a1800bd}\WINDOWS\SYSTEM32\SVCHOST.EXE
1162		2024-03-06 01:07:57	\VOLUME {01d9f41517ed676f-3a1800bd}\WINDOWS\SYSTEM32\SVCHOST.EXE
166		2024-03-06 01:08:52	\VOLUME {01d9f41517ed676f-3a1800bd}\WINDOWS\SYSTEM32\CSRSS.EXE
234		2024-03-06 01:08:52	\VOLUME {01d9f41517ed676f-3a1800bd}\WINDOWS\SYSTEM32\DWMP.EXE
284		2024-03-06 01:08:52	\VOLUME {01d9f41517ed676f-3a1800bd}\WINDOWS\SYSTEM32\FONTSRVHOST.EXE

AmCache – іске қосылған файлдар туралы мәліметтерді қамтитын деректер базасы. Ол файл жолын, өлшемін және хешін сақтайды, бұл бұрын орындалған, соның ішінде жойылған бағдарламаларды анықтауға мүмкіндік береді [3].

Деректер hive құрылымында сақталады және SHA-1 хештерін қамтиды, бұл компрометация индикаторларымен салыстыру үшін маңызды.

Prefetch және AmCache деректерін бірге талдау жүйедегі белсенділікті дәлірек анықтауға мүмкіндік береді.

Сурет 2. AmCache.hive құрылымы

Key name	# values	# subkeys	Last write times
Amcache.hive			2018-11-14 16:
{11517B7C-E79D-4e20-961B-75A811715ADD}	0	1	2018-11-14 16:
Root	0	15	2021-01-24 17:
DeviceCensus	1	17	2020-10-14 03:
DriverPackageExtended	3	0	2024-11-05 20:
InventoryApplication	3	41	2024-11-05 21:
InventoryApplicationAppV	1	0	2024-11-05 20:
InventoryApplicationFile	2	592	2024-11-05 21:
InventoryApplicationFramework	2	0	2024-11-05 21:
InventoryApplicationShortcut	1	0	2024-11-05 20:
InventoryDeviceContainer	3	12	2024-11-05 20:
InventoryDeviceInterface	3	1	2024-11-05 20:
InventoryDeviceMediaClass	3	0	2024-11-05 20:
InventoryDevicePnp	3	68	2024-11-05 20:
InventoryDeviceUsbHubClass	3	1	2024-11-05 20:
InventoryDriverBinary	3	0	2024-11-05 20:
InventoryDriverPackage	3	0	2024-11-05 20:
InventoryMiscellaneousUIPInfo	2	12	2018-12-12 07:

Пайдаланушы белсенділігінің артефактары: Jump Lists және оқиғалар журналдары

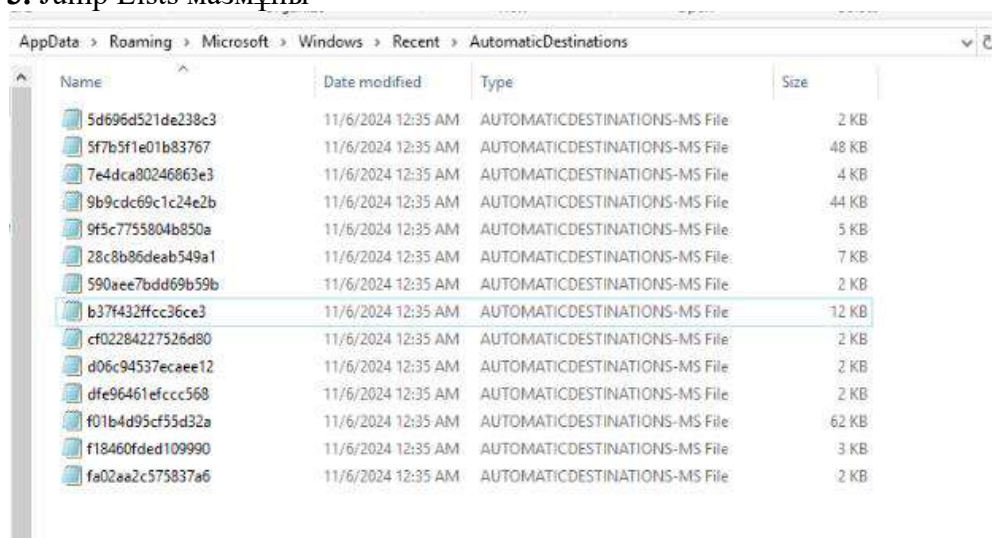
Бағдарламалардың іске қосылуын тіркейтін артефактардан бөлек, ақпараттық қауіпсіздік инциденттерін тергеу барысында пайдаланушының жүйедегі тікелей белсенділігін көрсететін деректер де маңызды рөл атқарады. Мұндай дереккөздерге Jump

Lists және Windows оқиғалар журналдары жатады, олар пайдаланушының файлдармен, қосымшалармен және жүйемен өзара әрекеттесуін талдауға мүмкіндік береді.

Jump Lists – Windows операциялық жүйесінің жақында ашылған файлдар мен жиі қолданылатын объектілер туралы ақпаратты сақтау механизмі. Бұл деректер автоматты түрде қалыптасады және нақты қосымшалармен байланысты болады. Jump Lists пайдаланушы жұмыс істеген файлдардың жолдары туралы мәліметтерді қамтиды, сондай-ақ оларға қол жеткізу реттілігін анықтауға мүмкіндік береді.

Цифрлық форензика тұрғысынан Jump Lists талдауы жүйеде қандай файлдар немесе құжаттар ашылғанын анықтауға мүмкіндік береді, тіпті олар кейін жойылған жағдайда да. Бұл әсіресе деректердің таралуы, зиянды құжаттарды пайдалану немесе ақпаратқа рұқсатсыз қол жеткізуге байланысты инциденттерді тергеуде маңызды. Сонымен қатар, Jump Lists деректері файлдардың белгілі бір қосымшалар арқылы іске қосылғанын көрсетуі мүмкін, бұл пайдаланушы белсенділігін қосымша растауға мүмкіндік береді [4].

Сурет 3. Jump Lists мазмұны

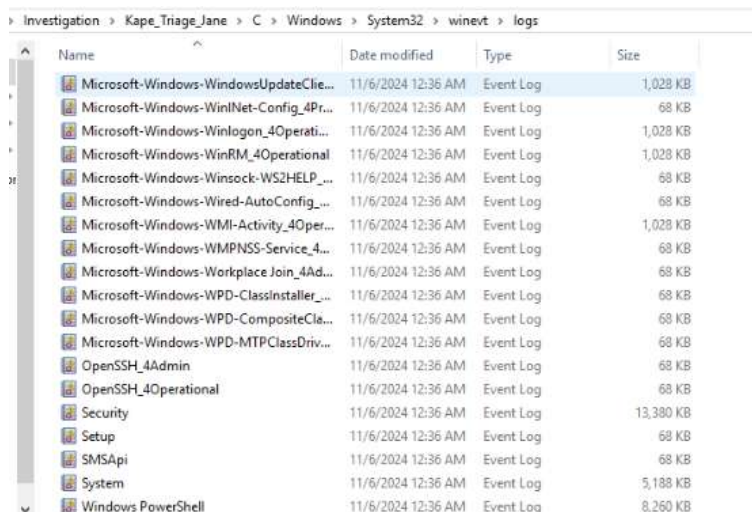


Name	Date modified	Type	Size
5d696d521de238c3	11/6/2024 12:35 AM	AUTOMATICDESTINATIONS-MS File	2 KB
5f7b5f1e01b83767	11/6/2024 12:35 AM	AUTOMATICDESTINATIONS-MS File	48 KB
7e4dca80246663e3	11/6/2024 12:35 AM	AUTOMATICDESTINATIONS-MS File	4 KB
9b9c9cd69c1c24e2b	11/6/2024 12:35 AM	AUTOMATICDESTINATIONS-MS File	44 KB
9f5c7755804b850a	11/6/2024 12:35 AM	AUTOMATICDESTINATIONS-MS File	5 KB
28c8b86deab549a1	11/6/2024 12:35 AM	AUTOMATICDESTINATIONS-MS File	7 KB
590aee7bdd69b59b	11/6/2024 12:35 AM	AUTOMATICDESTINATIONS-MS File	2 KB
b37f432fcc36ce3	11/6/2024 12:35 AM	AUTOMATICDESTINATIONS-MS File	12 KB
cf02284227526d80	11/6/2024 12:35 AM	AUTOMATICDESTINATIONS-MS File	2 KB
d06c94537ecae12	11/6/2024 12:35 AM	AUTOMATICDESTINATIONS-MS File	2 KB
dfe96461efccc568	11/6/2024 12:35 AM	AUTOMATICDESTINATIONS-MS File	2 KB
f01b4d95cf55d32a	11/6/2024 12:35 AM	AUTOMATICDESTINATIONS-MS File	62 KB
f18460fdd109990	11/6/2024 12:35 AM	AUTOMATICDESTINATIONS-MS File	3 KB
fa02aa2c575837a6	11/6/2024 12:35 AM	AUTOMATICDESTINATIONS-MS File	2 KB

Windows оқиғалар журналдары (Event Logs) да маңызды ақпарат көзі болып табылады. Олар операциялық жүйеде орын алатын оқиғаларды тіркейтін орталықтандырылған жүйе болып табылады. Журналдар пайдаланушылардың жүйеге кіруі мен шығуын, қызметтердің іске қосылуы мен тоқтатылуын, жүйелік қателерді, сондай-ақ қауіпсіздікке қатысты оқиғаларды қамтитын кең ауқымды әрекеттерді тіркейді.

Оқиғалар журналдарын талдау күмәнді белсенділікті анықтауға мүмкіндік береді, мысалы, жүйеге сәтсіз кіру әрекеттері, артықшылықтары бар есептік жазбаларды пайдалану, белгісіз процестердің іске қосылуы немесе жүйе конфигурациясының өзгеруі. Журналдарда сақталған уақыт белгілері оқиғалардың уақыттық тізбегін (timeline) құруда және деректерді басқа көздермен салыстыруда маңызды рөл атқарады [6].

Сурет 4. Windows оқиғалар журналдары



Кесте 2. Тергеуде қолданылатын негізгі Event ID

Event ID	Дереккөзі	Сипаттамасы	Тергеудегі маңызы
4624	Security	Жүйеге сәтті кіру	Аутентификация фактісін анықтау
4625	Security	Жүйеге сәтсіз кіру	Құпиясөзді іріктеу әрекеттерін анықтау
4688	Security	Процестің құрылуы	Күмәнді процестердің іске қосылуын анықтау
4689	Security	Процестің аяқталуы	Процестердің жұмыс уақытын талдау
4672	Security	Артықшылықтардың тағайындалуы	Әкімшілік құқықтардың қолданылуын анықтау
7045	System	Қызметтің орнатылуы	Жүйеде бекіну (persistence) әрекеттерін анықтау
1102	Security	Журналдың тазалануы	Іздерді жасыру белгісі
6005	System	Жүйенің іске қосылуы	Жүйенің қосылу уақытын анықтау
6006	System	Жүйенің өшірілуі	Жүйенің өшірілу уақытын анықтау

Jump Lists және оқиғалар журналдарын бірге талдау пайдаланушы әрекеттері мен жүйе күйін толық бағалауға мүмкіндік береді.

Қорытынды

Windows операциялық жүйесінің жүйелік артефакттары ақпараттық қауіпсіздік инциденттерін тергеуде маңызды цифрлық дәлелдер көзі болып табылады. Олар жүйе жұмысы барысында автоматты түрде қалыптасады және пайдаланушылар мен бағдарламалардың әрекеттері туралы мәліметтерді, тіпті оларды жасыру немесе жою әрекеттері болған жағдайда да сақтай алады.

Жүргізілген талдау аясында негізгі артефакттар қарастырылды, соның ішінде бағдарламалардың іске қосылуы туралы деректер (Prefetch және AmCache), пайдаланушы белсенділігі (Jump Lists), сондай-ақ Windows оқиғалар журналдары. Әрбір аталған дереккөз бағдарламалардың орындалуын, файлдарға қол жеткізуді және жүйедегі оқиғалар реттілігін анықтауға мүмкіндік береді.

Өртүрлі артефакттарды кешенді түрде қолдану тергеудің толықтығы мен дәлдігін арттырады. Бірнеше дереккөзден алынған ақпаратты салыстыру оқиғалардың уақыттық тізбегін қалпына келтіруге, аномальды белсенділікті анықтауға және жүйенің бұзылу белгілерін табуға мүмкіндік береді.

Осылайша, Windows жүйелік артефакттарын талдау цифрлық форензиканың ажырамас бөлігі болып табылады және ақпараттық қауіпсіздік инциденттерін тиімді тергеуде шешуші рөл атқарады.

ҚОЛДАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Carrier B. File System Forensic Analysis. – Boston: Addison-Wesley, 2005. – 600 p.
2. Carvey H. Windows Forensic Analysis Toolkit. – 4th ed. – Cambridge: Syngress, 2014. – 736 p.
3. Casey E. Digital Evidence and Computer Crime: Forensic Science, Computers and the Internet. – 3rd ed. – London: Academic Press, 2011. – 800 p.
4. Dolan-Gavitt B. The Forensic Analysis of the Windows Registry // Digital Investigation. – 2008. – Vol. 5. – P. S26–S32.
5. Yoo B., Kim J., Kim D. Windows Prefetch Analysis for Digital Forensics // Journal of Digital Forensics, Security and Law. – 2013. – Vol. 8, №3. – P. 27–42.
6. Kent K., Chevalier S., Grance T., Dang H. Guide to Integrating Forensic Techniques into Incident Response (NIST SP 800-86). – Gaithersburg: NIST, 2006. – 121 p.

<https://doi.org/10.5281/zenodo.19512030>
УДК 519.876.5

ӘР ТҮРЛІ САНДЫҚ ӘДІСТЕРДІҢ НӘТИЖЕЛЕРІН САЛЫСТЫРМАЛЫ ТАЛДАУ ЖӘНЕ ВИЗУАЛИЗАЦИЯЛАУ ҮШІН PYCHARM ПЛАТФОРМАСЫНДА ҚОСЫМША ӘЗІРЛЕУ

СЕЙІЛ Н., АХМЕТОВА С. Т., ЕГЕНОВА А. М.

Әрбір студент, инженер, зерттеуші, менеджер өз қызметінде есептеу және деректерді өңдеуге қатысты мәселелерді шешу қажеттілігіне тап болады. Негізгі математикалық есептерді шешу үшін сандық әдістер қолданылады. Сандық әдістер – бұл есепті шешу барысында берілген немесе жасалған t_1, t_2, \dots, t_n түйіндер торы деп аталатын нүктелерінің жиынтығында қажетті $u(t)$ шешімінің жуықталған мәндерін есептеу әдістері. Бұл жағдайда шешім кесте түрінде алынады. Сандық әдістер жүйенің жалпы шешімін табуға мүмкіндік бермейді (1); Олар тек белгілі бір шешімді бере алады, мысалы, Коши мәселесін шешу. Бұл сандық әдістер әртүрлі теңдеулерге және есептердің барлық түрлеріне қолданылады.

PyCharm плаформасында жасалған бағдарламалық кешеннің негізгі архитектурасы зауыттық алдын ала орнатулар түрінде "қораптан тыс" пайдалануға дайын классикалық сандық әдістердің кең кітапханасын қамтиды. Жүйе алгоритмдік түрде үш негізгі математикалық парадигманы қамтиды: қарапайым дифференциалдық теңдеулер (ode) жүйелері үшін Коши есебін шешу, белгілі бір интегралдардың сандық интеграциясы және сызықтық емес теңдеулердің түбірлерін итеративті іздеу. Әр санат үшін жуықтау реті мен есептеу күрделілігімен ерекшеленетін алгоритмдер спектрі жүзеге асырылады. Мысалы, дифференциалдық теңдеулер үшін айқын Эйлер әдісі ($O(h)$), модификацияланған Хойн әдісі ($O(h^2)$) және классикалық 4-ретті Рунге-Кутта әдісі ($O(h^4)$) қол жетімді. Интеграция есептері үшін сол жақ тіктөртбұрыштар, трапециялар және параболалар (Симпсон формуласы) әдістері берілген.

Мұндай жиынтық инженерге немесе зерттеушіге бағдарламалық ортаны алдын ала конфигурацияламай-ақ стандартты физикалық және математикалық процестерді модельдеуге бірден кірісуге мүмкіндік береді. Пайдаланушының математикалық қамтамасыз етумен өзара әрекеттесу парадигмасын түбегейлі өзгертетін қолданбаның негізгі инновациясы кірістірілген "тапсырма құрастырушы" режимі болып табылады.

Пайдаланушы жаңа тапсырманың тұжырымдамалық атауын жариялай алады және жүйе автоматты түрде жауап беретін графикалық енгізу өрістеріне (Entry widgets) түрлендіретін қажетті параметрлерді (бастапқы шарттардың векторлары, скалярлық тұрақтылар, функциялар) тізімдей алады. Конструктордың негізі-инициализациялық Python сценарийін (Setup кодын) жазу мүмкіндігі. Қорғалған жергілікті контексте орындалатын бұл сценарий жолды енгізуді бастапқы өңдеуді, sympy символдық қозғалтқышымен формулаларды талдауды және платформаны белгілі бір тар доменнен мүлдем тәуелсіз ететін ғаламдық математикалық кеңістікті (ортақ айнымалылар сөздігі) қалыптастыруды өз мойнына алады.

Конструктор архитектурасының логикалық жалғасы пайдаланушы есептеу алгоритмдерін инъекциялау функциясы болып табылады (Dynamic Method Injection). Қолданба математиктерге қолданбаның бастапқы кодын өңдеу қадамын айналып өтіп, графикалық пайдаланушы интерфейсі арқылы өздерінің сандық әдістерін біріктіруге мүмкіндік береді. Мамандандырылған диалогтық терезеде зерттеуші әдістің семантикалық атауын, оның графикке арналған түс кодтауын орнатады және алгоритмнің денесін Python тілінде тікелей жазады. Бұл сценарийге setup кодын дайындалған айнымалылар, геометриялық примитивтерді бейнелеу үшін matplotlib координаталық осьтерінің объектілері және итерацияларды тіркеуге арналған массивтер бағдарламаның ядросымен автоматты түрде лақтырылады. Бұл бағдарламаны бірнеше минут ішінде Ричардсон

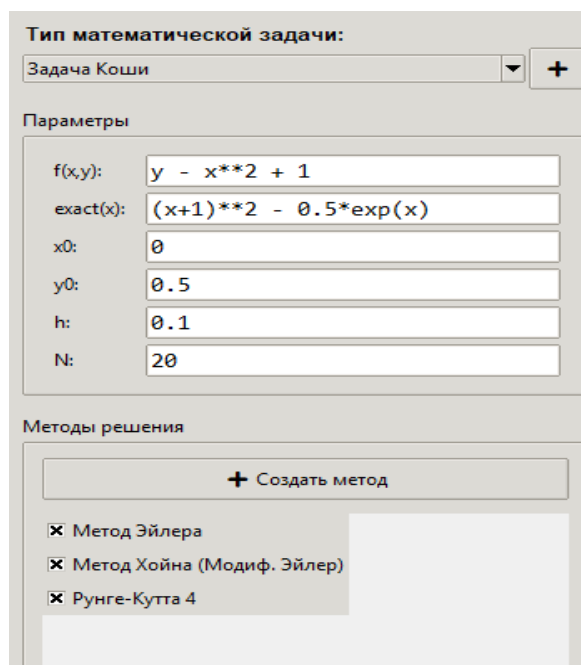
экстраполяциясы, Адамс корректорлық болжаушылары немесе сызықтық емес оңтайландыру әдістері сияқты күрделі алгоритмдерді бағдарламалауға, жөндеуге және сынауға болатын қуатты зерттеу зертханасына айналдырады.

Деректерді визуализациялау функциясы синхронды екі панельді график құру механизмінің арқасында кәсіби аналитикалық жүйелер деңгейіне көтерілді. Жоғарғы Координаталық жазықтық ағып жатқан математикалық процесті геометриялық түсіндіруге арналған: интегралды фазалық қисықтарды құру, интегралдау кезінде сегменттердің аудандарын визуализациялау немесе тамырларды іздеу кезінде секанттар мен тангенстерді динамикалық бейнелеу. Төменгі Координаталық жазықтық сапаны бақылаудың қатаң аналитикалық функциясын орындайды: ол автоматты түрде абсолютті қателік (дәл шешімге қатысты жуықтау қателері) немесе $F(x)$ функции функциясының байланбау модулін сызады. Төменгі графиктегі ординат осінің логарифмдік шкаласын қолдану зерттеушілерге әртүрлі алгоритмдердің конвергенция реттерін визуалды түрде бағалауға және машиналық нөлдің дөңгелектеу қателіктерінің апатты жинақталуынан туындайтын есептеу тұрақтылығының жоғалу сәттерін уақтылы анықтауға мүмкіндік береді.

Бағдарламалық жасақтама кешенінің функционалды профилін сандық әдістерді салыстырмалы талдаудың қуатты блогы аяқтайды. Пайдаланушы тек бір алгоритмді іске қосумен шектелмейді-икемді архитектура сәйкес чекбокстарды (Checkbuttons) іске қосу арқылы бір математикалық есептің бірнеше әдістерінің параллельді (дәйекті-синхронды) орындалуын бастауға мүмкіндік береді, бастапқы шарттары мен іріктеу қадамы бірдей. Әрбір белсендірілген әдістің нәтижелері (графикалық сплайндар да, қайталанатын сандық деректер массивтері де) координаталық осьтерге синхронды түрде қабаттасады және бірыңғай жиынтық кестеге (Treeview) біріктіріледі. Бұл функционал алгоритмдерді тікелей эталондық тестілеу мүмкіндігін қамтамасыз етеді, мысалы, Ньютон әдісінің квадраттық конвергенциясының жоғары жылдамдығын дихотомия әдісінің баяу сызықтық конвергенциясымен салыстырады немесе Эйлер әдісінің қателігінің ұзақ интеграция аралықтарындағы Рунге-Кутта тұрақтылығымен салыстырғанда өлімге әкелетін жинақталуын бағалайды.

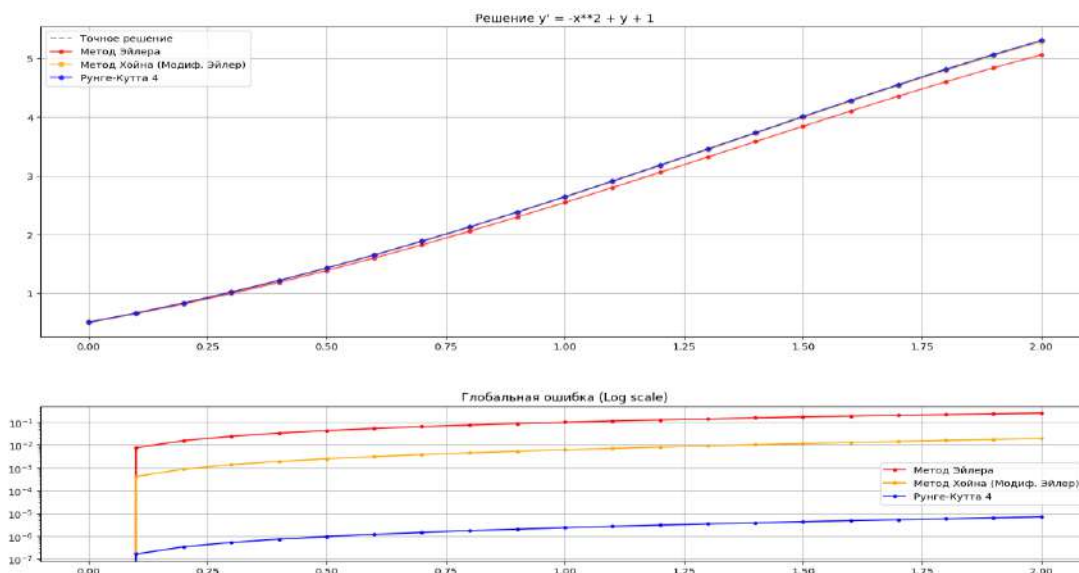
Интерфейс және пайдаланушы элементтері.

Интерфейс tkinter кітапханасын қолдана отырып, классикалық жұмыс парадигмасы негізінде жасалған.ТТК, бұл жоғары жауап беру жылдамдығын және инженерлік бағдарламалық жасақтама стандарттарына қатаң сәйкестікті қамтамасыз етеді. Қолданбаның негізгі терезесі графикалық модельдеу процесін кестелік деректермен және анықтамалық ақпаратпен жұмыс істеуден бөлетін көп қабатты notebook контейнері арқылы функционалды аймақтарға бөлінеді. Интерфейстің сол жағы-ядрасы тапсырма түрінің селекторы (Combobox) болып табылатын ақылды басқару тақтасы. Бұл элементтің бірегейлігі оның оқиға логикасында жатыр: тапсырманы таңдағанда, интерфейс параметрлер контейнерін динамикалық қайта құру процедурасын бастайды (inputs_container). Жүйе ескі енгізу өрістерін автоматты түрде жояды және интерфейссті белгілі бір математикалық аймаққа бейімдей отырып, сәйкес белгілермен ("f(x)", "x0", "h" және т.б.) жаңа мәтін өрістерін(Entry) жасайды. 1-суретте пайдаланушыға есептеу сессиясының құрамын икемді түрде қалыптастыруға мүмкіндік беретін жылжымалы кенеп арқылы жүзеге асырылатын әдістерді басқару аймағы орналасқан.



Сурет 1. Қосымша интерфейсі

Жұмыс кеңістігінің орталық бөлігін FigureCanvasTkAgg арқылы біріктірілген жоғары технологиялық графикалық кенеп алады (2-сурет). Кенеп жазықтықтың абсцисса осі бойынша екі тәуелсіз, бірақ синхрондалған болып бөлінеді. Жоғарғы панель (ax1) модельдеудің бастапқы нәтижелерін — шешім қисықтарын, итерациялық нүктелерді және геометриялық құрылымдарды көрсетуге қызмет етеді. Төменгі панель (ax2) ғылыми талдау үшін маңызды интерфейс элементі болып табылатын тік ось бойынша логарифмдік масштабта жасалған. Ол итерация процесінде қатенің өзгеру немесе қателік динамикасын елестетеді. Мұндай екі панельді орналасу пайдаланушыға нақты уақыт режимінде шешімнің визуалды профилін оның математикалық сенімділігімен байланыстыруға мүмкіндік береді. Кенепке салынған Matplotlib интерактивті элементтері инженерге графиктердің жеке бөліктерін масштабтауға, аңызды басқаруға және ерекшелік нүктелеріндегі алгоритмдердің әрекетін егжей-тегжейлі зерттеуге немесе функция градиентінің күрт өзгеруіне мүмкіндік береді.



Сурет 2. FigureCanvasTkAgg бейнелеу режимі

Өртүрлі сандық әдістердің нәтижелерін салыстырмалы талдау және визуализациялау үшін жасалған қосымшада бұрыннан келе жатқан қатаң орнатылған, құрастырылған шаблондардың орнына бағдарлама математикалық мәселелердің мүлдем жаңа кластарын динамикалық түрде жобалау үшін интерактивті графикалық интерфейсті ұсынады. Теңдеулерді шешумен қатар шешімдердің графиктерін тұрғызумен қатар, графиктердің жеке бөліктерін масштабтауға, аңызды басқаруға және ерекшелік нүктелеріндегі алгоритмдердің әрекетін егжей-тегжейлі зерттеуге немесе функция градиентінің күрт өзгеруіне мүмкіндік береді.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дж.Ортега, У.Пул. Введение в численные методы решения дифференциальных уравнений. — М.: Наука, 1986.
2. Самарский А.А., Гулин А.В. Численные методы. — М.: Наука, 1989.
3. Бахвалов Н.С., Жидков Н.П., Кобельков Г.М. Численные методы.— М.: Наука, 1987.
4. Jet brains Pycharm - New Python IDE by creators of IntelliJ - Hacker News PyCharm 2020.2.2, JetBrains. 17 September 2020.
5. "PyCharm 3.0 Community Edition source code now available" 22 October 2013, Dmitry Jemerov, JetBrains blog

<https://doi.org/10.5281/zenodo.19512049>
УДК 519.876.5

ИНЖЕНЕРЛІК ҚЫЗМЕТТЕР САЛАСЫНДАҒЫ ЖАСАНДЫ ИНТЕЛЛЕКТ АЛГОРИТМДЕРІН ҚОЛДАНА ОТЫРЫП STREAMLIT ПЛАТФОРМАСЫНДА ҚОСЫМШАНЫ ӘЗІРЛЕУ

МУСАЕВ Г., АХМЕТОВА С. Т., ЕГЕНОВА А.

Құрылыс саласында қосымшаны әзірлеудің негізгі міндеті қағазбастылықты автоматтандыру, коммуникацияны оңайлату, мамандардың жұмыс уақыты мен объектілердегі күнделікті нәтижелердің ашықтығын жасау болып табылады. Ұйым басшысы объектінің қашықтағы форматта салыну барысын бақылайды, күнделікті жұмыс туралы ойламайды және компанияның дамуымен айналысады. Жоба жетекшілері, директордың орынбасарлары құрылыс бригадалары мен объектілерін басқарады, құрылыс процесін жүргізеді, міндеттер қояды және олардың орындалуын бақылайды, әр объект бойынша мерзімдер мен бюджетті бақылайды. Шеберлер мен прорабтар жобаларды және жұмысшы мамандарды тікелей басқарады. Біздің қосымшамыздың көмегімен құрылыстың барлық кезеңдерінде жобаның әрбір қатысушысы құрылыс мерзімдерінің келісімшартқа сәйкес ішкі кестеге және кестеге сәйкестігін бақылай алады. Қолданба нақты уақыт режимінде жобаның ағымдағы кірістілігін есептей алады және қажетті параметр бойынша есеп құра алады.

Жүйе объектілерді жіктеудің интеллектуалды икемді және терең реттелетін механизмін ұсынады, бұл олардың ағымдағы өмірлік циклінің ерекшеліктерін толық ескере отырып, кәсіби тексерулер жүргізуге мүмкіндік береді. Қолданбаның архитектурасы бағалау әдістемелерін "пайдаланылатын" және "салынып жатқан" ғимараттар санаттарына бөлу арқылы жүзеге асырылатын құрылыс процестері мен пайдалану процестері арасындағы түбегейлі айырмашылықтарды ескере отырып жасалған. Бұл тәсіл құрылыс жобасын іске асырудың барлық кезеңдерінде аналитиканың жоғары дәлдігіне кепілдік береді: құрылымдарды салудың нөлдік циклынан бастап жұмыс істеп тұрған объектінің техникалық жай-күйінің ұзақ мерзімді мониторингіне дейін.

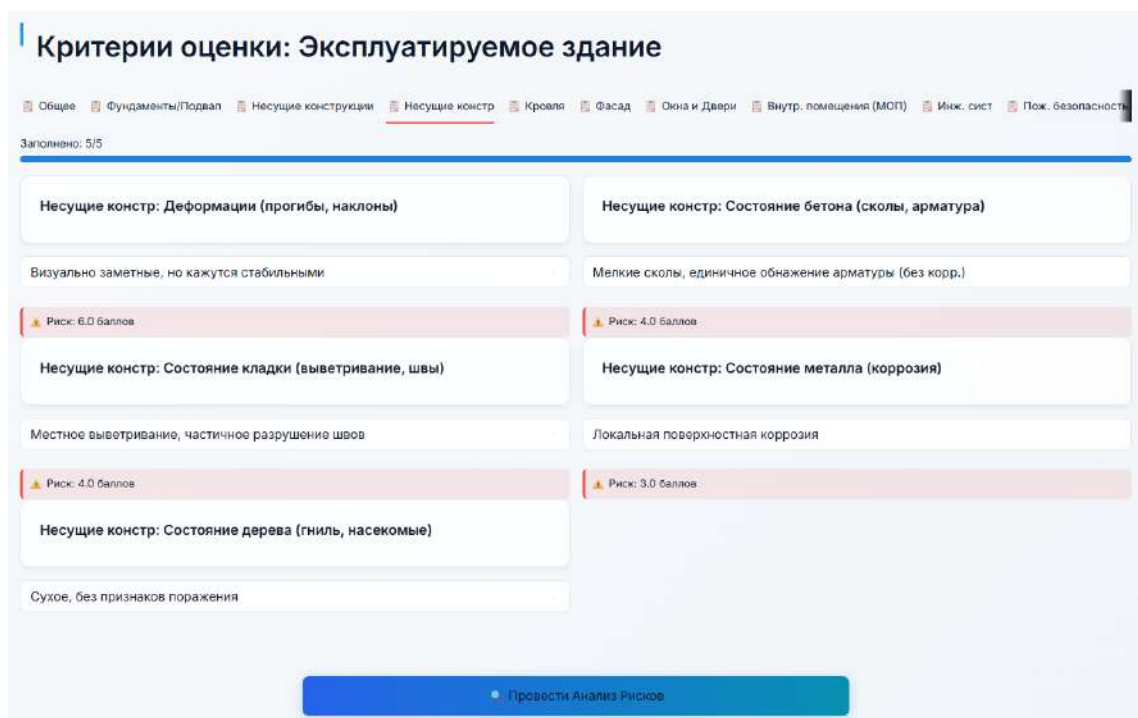
Салынып жатқан нысандар мен дайын ғимараттар үшін маңызды қауіпсіздік факторларының, нормативтік шектеулердің және тәуекел факторларының тізімі түбегейлі өзгеретіндіктен, жүйе тексерулердің ішкі логикалық модельдерін динамикалық түрде қайта құруда. Мұндай терең мамандандыру инженерлерге критерийлердің, нормативтік талаптардың және сенімділіктің мақсатты индикаторларының толық сәйкестігін қамтамасыз ете отырып, тексерілетін объектінің түріне байланысты жұмыс режимдері арасында ауыса отырып, мәселелердің кең ауқымын шешу үшін бірыңғай, әмбебап бағдарламалық құралды пайдалануға мүмкіндік береді. Қосымшаның жұмысының негізінде тәуекелдерді бағалаудың күрделі, көп деңгейлі алгоритмдік жүйесі жатыр, ол әр параметрдің басымдылығын ескере отырып, баллдарды өлшенген математикалық жинақтау принциптеріне сүйенеді.

Жүйенің дерекқорындағы әрбір инженерлік критерий өзінің бірегей салмақ коэффициентіне ие, ол оның жалпы құрылымдық сенімділігіне, беріктігіне және құрылыс объектісінің қауіпсіздігіне нақты әсер ету дәрежесін математикалық түрде дәл көрсетеді. Анықталған сәйкессіздіктерді жеңілдетілген санаудың орнына, бағдарлама нақты уақыт режимінде анықталған әрбір мәселенің жиынтық салмағын ескеретін кешенді есептеулер жүргізеді. Бұл жүйеге объектінің нақты қауіп-қатері бойынша бір қарағанда шамалы ақауларды тиімді және бейтарап бағалауға мүмкіндік береді. Осылайша, инженерлер қаржылық, техникалық және еңбек ресурстарын, ең алдымен, пайдалануға немесе ағымдағы құрылыс процесіне аса маңызды қауіп төндіретін инженерлік тораптарға шоғырландыру арқылы өз жұмыстарына сауатты басымдық беруге мүмкіндік алады. Жүйе шашыраңқы деректер арасындағы жасырын заңдылықтарды анықтауға көмектеседі, бұл ықтимал төтенше жағдайларды олар пайда болғанға дейін болжауға мүмкіндік береді.

Жүйенің маңызды қабілеті-кез-келген инспекцияның нәтижелерін объективті, жылдам және стандартталған түсіндіруді қамтамасыз ететін деректерді өндіру. Алдын ала белгіленген және қатаң калибрленген шектерге сүйене отырып, бағдарлама Объектінің жалпы мәртебесін автоматтандырылған түрде анықтайды, оған үш санаттың бірін береді: жасыл, сары немесе қызыл. Бұл визуалды индикатор жүйесі (бағдарламалық логикасы) жоба менеджерлері мен техникалық қадағалау инженерлеріне ағымдағы қауіпсіздік жағдайын лезде бағалауға мүмкіндік береді, бұл оларды бастапқы деректер массивтерін қолмен талдау қажеттілігінен босатады. Жүйе мәселенің бар екендігі туралы хабарлап қана қоймайды, сонымен қатар факторлардың жиынтығын түсіндіреді: егер интегралды тәуекел маңызды белгілерге жетсе, бағдарлама автоматты түрде жауапты тұлғалардың жедел араласуын қажет ететін дабыл ескерту жүйелерін іске қосады. Бұл қауіпсіздікке әсер ететін бірде-бір бұзушылықтың тиісті назардан тыс қалмауын қамтамасыз ете отырып, шұғыл басқару шешімдерін қабылдау кезінде адами факторды жоққа шығаруға мүмкіндік береді. Қолданба әрқашан инженер-инспектордың "қолында" болатын сарапшы кеңесші ретінде әрекет ететін интеллектуалды ұсыныс генерациясының функциясын біріктіреді.

Математикалық талдауды орындағаннан кейін жүйе жеке нұсқаулар, техникалық нұсқаулар мен түзету шараларының жиынтығын дербес таңдайды, олар сауалнаманы толтыру барысында пайдаланушы берген жауаптарға қатаң сәйкес келеді. Бұл маманға анықталған ақауларды жедел жою үшін дайын, кәсіби түрде жасалған қадамдық іс-қимыл алгоритмін ұсына отырып, профильдік анықтамалықтарда, техникалық регламенттерде немесе ГОСТ-та нормативтік шешімдерді ұзақ және қолмен іздеу қажеттілігін толығымен жояды. Бұл ретте әрбір ұсыныс орындалу жеделдігі деңгейіне қарай жіктеледі, бұл инженерге дәл нені түзету қажет екенін ғана емес, сонымен қатар нақты объектіні қазіргі заманғы құрылыс стандарттары мен ұлттық регламенттердің талаптарына қалай барынша тиімді және дұрыс сәйкестендіру керектігін анық түсінуге мүмкіндік береді.

"AI | Pro Edition инженерлік инспекторы" бағдарламалық кешенінің интерфейсі терең қайта өңделген аналитикалық орта болып табылады, онда стандартты визуалды шешімдер енгізілген CSS кодына негізделген бірегей дизайн жүйесімен толығымен ауыстырылады. Көрнекі тұжырымдама INTER отбасының заманауи шрифт гарнитураларын және терең көк түстен көгілдірге дейінгі күрделі түс градиенттерін қолдана отырып, жеңіл дизайн тақырыбын қолдануға негізделген. Мұндай шешім өнімге премиум көрініс беріп қана қоймайды, сонымен қатар күрделі техникалық құжаттамамен ұзақ уақыт жұмыс істегенде инженердің көру қабілетіне когнитивті жүктемені сыни түрде төмендетеді. Сол жақ бүйірлік тақта (бүйірлік тақта) сессияның орталық басқару пульті ретінде жасалған. Панельдің жоғарғы жағында стильдендірілген қолданба логотипі орналасқан, оның астында негізгі селектор орналасқан-нысан түрін таңдаудың ашылмалы тізімі ("пайдаланылатын немесе"салынып жатқан ғимарат"). Бұл селектордағы мәнді таңдау негізгі триггер болып табылады: ол сәйкес дерекқорларды жүктеу арқылы қолданбаның барлық ішкі логикасын бірден қалпына келтіреді. Төменде толық өлшемді Автоматты мәнді генерациялау түймелерінен және сеанс параметрлерін толығымен қалпына келтіруден тұратын кірісті жедел басқару блогы бар (1-сурет).



Сурет 1. Қосымша интерфейсі

Интерфейспен өзара әрекеттесудің шарықтау шегі-талдаудың орталық екпін түймесін басқаннан кейін пайда болатын аналитикалық бақылау тақтасы. Бақылау тақтасы қатарға орналастырылған үш үлкен метрикалық контейнерден басталады. Бірінші контейнер жалпы тәуекел ұпайының нақты сандық мәнін көрсетеді. Екінші контейнер ақаулардың ауырлығына байланысты пульсирленген түспен кодталған стильдендірілген бейдж түрінде жасалған нысанның мәтіндік күйін көрсетеді. Үшінші контейнер интеграцияланған градиент индикаторы шкаласымен қауіптіліктің пайыздық деңгейін көрсетеді. 2-суретте техникалық бөлімдер бойынша топтастырылған ашылмалы панельдер жүйесі арқылы жүзеге асырылатын интеллектуалды ұсыныстардың мәтіндік блогы орналасқан. Панельдердің ішінде ұсыныстар мәселенің ауырлығын көрсететін бүйірлік түсті жақтауы бар жеке мәтіндік блоктар ретінде жасалған. Интерфейстің соңғы блогы толығымен Plotly қозғалтқышы негізінде жүзеге асырылатын интерактивті деректерді визуализациялауға арналған. Мұнда ең жоғары қауіптердің бағаналы диаграммасы, тәуекелдерді бөлудің сақиналық диаграммасы және құрылымның қауіпсіздік профилінің радиолокациялық диаграммасы берілген.



Сурет 2. Талдау және визуализациялау беті

Замануи құрылыс жұсытарына арналған өте ыңғайлы қосымша жасалды. Қосымшаның негізгі жұмыс кеңістігі өзара әрекеттесу эргономикасына бұрын-соңды болмаған назар аударуға арналған. Инженерлік аудит көптеген параметрлерді толтыруды көздейтіндіктен, интерфейс көлденең қойынды навигациясының үлгісін қолданады. Әр қойынды дизайн немесе байланыс сияқты бір инженерлік бөлімді екіншісінен ажыратады. Әрбір белсенді қойындының ішінде жүйе динамикалық түрде прогресс жолағын жасайды-ағымдағы бөлімдегі толтырылған және бос өрістердің арақатынасын нақты уақыт режимінде есептейтін градиентті толтырумен көлденең жүктеу жолағы бар.

ӘДЕБИЕТТЕР

1. Анасова, В.И. Совершенствование методики калькулирования себестоимости объекта долевого строительства / Современные проблемы науки и образования. 2017. № 1. [Электронный источник] URL: <http://elibrary.ru/item.asp?id=21451282>
2. Бехтерева, Е.В. Анализ и оптимизация расходов в составе себестоимости строительной продукции / Современные проблемы науки и образования. 2019. № 6. [Электронный источник] URL: <http://elibrary.ru/item.asp?id=22877744>
3. Буянова, А. С. Непроизводительные расходы и потери в строительстве, их влияние на себестоимость продукции [Текст] / А. С. Буянова, В. В. Акашева // Молодой ученый. — 2017. — №1. — С. 343-346.
4. Анатолий Постолиит. Основы обработки открытых данных в веб приложениях на Python и Streamlit. ЛитРес, 2025-с.101

<https://doi.org/10.5281/zenodo.19512174>
ӘОЖ 624.014.2

“ҚАЗІРГІ ЗАМАНҒЫ ҚҰРЫЛЫСТАҒЫ BIM-ТЕХНОЛОГИЯЛАР: ТЕМІР КОНСТРУКЦИЯЛАРЫН ЖОБАЛАУДЫҢ ИННОВАЦИЯЛЫҚ ӘДІСТЕРІ”

ЕРЛАНОВ ЕРНАЗ ЕРЛАНВИЧ

Жәңгір хан атындағы Батыс Қазақстан аграрлық-техникалық университетінің студенті

Ғылыми жетекші- ШИНГУЖИЕВА А.Б.

Орал, Қазақстан

Түйіндеме: Бұл мақалада қазіргі заманғы құрылыста темір конструкцияларын жобалау кезінде BIM-технологияларды қолданудың өзекті мәселелері қарастырылады. Автор ТК (темір конструкциялары) бөлімін цифрлық модельдеудің дәстүрлі 2D сызбалардан артықшылықтарын талдап, жобалау мерзімін қысқарту және қателіктерді азайту жолдарын көрсетеді. Негізгі назар жобалау мен зауыттық өндірістің интеграциясына және мамандандырылған бағдарламалық жасақтамалардың (Tekla, Revit) мүмкіндіктеріне аударылған.

Кілттік сөздері: BIM-технологиялар, темір конструкциялары, КМ/КМД, цифрлық модельдеу, жобалауды автоматтандыру, коллизиялар.

Аннотация: В данной статье рассматриваются актуальные вопросы применения BIM-технологий при проектировании металлических конструкций в современном строительстве. Автор анализирует преимущества цифрового моделирования разделов КМ/КМД перед традиционными 2D-чертежами, демонстрируя способы сокращения сроков проектирования и минимизации ошибок. Особое внимание уделено интеграции проектирования с заводским производством и возможностям специализированного программного обеспечения (Tekla, Revit).

Abstract: This article examines the current issues of implementing BIM technologies in the design of structural steel in modern construction. The author analyzes the advantages of digital modeling for steel structures (KM/KMD) over traditional 2D drafting, demonstrating methods for reducing design time and minimizing errors. Particular emphasis is placed on the integration of design with factory fabrication and the capabilities of specialized software such as Tekla and Revit.

Бүгінгі таңда құрылыс индустриясы түбегейлі цифрлық трансформацияны бастан кешуде. Бұл процестің өзегінде **BIM (Building Information Modeling)** — ғимараттың ақпараттық моделін жасау технологиясы тұр. Әсіресе, күрделі геометриялық пішіндер мен жоғары дәлдікті талап ететін темір конструкцияларын (ТК) жобалауда BIM-технологиялар баламасыз құралына айналды.

Бұрын темір конструкцияларын жобалау КМ (конструкциялар металл) және КМД (конструкциялар металл деталировкасы) сатыларында екі өлшемді (2D) сызбалар арқылы жүзеге асатын. Бұл әдісте инженерлер арасындағы байланыс үзіліп, құрылыс алаңында көптеген қателіктер мен сәйкессіздіктер туындайтын.

BIM-технологиясы бұл мәселені шешті. Енді жобалаушы тек сызба сызып қоймайды, ол болашақ ғимараттың әрбір болты мен дәнекерлеу тігісіне дейін сипатталған «цифрлық егізін» (Digital Twin) жасайды.

Темір конструкцияларын BIM-де жобалаудың бірнеше инновациялық артықшылықтары бар:

- Автоматты түрде сызба алу: Модель дайын болған соң, бағдарлама (мысалы, Tekla Structures немесе Autodesk Advance Steel) зауытқа қажетті барлық монтаждық және бөлшектеу сызбаларын автоматты түрде шығарып береді.

- Параметрлік жобалау: Конструкцияның бір бөлігі өзгерсе (мысалы, балканың биіктігі), оған байланысты барлық түйіндер мен спецификациялар автоматты түрде жаңартылады.

- Коллизияларды бақылау: Металл элементтерінің инженерлік желілермен (желдету, су құбыры) түйісіп қалуын жобалау сатысында анықтау.

Құрылыс саласының цифрлық трансформациясы — бұл тек бағдарламалық жасақтаманы ауыстыру емес, бұл жобалау мен құрылысты жүргізу философиясының өзгеруі. Темір конструкциялары өзінің беріктігімен, монтаждау жылдамдығымен және сейсмикалық төзімділігімен заманауи архитектураның ажырамас бөлігіне айналды. Алайда, металл қаңқалардың геометриялық күрделілігі мен түйіндердің көптігі дәстүрлі 2D жобалау әдістері үшін үлкен қиындық тудырады.

BIM (ғимаратты ақпараттық модельдеу) технологиясы осы мәселелерді шешудің кілті болды. Бұл технология нысанның бүкіл өмірлік циклін қамтитын біртұтас цифрлық кеңістік қалыптастырады.

BIM — бұл ғимараттың физикалық және функционалдық сипаттамаларын цифрлық түрде көрсету. Темір конструкциялары үшін бұл модельде әрбір бағана, арқалық, ферма және тіпті ең кіші болт пен дәнекерлеу тігісі туралы ақпараттың болуын білдіреді.

Ақпараттық модельдеудің басты ерекшелігі — элементтер арасындағы өзара байланыс. Егер инженер модельдегі бір арқалықтың биіктігін өзгертсе, оған бекітілген барлық байланыстар, спецификациядағы металл салмағы және сызбадағы белгілер автоматты түрде жаңартылады. Бұл "адами фактордан" туындайтын қателіктерді 90%-ға дейін азайтуға мүмкіндік береді.

Қазіргі таңда металл конструкцияларын жобалауда келесідей озық әдістемелер қолданылады:

1. Параметрлік жобалау (Parametric Design): Бұл әдіс алгоритмдік модельдеуге негізделген. Инженер нақты геометрияны сызбайды, ол математикалық параметрлер мен шектеулерді енгізеді. Бұл әдіс әсіресе футуристік стадиондар, әуежайлар мен көрме павильондарын жобалауда өте тиімді. Grasshopper немесе Dynamo сияқты құралдардың көмегімен мындаған нұсқаның ішінен ең оңтайлы және металл шығыны аз конструкцияны тандап алуға болады.

2. LOD (Level of Development) стандарттары: Металл конструкцияларында LOD 350 және LOD 400 деңгейлері маңызды рөл атқарады.

- LOD 350 деңгейінде элементтердің өзара түйісуі, тіреуіш плиталар мен анкерлік болттар нақты көрсетіледі.

- LOD 400 деңгейінде дайындау зауытына қажетті барлық ақпарат (тесіктер, фаскалар, дәнекерлеу түрлері) болады.

3. 4D және 5D модельдеу: 4D — бұл модельге уақыт графигін қосу. Бұл темір конструкцияларын монтаждау кезектілігін виртуалды түрде көруге мүмкіндік береді. 5D болса, әрбір элементке құнын бекітіп, бюджетті нақты уақыт режимінде бақылауға жағдай жасайды.

Темір конструкцияларын жобалаудағы ең үлкен қиындық — инженерлік желілердің (вентиляция, құбырлар) металл қаңқамен қиылысып кетуі. Дәстүрлі әдісте бұл қателер құрылыс алаңында анықталып, металды қайта кесуге немесе дәнекерлеуге мәжбүр етеді, бұл жобаның құнын қымбаттатады.

BIM ортасында "Clash Detection" (коллизияларды іздеу) функциясы арқылы барлық қателіктер виртуалды түрде құрылыс басталмай тұрып жойылады. Сонымен қатар, қазіргі бағдарламалар (мысалы, Tekla Structures немесе Revit) конструкцияның беріктігін есептейтін аналитикалық модельдермен тікелей интеграцияланған.

Инновациялық әдістердің бірі — жобалау мен зауыттық өндірістің бірігуі. BIM модельдерінен алынған деректер (IFC немесе NC файлдары) тікелей металл өңдеу станоктарына (CNC) жүктеледі.

- Металды лазермен немесе плазмамен кесу дәлдігі 0.1 мм-ге дейін жетеді.
- Маркировка аутоматты түрде жүреді, бұл монтаждау кезіндегі шатасуды болдырмайды.

Бұл процесс "Paperless production" (қағазсыз өндіріс) деп аталады және өнімділікті бірнеше есе арттырады.

BIM-технологияларды енгізудің нәтижелері келесідей статистикалық мәліметтермен расталады:

- Жобалау уақытын қысқарту: 20-30%
- Құрылыс-монтаж жұмыстарының құнын төмендету: 10%
- Металл қалдықтарын азайту: 15%
- Пайдалану шығындарын оңтайландыру: 5-8%

Бұл көрсеткіштер ірі инвестициялық жобалар үшін миллиондаған қаржыны үнемдеуге мүмкіндік береді.

Темір конструкцияларын жобалаудағы BIM-технологиялар — бұл тек технологиялық жетістік ғана емес, бұл құрылыс сапасының жаңа стандарты. Инновациялық параметрлік әдістер, өндірісті автоматтандыру және виртуалды бақылау құралдары қазіргі заманғы сәулет өнерінің шекарасын кеңейтуде. Болашақта жасанды интеллекттің BIM-мен интеграциясы конструкцияларды өздігінен оңтайландыратын жүйелердің пайда болуына әкеледі.

Қортынды: BIM-технологиялар — бұл жай ғана сән емес, бұл заман талабы. Темір конструкцияларын жобалауда бұл әдіс құрылыс мерзімін қысқартып, қауіпсіздікті арттырады және қаржыны үнемдейді. Қазақстанның құрылыс нарығында бұл технологияны меңгерген мамандар мен компаниялар бәсекелестік артықшылыққа ие болары сөзсіз.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ ҮЛГІСІ (REFERENCES SAMPLE)

1. Истмен Ч., Тейхольц П., Сакс Р., Листон К. BIM-технология: Руководство по интеллектуальному моделированию зданий. – М.: ДМК Пресс, 2014.
2. Талапов В. В. Основы BIM: введение в информационное моделирование зданий. – М.: ДМК Пресс, 2011.
3. Куприянов А. Д. Применение BIM-технологий в проектировании стальных конструкций // Вестник гражданских инженеров. – 2019. – №4.
4. Borrmann A., König M., Koch C., Beetz J. Building Information Modeling: Technology Foundations and Industry Practice. – Springer, 2018.
5. Қазақстан Республикасының құрылыс нормалары мен ережелері (ҚР НТП 01-01-2017 "Ғимараттар мен құрылыстарды ақпараттық модельдеу").
6. Chuck Eastman, Paul Teicholz, Rafael Sacks, Kathleen Liston. BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Designers, Engineers, Contractors, and Facility Managers. – 3rd Edition. – John Wiley & Sons, 2018.
7. Абувғалиев С. Ж., Кенжетәев Г. Ж. Қазіргі заманғы құрылыстағы BIM-технологиялар: оқу құралы. – Алматы: Сәулет және құрылыс академиясы, 2020.
8. Barnes S., Davies K. BIM in Principle and in Practice. – 2nd Edition. – ICE Publishing, 2015. (Бұл еңбекте темір конструкцияларын монтаждау кезіндегі BIM-дің тәжірибелік рөлі сипатталған).
9. Касымов Т. М. Металл конструкцияларын жобалаудың автоматтандырылған жүйелері // Қазақстанның ғылымы мен өмірі. – 2021. – №2.
10. Krygiel E., Nies B. Green BIM: Successful Sustainable Design with Building Information Modeling. – Sybex, 2008. (Металл конструкцияларының экологиялық тиімділігі мен қайта өндеуге жарамдылығын BIM арқылы есептеу мәселелері).

<https://doi.org/10.5281/zenodo.19512219>

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНДАҒЫ BIM-ТЕНОЛОГИЯСЫНЫҢ БОЛАШАҒЫ

ОРЫНҒАЛИЕВ М.Е.

7M07300 «Құрылыс инженериясы» БББ-ның 2-курс магистранты

ШИНГУЖИЕВА А.Б.

PhD, и.о.доцента

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

***Аңдатпа.** Бұл мақалада Қазақстан Республикасында Building Information Modeling (BIM) технологиясының даму болашағы, оны енгізудің қазіргі жағдайы және болашақтағы стратегиялық бағыттары қарастырылады. BIM технологиясы құрылыс объектілерін жобалау, салу және пайдалану кезеңдерін біріктіретін цифрлық платформа ретінде құрылыс саласының тиімділігін арттыруға мүмкіндік береді. Әлемдік тәжірибе BIM-нің экономикалық тиімділігін, сапаны арттырудағы және тәуекелдерді азайтудағы маңызын дәлелдейді. Қазақстанда BIM-ді дамыту үшін нормативтік-құқықтық базаны жетілдіру, кадрлық әлеуетті арттыру, технологиялық инфрақұрылымды дамыту және халықаралық стандарттарға сәйкестікті қамтамасыз ету қажеттілігі бар. Мақалада осы мәселелер жан-жақты талданып, BIM технологиясын дамытудың болашақ бағыттары ұсынылады.*

***Тірек сөздер:** BIM, цифрландыру, құрылыс саласы, даму болашағы, нормативтік база, кадрлар даярлау, openBIM, ISO 19650.*

БУДУЩЕЕ BIM-ТЕХНОЛОГИЙ В РЕСПУБЛИКЕ КАЗАХСТАН

ОРЫНҒАЛИЕВ М.Е.

магистрант 2 курса ОП 7M07300 «Строительная инженерия»

ШИНГУЖИЕВА А.Б.

PhD, и.о.доцента

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

***Аннотация.** В данной статье рассматриваются перспективы развития технологии Building Information Modeling (BIM) в Республике Казахстан, текущее состояние ее внедрения и стратегические направления дальнейшего развития. BIM-технология, являясь цифровой платформой, объединяющей этапы проектирования, строительства и эксплуатации строительных объектов, способствует повышению эффективности строительной отрасли. Мировой опыт подтверждает экономическую целесообразность применения BIM, его значимость в повышении качества строительства и снижении рисков. Для развития BIM в Казахстане необходимо совершенствование нормативно-правовой базы, повышение кадрового потенциала, развитие технологической инфраструктуры и обеспечение соответствия международным стандартам. В статье всесторонне проанализированы данные вопросы и предложены перспективные направления развития BIM-технологий.*

***Ключевые слова:** BIM, цифровизация, строительная отрасль, перспективы развития, нормативная база, подготовка кадров, openBIM, ISO 19650.*

THE FUTURE OF BIM TECHNOLOGIES IN THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

ОФ “Международный научно-исследовательский центр “Endless Light in Science”

ORINGALIEV M.E.

2nd-year Master's student of the Educational Program 7M07300“Construction Engineering

SHINGUZHIYEVAA.B.

PhD, Professor

Zhangir Khan West Kazakhstan Agrarian-Technical University,
Uralsk, Republic of Kazakhstan

Abstract. This article examines the prospects for the development of Building Information Modeling (BIM) technology in the Republic of Kazakhstan, the current state of its implementation, and strategic directions for its future advancement. BIM technology, as a digital platform integrating the stages of design, construction, and operation of construction facilities, contributes to increasing the efficiency of the construction industry. International experience confirms the economic feasibility of BIM, its importance in improving construction quality, and its role in reducing risks. For the development of BIM in Kazakhstan, it is necessary to improve the regulatory and legal framework, enhance human resource capacity, develop technological infrastructure, and ensure compliance with international standards. The article provides a comprehensive analysis of these issues and proposes promising directions for the development of BIM technologies.

Keywords: BIM, digitalization, construction industry, development prospects, regulatory framework, workforce training, openBIM, ISO 19650.

Кіріспе.

Қазіргі таңда құрылыс саласы цифрлық трансформация кезеңін бастан өткеруде. Осы үдерістің негізгі құралдарының бірі – Building Information Modeling (BIM) технологиясы. BIM құрылыс объектісінің барлық өмірлік циклін біртұтас ақпараттық модельде басқаруға мүмкіндік береді. Қазақстан Республикасында BIM технологиясын енгізу 2017 жылдан бастап мемлекеттік деңгейде қолға алынғанымен, оны кең ауқымда қолдану әлі де даму сатысында тұр. Сондықтан BIM технологиясының даму болашағын айқындау – өзекті ғылыми және практикалық мәселе.

Зерттеудің мақсаты – Қазақстан Республикасындағы BIM технологиясының даму перспективасын талдау, негізгі шектеулерді анықтау және оны жетілдіру бойынша ұсыныстар әзірлеу. Зерттеу барысында нормативтік-құқықтық актілер, салалық есептер және ғылыми әдебиеттер пайдаланылды.

BIM технологиясының мәні және әлемдік даму үрдістері. BIM – бұл құрылыс объектісі туралы геометриялық, техникалық, экономикалық және эксплуатациялық ақпаратты біріктіретін цифрлық модель. Халықаралық тәжірибеде BIM Level 1, Level 2 және Level 3 сатылары қолданылады. Ұлыбритания, АҚШ, Сингапур және Еуропа елдерінде BIM мемлекеттік жобалар үшін міндетті талап ретінде енгізілген. ISO 19650 халықаралық стандарты BIM-процестерін басқарудың негізгі қағидаларын белгілейді.

Қазақстан Республикасындағы BIM технологиясының қазіргі жағдайы.

1-кесте – Қазақстан Республикасында BIM технологиясының даму кезеңдері

Кезең	Жылдар	Сипаттамасы
Бастапқы кезең	2017–2018	BIM ұғымының нормативтік деңгейде бекітілуі, алғашқы әдістемелік құжаттардың қабылдануы
Қалыптасу кезеңі	2019–2021	Жобалау ұйымдарында BIM элементтерін қолдану, пилоттық жобалардың іске асуы
Кеңею кезеңі	2022–2024	Мемлекеттік және ірі жеке жобаларда BIM қолданудың артуы, 3D–4D модельдер

Кезең Даму болашағы	Жылдар 2025– 2030	Сипаттамасы BIM-ді міндетті енгізу, 5D–7D модельдер, openBIM және CDE жүйелерінің дамуы
----------------------------------	--------------------------------	---



Сурет 1 – Қазақстанда BIM технологиясының даму эволюциясы (2017–2030)

Суретте BIM технологиясының нормативтік негізден бастап толық цифрлық экожүйеге дейінгі даму траекториясы көрсетіледі.

Қазақстанда BIM-ді енгізудің алғашқы қадамы ретінде SP RK 1.02-111-2017 нормативтік құжаты қабылданды. Кейінгі жылдары BIM-ге қатысты бірқатар стандарттар мен әдістемелік нұсқаулықтар әзірленді. Алайда BIM-ді міндетті түрде қолдануды талап ететін заңнамалық тетік әлі толық қалыптаспаған. Қазақстанда BIM-ді енгізудің алғашқы қадамы ретінде SP RK 1.02-111-2017 нормативтік құжаты қабылданды. Кейінгі жылдары BIM-ге қатысты бірқатар стандарттар мен әдістемелік нұсқаулықтар әзірленді. Алайда BIM-ді міндетті түрде қолдануды талап ететін заңнамалық тетік әлі толық қалыптаспаған. Бұл BIM технологиясының кең таралуын шектейтін факторлардың бірі болып табылады.

BIM технологиясының даму болашағы және негізгі бағыттары.

2-кесте – Қазақстан Республикасында BIM технологиясын дамытудың стратегиялық бағыттары

Бағыт	Мазмұны	Күтілетін нәтиже
Нормативтік	BIM-ді заңнамалық деңгейде міндеттеу, ISO 19650 енгізу	Бірізді және міндетті BIM қолдану
Технологиялық	CDE, бұлтты сервистер, openBIM дамыту	Ақпарат алмасудың тиімділігі
Кадрлық	BIM-менеджерлер мен координаторларды даярлау	Білікті мамандар санының артуы
Экономикалық	BIM-ге ынталандыру тетіктері	Жобалардың өзіндік құнын төмендету
Ұйымдастырушылық	Мемлекеттік–жеке серіктестік	BIM экожүйесінің қалыптасуы



Сурет 2 – BIM технологиясын енгізудің кешенді стратегиясы

Суретте нормативтік база, технология, кадрлар және инфрақұрылым өзара байланыста көрсетіледі. Қазақстанда BIM технологиясын дамыту келесі стратегиялық бағыттар бойынша жүзеге асырылуы мүмкін:

- нормативтік-құқықтық базаны халықаралық стандарттармен үйлестіру;
- мемлекеттік құрылыс жобаларында BIM-ді міндетті түрде енгізу;
- отандық BIM-платформалар мен openBIM шешімдерін дамыту;
- BIM-мамандарын даярлау және біліктілігін арттыру;
- цифрлық инфрақұрылымды және ортақ деректер ортасын (CDE) қалыптастыру.

Сонымен қатар, BIM технологиясын 4D/5D/6D және 7D деңгейлеріне дейін дамыту құрылыс саласында уақытты, құнды, экологияны және пайдалану тиімділігін басқаруға мүмкіндік береді.

BIM технологиясының даму болашағы және негізгі бағыттары. Қазақстан Республикасында BIM технологиясын дамыту алдағы жылдары құрылыс саласының цифрлық трансформациясының негізгі тетігіне айналуы тиіс. BIM-ді кеңінен енгізу тек жобалау сапасын арттырумен шектелмей, құрылыс процесін басқару, сметалық есептеулерді автоматтандыру, пайдалану кезеңіндегі шығындарды оңтайландыру және активтерді басқару сияқты кешенді міндеттерді шешуге мүмкіндік береді.

Болашақта BIM дамуы келесі негізгі бағыттар бойынша жүзеге асады:

Біріншіден, нормативтік-құқықтық базаны жетілдіру. Қазақстанда BIM-ге қатысты нормативтік құжаттар бар болғанымен, олар көбінесе ұсынымдық сипатта. Алдағы уақытта BIM технологиясын мемлекеттік қаржыландыратын жобаларда міндетті түрде қолдануды заңнамалық деңгейде бекіту қажет. Сонымен қатар, ISO 19650 халықаралық стандартын толық ратификациялау BIM-процестерін басқаруда бірізділікті қамтамасыз етеді.

Екіншіден, технологиялық инфрақұрылымды дамыту. BIM тиімді жұмыс істеуі үшін ортақ деректер ортасын (CDE), жоғары жылдамдықты интернет пен бұлғтты технологияларды енгізу маңызды. Бұл жобалаушылар, мердігерлер және тапсырыс берушілер арасындағы ақпарат алмасуды жеңілдетеді. Сонымен қатар, openBIM қағидаларын қолдану арқылы бағдарламалық өнімдер арасындағы үйлесімділікті арттыру қажет.

Үшіншіден, кадрлық әлеуетті арттыру. BIM технологиясының табысты дамуы білікті мамандарға тікелей байланысты. Жоғары оқу орындарының оқу бағдарламаларына BIM пәндерін тереңдетіп енгізу, BIM-менеджер, BIM-координатор сияқты мамандықтарды

қалыптастыру қажет. Сонымен қатар, жұмыс істеп жүрген инженерлер мен сәулетшілер үшін қайта даярлау және біліктілікті арттыру курстарын кеңейту маңызды.

Төртіншіден, BIM-ді кеңейтілген деңгейлерде қолдану. Болашақта Қазақстанда 4D (уақыт), 5D (құн), 6D (экология және энергия тиімділігі) және 7D (пайдалану және активтерді басқару) BIM модельдерін енгізу өзекті болмақ. Бұл құрылыс жобаларының өмірлік циклін толық цифрлық басқаруға мүмкіндік береді.

Бесіншіден, мемлекеттік және жеке сектор арасындағы ынтымақтастық. BIM технологиясын дамытуда мемлекеттік қолдау мен жеке сектордың бастамалары үйлесімді болуы тиіс. Мемлекет тарапынан ынталандыру тетіктері, ал жеке сектор тарапынан инновациялық шешімдер BIM-нің кең таралуына ықпал етеді.

Экономикалық және әлеуметтік әсері. BIM технологиясын кеңінен енгізу құрылыс саласының экономикалық тиімділігін арттырады. Жобалау кезеңіндегі қателіктердің азаюы, құрылыс мерзімінің қысқаруы және ресурстарды тиімді пайдалану жалпы жобаның құнын төмендетеді. Сонымен қатар, BIM еңбек өнімділігін арттырып, құрылыс саласында жаңа цифрлық мамандықтардың пайда болуына жағдай жасайды.

Халықаралық интеграция және бәсекеге қабілеттілік. BIM-ді халықаралық стандарттарға сәйкес дамыту қазақстандық құрылыс компанияларының шетелдік нарықтарға шығуына мүмкіндік береді. Бұл еліміздің құрылыс саласының бәсекеге қабілеттілігін арттырып, халықаралық жобаларға қатысу әлеуетін күшейтеді.



3-кесте – BIM технологиясын енгізудің күтілетін әсері

Көрсеткіш	Дәстүрлі тәсіл	BIM қолдану
Жобалау қателіктері	Жоғары	Төмен
Құрылыс мерзімі	Ұзақ	Қысқарған
Құнды бақылау	Шектеулі	5D арқылы толық
Пайдалану тиімділігі	Төмен	6D–7D арқылы жоғары

Қорытынды. Қазақстан Республикасында BIM технологиясының даму болашағы өте жоғары. BIM-ді жүйелі түрде енгізу құрылыс саласын цифрландырудың негізгі құралына ОФ “Международный научно-исследовательский центр “Endless Light in Science”

айналып, жобалардың сапасын арттыруға, шығындарды азайтуға және басқару тиімділігін жоғарылатуға мүмкіндік береді. Алдағы жылдары нормативтік базаны жетілдіру, кадрларды даярлау және технологиялық инфрақұрылымды дамыту арқылы BIM құрылыс саласының ажырамас бөлігіне айналады деп күтіледі.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Eastman C., Teicholz P., Sacks R., Liston K. BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling. – Hoboken: Wiley, 2018.
2. ISO 19650-1:2018. Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works.
3. ISO 19650-2:2018. Delivery phase of assets.
4. McGraw Hill. The Business Value of BIM in Construction. – New York, 2021.
5. Succar B. Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders. – Automation in Construction, 2009.
6. BuildingSMART International. openBIM Overview. – 2022.
7. SP RK 1.02-111-2017. Применение информационного моделирования в строительстве. – Астана.
8. SP RK 1.02-118-2019. Проектирование зданий с применением BIM. – Нур-Султан.
9. SP RK 1.02-119-2019. Строительство с использованием BIM. – Нур-Султан.
10. SP RK 1.02-120-2019. Эксплуатация объектов с применением BIM. – Нур-Султан.
11. ҚР Құрылыс кодексі. – Астана, 2020.
12. KazNIISA. Аналитический отчет по внедрению BIM в РК. – Алматы, 2022.
13. Satbayev University. BIM in Engineering Education. – Алматы, 2021.
14. Autodesk. BIM Adoption and Trends Report. – 2023.
15. Bentley Systems. Infrastructure BIM Solutions Overview. – 2022.
16. Tekla Structures. BIM for Structural Engineering. – Trimble, 2021.
17. PlanRadar. BIM in Construction Management. – 2023.
18. World Economic Forum. Digital Transformation of the Construction Industry. – Geneva, 2020.
19. European Commission. BIM in Public Procurement. – Brussels, 2021.
20. UK Cabinet Office. Government Construction Strategy. – London, 2019.
21. Singapore Building and Construction Authority. BIM Roadmap. – Singapore, 2020.
22. McKinsey Global Institute. Reinventing Construction Through Technology. – 2017.
23. Азаматов А.К. Қазақстандағы құрылыс саласын цифрландыру мәселелері. – Алматы, 2022.
24. Нұрғалиев Б.С. BIM технологиясын енгізудің экономикалық тиімділігі. – Құрылыс журналы, 2023

<https://doi.org/10.5281/zenodo.19512267>
УДК 666.9.1

FEATURES OF POLYMER IMPREGNATION IN CONCRETE

AUESBEK SULTAN TEMIRBEKULY
LESBEK AINAZYM AIZHARYKKYZY

PhD, Lecturer at the Department of Industrial, Civil, and Road Construction
M. Auezov South Kazakhstan University, Shymkent
Student of the Department of Industrial, Civil, and Road Construction
M. Auezov South Kazakhstan University, Shymkent

Аннотация. В статье представлены результаты экспериментальных исследований физико-механических свойств бетонополимеров, подтверждающие эффективность применения пропитки исходных бетонов полимерными составами. Рассмотрены способы пропитки бетонов метилметакрилатом и метилсиликатом натрия, обеспечивающие улучшение прочностных характеристик и повышение стойкости материала к воздействию агрессивных сред. Установлено, что использование указанных пропиточных материалов способствует снижению водопоглощения, повышению плотности структуры и увеличению долговечности бетонных конструкций. Полученные результаты могут быть использованы при проектировании, реконструкции и эксплуатации строительных объектов, работающих в условиях повышенной влажности и химической агрессии.

Abstract. The article presents the results of experimental studies on the physical and mechanical properties of polymer concretes, confirming the effectiveness of impregnating base concretes with polymer compositions. Methods of concrete impregnation with methyl methacrylate and sodium methyl silicate are considered, providing improved strength characteristics and increased resistance of the material to aggressive environments. It has been established that the use of these impregnating materials contributes to reduced water absorption, increased structural density, and enhanced durability of concrete structures. The obtained results can be applied in the design, reconstruction, and operation of construction facilities operating under conditions of high humidity and chemical aggressiveness.

Keywords: impregnation, polymer, polymerization, concrete, methyl methacrylate, sodium methylsilicate, concrete polymer.

Most polymers used in construction are expensive and scarce materials; therefore, for their rational and economical use, it is necessary to properly prepare the base concrete prior to impregnation. Both full treatment of the concrete and partial treatment of the most critical areas are possible, including surface layers, locations of high-strength reinforcement, and the most highly stressed zones. Liquid polymer impregnating compositions are most commonly used, with the expectation that polymerization will occur directly within the concrete matrix. Polymerization can be carried out by various methods depending on the monomer used; however, the thermocatalytic method is the most widely applied [1, 2].

Most polymers used in construction are expensive and scarce materials; therefore, for their rational and economical use, it is necessary to properly prepare the base concrete prior to impregnation. Both full treatment of the concrete and partial treatment of the most critical areas are possible, including surface layers, locations of high-strength reinforcement, and the most highly stressed zones. Liquid polymer impregnating compositions are most commonly used, with the expectation that polymerization will occur directly within the concrete matrix. Polymerization can be carried out by various methods depending on the monomer used; however, the thermocatalytic method is the most widely applied [1, 2].

In the thermocatalytic method, polymerization initiators are added to the monomer before its use for impregnation. After impregnating the concrete, the product or structure is heated to 70–120 °C (depending on the type of monomer), and within a few hours the liquid monomer transforms into a solid polymer, tightly filling and effectively sealing all pores and defects in the concrete.

The resulting polymer concrete is thus a new material with its own technology, physical and mechanical properties, calculation methods, and rational fields of application. The main binding component in such composites is cement, whose pore space is partially or fully filled with the hardened polymer [3].

The main advantages of the polymer under consideration are as follows:

- Methyl methacrylate (MMA) increases the strength of concrete by several times;
- Concrete treated with MMA resins does not require repairs for up to 25 years;
- It creates a homogeneous and monolithic coating structure;
- Impregnation with methyl methacrylate-based compositions is extremely simple in practice;
- It ensures rapid adhesion to the concrete surface;
- It complies with strict environmental standards [3].

The concrete sample impregnation process consists of the following steps: drying to a moisture content of 1%, impregnation, and polymerization.

The concrete sample impregnation process consists of the following steps: drying to a moisture content of 1%, impregnation, and polymerization. For drying, samples were placed in a drying oven, with preliminary weighing to determine moisture content. The dried samples were then immersed in the monomer, allowing complete penetration. After two hours, the samples were removed and heated using calorifiers at 65–90 °C to accelerate polymerization in the pore space.

Methyl methacrylate and sodium methyl silicate were used for concrete impregnation. These low-viscosity polymers are capable of penetrating deeply into the concrete matrix. The test results are presented in Table 1.

Properties of Concrete	Polymer Concrete	Base Concrete
CEM II/A-S 42.5 N cement Methyl Methacrylate		
Compressive strength, 28 days		
Impregnation duration:		
• 30 minutes	62,1 MPa	58,4 MPa
• 90 minutes	67,2 MPa	
• 120 minutes	74,3 MPa	
CEM II/A-S 42.5 N cement Sodium methylsilicate		
Compressive strength at 28 days		
Impregnation duration:		
• 30 minutes	59,3 MPa	53,6 MPa
• 90 minutes	62,4 MPa	
• 120 minutes	66,3 MPa	

To determine the properties of polymer concrete, experiments were carried out on cubic samples measuring 7 cm, prepared from fine-grained concrete based on **Sebryakov Cement** with up to 20% slag replacement of **CEM II/A-S 42.5 N**. The hardened concrete was impregnated with **methyl methacrylate (MMA)**. These specific materials were used in the experiments because the samples made from them demonstrated significantly higher performance.

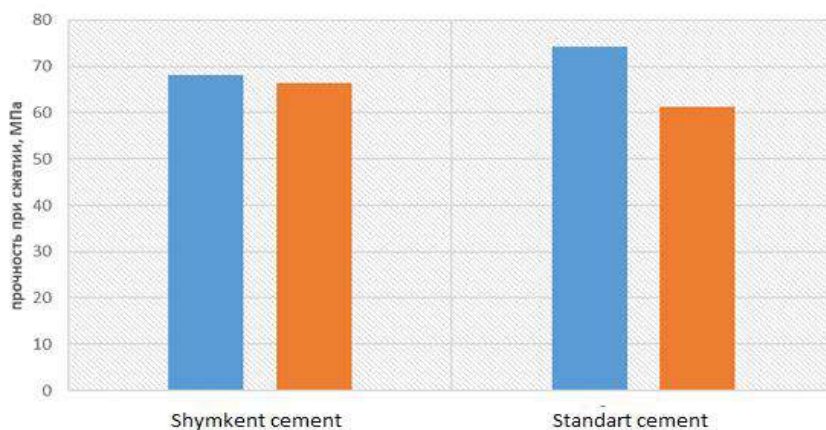


Figure 1. Dependence of the compressive strength of polymer concrete on the impregnating polymer.

Due to the high cost of the organic component and the more complex technology, polymer concretes are significantly more expensive materials (by 60–100 %) than the original concrete matrix. Therefore, they are used in cases where the inorganic component alone cannot provide the required properties and durability of structural elements and products.

The most effective application of polymer concretes is in critical structures where high strength, density, and corrosion resistance are required: in the production of tunnel segments (replacing cast iron), for underground transportation structures (e.g., tunnel lining in metro construction), acid-resistant tanks, and high-pressure pipes (as a substitute for metal) [2,3].

Polymer treatment of concrete is advisable for use in severe climatic conditions to enhance durability, as well as for protection against radioactive radiation, gas and liquid aggression, and for producing electrically insulating and wear-resistant composites, such as in airfield pavements, nuclear power plant construction, and other critical facilities.

REFERENCES

1. Bazhenov, Y. M. *Polymer Concretes*. Moscow: Stroyizdat, 1983. 472 p.
2. Uchingus, D. A. *High-Strength Polymer Concrete Materials*. Kyiv: Budivelnyk, 1983. 40 p.
3. Brook, M. A., Pavlov, S. A. *Polymerization on Solid Surfaces*. Moscow: Khimiya, 1990. 184 p.
4. Salamanova, M. Sh., Tulaev, Z. A., Gabashev, A. A. High-Quality Concrete Using Fillers from Industrial Raw Materials. In: *Proceedings of the XVII International Interuniversity Scientific and Practical Conference of Young Scientists, Graduate Students and Doctoral Students "Construction – Formation of the Living Environment"*, Moscow: MGSU, 2019, pp. 1062–1065.
5. Murtazaev, S.-A. Yu., Salamanova, M. Sh. Formation of the Structure of Multicomponent Alkali-Activated Binder Systems. *Scientific and Technical Journal "Vestnik GGNTU. Technical Sciences"*, 2020, Vol. XVI, No. 1(19), pp. 48–57.

<https://doi.org/10.5281/zenodo.19512322>
УДК 664.8:637.5

ҰННАН ЖАСАЛҒАН КОНДИТЕРЛІК ӨНІМДЕРДІ ӨНДІРУДЕ ПЕКТИНДІ ҚОЛДАНУДЫҢ БОЛАШАҒЫ

СҰЛТАНҒАЛИ НҰРИЗА ЕРЛАНҚЫЗЫ

магистрант

Алматы Технологиялық Университеті, Алматы қ., Қазақстан Республикасы

Ғылыми жетекші – ИСКАКОВА Г.К., профессор, т.ғ.д.

Аннотация: Бұл мақала ұннан жасалған кондитерлік өнімдерді өндіруде пектинді қолданудың заманауи ғылыми бағыттарына арналған әдеби шолу болып табылады. Тағам өнеркәсібінде өнім сапасын, қауіпсіздігін және тағамдық құндылығын арттыру қажеттілігіне байланысты табиғи гидроколлоидтардың, соның ішінде пектиннің маңызы артып отыр. Шолу барысында пектиннің құрылымы, оның ішінде метоксилдену дәрежесінің (DE) өнімдердің физико-химиялық, реологиялық және құрылымдық қасиеттеріне әсері қарастырылады. Әдеби деректер негізінде жоғары және төмен метоксилденген пектиндердің ерекшеліктері мен олардың әртүрлі тағамдық жүйелердегі қолдану аймақтары талданады. Әсіресе, төмен метоксилденген пектиннің ұн негізіндегі өнімдерде суды ұстап қалу қабілетін арттыруы, глютен құрылымымен өзара әрекеттесуі және қамырдың тұрақтылығын жақсартуы туралы мәліметтер жүйеленген. Сонымен қатар, пектиннің гель түзу, қоюландыру, эмульсияларды тұрақтандыру сияқты технологиялық қасиеттері қарастырылады. Шолуда пектиннің тағамдық талшық ретіндегі биологиялық құндылығы, оның антиоксиданттық қасиеттері және функционалдық тағам өнімдерін әзірлеудегі рөлі де сипатталады. Әдеби мәліметтерді талдау нәтижесінде пектинді, әсіресе төмен этерифицирленген түрін қолдану ұннан жасалған кондитерлік өнімдердің сапасын жақсартуда перспективалы бағыт екені көрсетіледі. Мақала пектинді қолданудың теориялық негіздерін жүйелеп, болашақ зерттеулер мен технологиялық әзірлемелер үшін ғылыми база қалыптастырады.

Кілт сөздер: пектин, ұн негізіндегі кондитерлік өнімдер, ылғалдылық, гель түзу, функционалдық қасиеттер, төмен этерифицирленген пектин, тағамдық талшық.

Қазіргі таңда тағам өнеркәсібінің дамуында өнімдердің сапасын, қауіпсіздігін және тағамдық құндылығын арттыру басты бағыттардың бірі болып табылады. Әсіресе, ұннан жасалған кондитерлік өнімдер халықтың күнделікті рационында кеңінен қолданылатындықтан, олардың құрамын жетілдіру және функционалдық қасиеттерін арттыру мәселесі өзекті болып отыр. Бұл өнімдердің жоғары энергия сыйымдылығы болғанымен, олардың құрамында биологиялық белсенді заттардың жеткіліксіздігі жиі байқалады. Осыған байланысты тағам өнімдерін функционалдық бағытта жетілдіру, яғни олардың құрамына физиологиялық тұрғыдан пайдалы компоненттерді енгізу қажеттілігі туындайды[1].

Соңғы жылдары тағам технологиясында табиғи шығу текті гидроколлоидтарды қолдану кеңінен зерттелуде. Солардың ішінде пектин ерекше орын алады. Пектин – өсімдік жасуша қабырғаларында кездесетін табиғи полисахарид болып табылады және ол тағам жүйелерінде гель түзу, қоюландыру, тұрақтандыру және ылғал ұстап қалу сияқты маңызды технологиялық функцияларды атқарады. Сонымен қатар, пектин тағамдық талшық ретінде адам ағзасына оң әсер етіп, функционалдық ингредиент ретінде жоғары бағаланады[2].

Пектиннің қасиеттері оның химиялық құрылымына, әсіресе метоксилдену дәрежесіне байланысты айқындалады. Бұл көрсеткіш пектиннің гель түзу механизміне, реологиялық қасиеттеріне және әртүрлі тағамдық жүйелердегі тиімділігіне тікелей әсер етеді. Әдеби

деректерге сәйкес, жоғары және төмен метоксилденген пектиндердің технологиялық мүмкіндіктері мен қолдану аймақтары айтарлықтай ерекшеленеді, бұл оларды әртүрлі мақсатта қолдануға мүмкіндік береді[3].

Ұн негізіндегі кондитерлік өнімдер технологиясында пектинді қолдану өнімнің құрылымын жақсартуға, ылғалдылықты сақтауға, сақтау мерзімін ұзартуға және текстуралық сипаттамаларын оңтайландыруға мүмкіндік береді. Сонымен қатар, пектин мен глютен ақуыздарының өзара әрекеттесуі қамырдың реологиялық қасиеттеріне әсер етіп, дайын өнімнің сапалық көрсеткіштерін жақсартып алады[4].

Осы жұмыста ұннан жасалған кондитерлік өнімдерді өндіруде пектинді қолданудың теориялық аспектілері мен заманауи ғылыми деректеріне әдеби шолу жасалады. Жұмыстың мақсаты – пектиннің құрылымдық ерекшеліктерін, оның технологиялық және функционалдық қасиеттерін жүйелеу, сондай-ақ ұн негізіндегі өнімдердегі қолдану перспективаларын талдау. Аталған жұмыс эксперименттік зерттеулер жүргізуді көздемейді және тек отандық және шетелдік ғылыми әдебиеттерді талдау негізінде орындалған[5].

Ұннан жасалған кондитерлік өнімдердің сапасын арттыру және олардың функционалдық қасиеттерін жақсарту мақсатында тағам технологиясында табиғи гидроколлоидтарды қолдану кеңінен қарастырылуда. Осындай маңызды компоненттердің бірі – пектин. Әдеби деректерге сәйкес, пектин өсімдік жасуша қабырғасының негізгі құрамдас бөлігі болып табылатын күрделі полисахарид және оның құрылымы негізінен α -(1 \rightarrow 4)-байланысқан D-галактурон қышқылы қалдықтарынан тұрады[6].

Пектиннің физико-химиялық және технологиялық қасиеттері оның молекулалық салмағына, тізбек ұзындығына, бүйірлік тармақтарының болуына және ең бастысы метоксилдену дәрежесіне (DE) байланысты қалыптасады. Метоксилдену дәрежесі пектиннің карбоксил топтарының қаншалықты метилденгенін көрсетеді және оның гель түзу механизміне тікелей әсер етеді. Әдебиеттерде көрсетілгендей, жоғары метоксилденген пектиндер (DE \geq 50%) гельді қанттың жоғары концентрациясы мен қышқыл ортада түссе, төмен метоксилденген пектиндер (DE < 50%) кальций иондарының қатысуымен тұрақты кеңістіктік құрылым – «egg-box» типті гель түзеді[7].

Осы ерекшеліктеріне байланысты пектиннің әртүрлі түрлері тағам өнеркәсібінде әртүрлі мақсатта қолданылады. Жоғары метоксилденген пектиндер негізінен джем, мармелад және желе сияқты өнімдерде қолданылса, төмен метоксилденген пектиндер қант мөлшері төмен немесе диеталық өнімдерде, соның ішінде ұннан жасалған кондитерлік өнімдерде кеңінен пайдаланылуда[8].

Ұн негізіндегі өнімдерде пектинді қолдану олардың құрылымдық және реологиялық қасиеттеріне елеулі әсер етеді. Әдеби мәліметтерге сәйкес, пектиннің суды ұстап қалу қабілеті жоғары болғандықтан, ол өнімнің ылғалдылығын сақтап, кебуін баяулатады және сақтау мерзімін ұзартады. Сонымен қатар, пектин қамыр жүйесінде тұтқырлықты арттырып, оның құрылымдық тұрақтылығын жақсартады. Бұл қасиеттер пісіру процесінде өнімнің пішінін сақтауға және текстурасының біркелкі болуына ықпал етеді[9].

Пектиннің глютен ақуыздарымен өзара әрекеттесуі де маңызды аспектілердің бірі болып табылады. Кейбір зерттеулерде пектиннің глютен құрылымына әсер етіп, ақуыз молекулалары арасындағы байланыстарды өзгерте алатыны көрсетілген. Нәтижесінде қамырдың серпімділігі мен созылғыштығы оңтайланып, дайын өнімнің құрылымы жақсартады. Сонымен қатар, пектиннің гидрофильді қасиеттері қамыр жүйесінде судың біркелкі таралуын қамтамасыз етеді, бұл өнім сапасының тұрақтылығына әсер етеді[10].

Пектиннің технологиялық қасиеттерімен қатар, оның физиологиялық және функционалдық маңызы да жоғары. Ол тағамдық талшық ретінде ас қорыту жүйесінде қорытылмайды және ішек микрофлорасының қалыпты қызметін қолдауға ықпал етеді. Әдеби деректерде пектиннің антиоксиданттық қасиеттері де сипатталған, яғни ол бос радикалдарды бейтараптандыру арқылы адам ағзасына оң әсер етуі мүмкін. Бұл қасиеттер

пектинді функционалдық тағам өнімдерін әзірлеуде маңызды ингредиент ретінде қарастыруға мүмкіндік береді[11].

Сонымен қатар, пектиннің эмульсияларды тұрақтандыру, май мен суды байланыстыру қабілеті де кондитерлік өнімдердің сапасын жақсартуда маңызды рөл атқарады. Ол өнімнің құрылымын біртекті етіп, майдың бөлінуін болдырмайды және текстуралық сипаттамаларын тұрақтандырады. Кейбір зерттеулерде пектин негізіндегі биополимерлік жүйелерді микроинкапсуляция мақсатында қолдану мүмкіндігі де қарастырылған, бұл функционалдық белсенді заттарды қорғауға және олардың тұрақтылығын арттыруға мүмкіндік береді[12].

Жалпы алғанда, әдеби көздерді талдау пектинді, әсіресе төмен метоксилденген түрін қолдану ұннан жасалған кондитерлік өнімдердің сапасын жақсартуда перспективалы бағыт екенін көрсетеді. Бұл бағыт өнімдердің технологиялық көрсеткіштерін жақсартумен қатар, олардың тағамдық және биологиялық құндылығын арттыруға мүмкіндік береді[13].

Жүргізілген әдеби шолу нәтижелері ұннан жасалған кондитерлік өнімдерді өндіруде пектинді қолданудың ғылыми және практикалық тұрғыдан өзекті бағыттардың бірі екенін көрсетті. Қазіргі тағам өнеркәсібінде өнімдердің сапасын арттырумен қатар, олардың тағамдық және функционалдық құндылығын жоғарылату қажеттілігі артып отырған жағдайда, табиғи гидроколлоидтарды, соның ішінде пектинді қолдану ерекше маңызға ие[14].

Әдеби деректерді талдау пектиннің құрылымдық ерекшеліктері, әсіресе метоксилдену дәрежесі, оның технологиялық қасиеттеріне тікелей әсер ететінін дәлелдейді. Жоғары және төмен метоксилденген пектиндердің гель түзу механизмдерінің айырмашылығы олардың тағамдық жүйелердегі қолдану аясын анықтайды. Әсіресе, төмен метоксилденген пектиннің ұн негізіндегі кондитерлік өнімдерде қолданылуы олардың құрылымдық тұрақтылығын, ылғал сақтау қабілетін және реологиялық қасиеттерін жақсартуға мүмкіндік беретіні көрсетілген[15].

Сонымен қатар, пектиннің глютен ақуыздарымен өзара әрекеттесу қабілеті қамырдың қасиеттерін оңтайландыруда маңызды рөл атқаратыны анықталған. Бұл өз кезегінде дайын өнімнің текстурасын жақсартып, сақтау мерзімін ұзартуға ықпал етеді. Пектиннің тағамдық талшық ретіндегі физиологиялық маңызы, антиоксиданттық қасиеттері және функционалдық әсерлері оны тек технологиялық қоспа ғана емес, сонымен қатар құнды биологиялық компонент ретінде қарастыруға мүмкіндік береді[16].

Осылайша, пектинді қолдану ұннан жасалған кондитерлік өнімдердің сапасын кешенді түрде арттыруға бағытталған тиімді тәсілдердің бірі болып табылады. Әдеби мәліметтерді жүйелеу нәтижесінде пектинді қолданудың теориялық негіздері анықталып, оны тағам технологиясында пайдалану перспективалары айқындалды. Бұл бағыттағы зерттеулерді одан әрі дамыту жаңа буын функционалдық және диеталық өнімдерді әзірлеуге негіз бола алады[17].

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ:

1. Velyamov, M. T., Velyamov, Sh. M., & Boribay, Ä. Q. (2023). *Razrabotka tekhnologii pektinsoderzhashchego kontsentrata iz vyzhimok sakharnoi svekly dlya polucheniya funktsionalnykh produktov*. Vestnik Almatinskogo tekhnologicheskogo universiteta, (2), 107–114. <https://doi.org/10.48184/2304-568X-2023-2-107-114>
2. Bekbolat, A., & Sultanova, N. (2025). *Pektin: alu zholdary, kasietteri men goldanylyu*. ResearchGate. <https://doi.org/10.32523/2616-6771-2025-151-2-35-55>
3. Freitas, C. M. P., Coimbra, J. S. R., Souza, V. G. L., & Sousa, R. C. S. (2022). Influence of climate change on chestnut trees: A review. *Plants*, 11(11), 1518. <https://doi.org/10.3390/plants11111518>

4. Cui, Y., Chen, J., & Zhan, S. (2022). The effect of degree of esterification of pectin on the interaction between pectin and wheat gluten protein. *Food Hydrocolloids*, *136*, 108272. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2022.108272>
5. Le, Y., Cheng, L., Yang, Q., Shi, K., Han, F., Luo, W., & Duan, S. (2024). Source, extraction, properties, and multifunctional applications of pectin: A short review. *Polymers*, *16*(20), 2883. <https://doi.org/10.3390/polym16202883>
6. Chan, S. Y., Choo, W. S., Young, D. J., & Loh, X. J. (2017). Pectin as a rheology modifier: Origin, structure, commercial production and rheology. *Carbohydrate Polymers*, *161*, 118–139. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2016.12.033>
7. Liang, W., Liao, J., Qi, J., Jiang, W., & Yang, X. (2022). Physicochemical characteristics and functional properties of high methoxyl pectin with different degree of esterification. *Food Chemistry*, *375*, 131806. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.131806>
8. Polesca Freitas, C. M., Coimbra, J. S. R., Souza, V. G. L., & Sousa, R. C. S. (2021). Structure and applications of pectin in food, biomedical, and pharmaceutical industry: A review. *Coatings*, *11*(8), 922. <https://doi.org/10.3390/coatings11080922>
9. Barrera-Chamorro, L., Fernandez-Prior, A., Rivero-Pino, F., & Montserrat-de la Paz, S. (2025). A comprehensive review on the functionality and biological relevance of pectin and its use in the food industry. *Carbohydrate Polymers*, *348*, 122794. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2024.122794>
10. Chandel, V., Biswas, D., Roy, S., Vaidya, D., Verma, A., & Gupta, A. (2022). Current advancements in pectin: Extraction, properties and multifunctional applications. *Foods*, *11*(17), 2683. <https://doi.org/10.3390/foods11172683>
11. Jia, Y., Wang, C., Khalifa, I., Zhu, Y., Wang, Z., Chen, H., Liang, X., Zhang, H., Hu, L., & Yang, W. (2024). Pectin: A review with recent advances in the emerging revolution and multiscale evaluation approaches of its emulsifying characteristics. *Food Hydrocolloids*, *157*, 110428. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2024.110428>
12. Said, N. S., Olawuyi, I. F., & Lee, W. Y. (2023). Pectin hydrogels: Gel-forming behaviors, mechanisms, and food applications. *Gels*, *9*(9), 732. <https://doi.org/10.3390/gels9090732>
13. Muñoz Almagro, N., Montilla, A., & Villamiel, M. (2021). Role of pectin in the current trends towards low glycaemic food consumption. *Food Research International*, *140*, 109851. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109851>
14. Sharma, S., Wani, K. M., Mujahid, S. M., Jayan, L. S., & Rajan, S. S. (2025). Review on pectin: Sources, properties, health benefits and its applications in food industry. *Journal of Future Foods*. <https://doi.org/10.1016/j.jfutfo.2024.04.009>
15. Roman Benn, A., Contador, C. A., Li, M. W., et al. (2023). Pectin: An overview of sources, extraction and applications in food products, biomedical, pharmaceutical and environmental issues. *Food Chemistry Advances*, *2*, 100192. <https://doi.org/10.1016/j.focha.2023.100192>
16. Chen, J., Cui, Y., Shi, W., Ma, Y., & Zhang, S. (2023). The interaction between wheat starch and pectin with different esterification degree and its influence on the properties of wheat starch pectin gel. *Food Hydrocolloids*, *145*, 109062. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2023.109062>
17. Qi, K., Cao, S., & Li, C. (2024). Possible interaction between pectin and gluten alters the starch digestibility and texture of wheat bread. *International Journal of Biological Macromolecules*, *2024*, 131907. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2024.131907>

<https://doi.org/10.5281/zenodo.19512425>

UDC: 004.056:004.738.5

ANALYSIS OF THE IMPACT OF RESOURCE CONSTRAINTS IN ORDER TO SELECT CRYPTOGRAPHIC ALGORITHMS FOR IOT DEVICES

SHAFIGULLIN TAMIRLAN YERDOSOVICH

Master's student, Kazakhstan-British Technical University (KBTU)

Scientific Supervisor - TEMIRBEKOVA ZHANERKE ERLANOVNA, PhD

Almaty, Kazakhstan

Abstract: *Internet of Things (IoT) deployments routinely rely on small devices whose limits in RAM, flash, CPU throughput, and energy supply do more than slow cryptography down. They shape which security properties can be provided at all, how keys can be provisioned, and which protocol stacks are realistic for a product lifecycle measured in years. This paper studies algorithm selection through a resource lens: it connects device classes used in Internet standardization with practical engineering metrics such as code size, working memory, handshake overhead, and the availability of hardware accelerators. It then compares mainstream authenticated encryption options (AES-CCM, ChaCha20-Poly1305) with the new lightweight cryptography standardization outcome from National Institute of Standards and Technology, emphasizing how standard status and implementation footprint affect risk and maintainability. Finally, it links cryptographic choices to IoT security baselines and to protocol families used on constrained networks (DTLS/TLS versus OSCORE with EDHOC), highlighting situations where message size and replay protection dominate computation. The resulting guidance is not a single “best cipher” but a set of constrained, testable selection rules that start from the device’s resource profile and threat exposure and end with a minimal, standards-aligned primitive set.*

Keywords: *Internet of Things; constrained nodes; lightweight cryptography; authenticated encryption; key management; OSCORE; EDHOC; AES-CCM; Ascon.*

Embedded networking has moved beyond specialist environments into consumer devices, industrial sensors, building automation, and many other settings where cost and power budgets are tight. As a result, “constrained nodes” are now part of the core design space of the Internet protocol suite. The terminology used by Internet standardization classifies constrained devices primarily by data size (RAM) and code size (flash), underlining that security design cannot be separated from memory budgeting on these platforms [1]. At the application layer, the Constrained Application Protocol (CoAP) was created specifically for constrained nodes and low-power, lossy networks, describing deployments with small microcontrollers and limited throughput [2].

Security expectations, however, did not shrink with the devices. Organizations buying or integrating IoT hardware still need confidentiality, integrity, controlled access, update mechanisms, and recovery from vulnerabilities. A practical way to connect those expectations to device functionality is the IoT capability baseline work, where NISTIR 8259A defines an IoT device cybersecurity capability core baseline and explains that it is a default starting point for “minimally securable” devices while still allowing tailoring to risk and use case [3]. Even without listing every capability detail, the message is clear: cryptography must support the operational lifecycle, including onboarding and software updates, rather than only encrypting a payload [3].

Within that lifecycle, resource constraints create concrete tensions. If the security design requires public-key certificates but the product can only afford a few tens of kilobytes of flash, the result is usually not “slower TLS.” It is deployment pressure toward weaker provisioning practices, reduced verification, or ad-hoc custom protocols that are harder to audit. For that reason, standardization aimed at constrained environments matters. NIST’s publication of SP 800-232, an Ascon-based family providing authenticated encryption, hashing, and extendable-output

functionality for constrained devices, is a strong signal that lightweight cryptography is no longer only a research topic [4].

This paper focuses on a practical question: how do resource constraints influence cryptographic algorithm selection for IoT devices in a way that preserves modern security properties and stays aligned with widely deployed standards? The analysis uses Internet device classes, typical low-power link constraints, and the algorithm and protocol building blocks most often seen in IoT security stacks, starting from AEAD and ending at key establishment and signature verification. [5]

A useful starting point is to separate “constraints” into the aspects that directly impact cryptography:

Memory is often the dominant limitation. The constrained-node terminology distinguishes Class 0 devices with “much less than 10 KiB” RAM and “much less than 100 KiB” flash, Class 1 devices around 10 KiB RAM and 100 KiB flash, and Class 2 devices around 50 KiB RAM and 250 KiB flash [1]. These are not hard boundaries, but they match how engineers budget firmware features: a certificate parser or a second cryptographic library can be the difference between fitting and not fitting [6].

Bandwidth and maximum transmission unit (MTU) create a second layer of constraint. On low-power wireless links common in IoT, the maximum MAC frame size can be very small. For IEEE 802.15.4, a widely used foundation for 6LoWPAN-based stacks, the MAC frame is commonly limited to 127 bytes, which limits how much room remains after headers and security fields are attached [7]. This matters even when a CPU can handle public-key operations, because handshake messages and certificates may fragment heavily, increasing latency and energy use through retransmissions [8].

Energy constraints are usually expressed as battery lifetime targets, duty cycles, and wake-up budgets rather than as a single number. Cryptographic operations affect energy in two ways: computation and radio time. In many low-power networks the radio dominates, so message size, retransmissions, and handshake round trips can matter more than cycles per byte. This is why protocol choices such as using application-layer protection with compact exchanges are frequently driven by energy as much as by memory [9].

These constraints interact with a threat surface that is often harsher than in traditional IT. Many IoT devices are physically accessible, deployed in semi-public or industrial spaces, and expected to run for years without hands-on maintenance. Physical access increases the feasibility of key extraction, fault injection, or power analysis, which pushes implementers to constrain secret-dependent branching and to use well-reviewed constant-time implementations where available. At the same time, the device may not have the memory budget for heavy countermeasures, and it may not have secure storage hardware. In practice, this pushes algorithm selection away from “maximal sophistication” and toward “minimal, reliable, and well-standardized,” combined with careful system design around key lifetimes and update capability [10].

A final constraint comes from ecosystem compatibility. Many IoT products must interoperate with smartphone-era protocols and existing stacks. This shapes algorithm choice through requirement inheritance: if the radio stack already needs AES-CCM for link-layer security, reusing AES primitives at higher layers reduces code duplication. In contrast, adding a second AEAD family can increase flash use, test complexity, and the chance of implementation mistakes. Several widely deployed IoT ecosystems demonstrate this inheritance pattern explicitly, as they standardize AES-centric security suites at the link layer [11, 12].

A “deep” evaluation should be more than comparing theoretical security levels. For constrained devices, the practical evaluation can be organized as a set of measurable questions:

Security and standard maturity: Is the primitive standardized by a widely recognized body and integrated into common protocols? For example, AES is standardized in FIPS 197, CCM is specified by NIST as a mode of operation, and ChaCha20-Poly1305 is specified for IETF protocols [13]. For constrained devices, a recent milestone is the publication of Ascon-based primitives in NIST SP 800-232, which directly targets constrained design goals [14].

Implementation costs in flash and RAM: Code size and working memory determine if the device can carry both the cryptographic primitive and the protocol framing required by the ecosystem. Benchmarking frameworks such as FELICS were designed to evaluate lightweight cryptographic systems on embedded microcontrollers and report metrics such as cycles, ROM, and RAM across representative targets. Tooling traditions such as SUPERCOP also exist to measure performance across implementations, supporting reproducibility and comparisons across primitives[15].

Message-size overhead and protocol fit: AEAD adds tags and often requires nonces or sequence numbers. Public-key protocols add key shares, certificates, and verification data. On short-frame wireless links, those bytes directly translate into fragmentation, retransmissions, and radio-on time. EDHOC is explicit about being “very compact and lightweight,” and even compares its message sizes against DTLS 1.3 handshakes in constrained transports[16].

Hardware acceleration and primitives reuse: Many microcontrollers include AES accelerators because link-layer security suites depend on them. When such hardware exists, selection criteria change: an algorithm that is “software efficient” may be slower overall than AES driven by hardware. Conversely, if no AES accelerator exists, stream-cipher based AEAD such as ChaCha20-Poly1305 may be attractive in software-only designs [17].

Operational safety: For IoT, “operational safety” includes nonce management, counter persistence across reboots, randomness quality for key generation, and the ability to update cryptographic components. Real-world specifications highlight how systems handle counters and reboots to avoid reuse patterns, which is an area where many embedded implementations fail when persistent storage and wear leveling are not designed carefully[18].

This paper uses those criteria to compare an algorithm set that is realistic in today’s IoT stacks: AES-CCM and ChaCha20-Poly1305 as widely deployed AEAD families, Ascon-based AEAD and hash/XOF as a constrained-device standard, and elliptic-curve primitives for key establishment and signatures as the most common public-key path in constrained scenarios.

Symmetric authenticated encryption is the baseline for almost every IoT security design because it provides confidentiality and integrity with predictable costs. Modern practice prefers AEAD constructions, eliminating the complexity of combining separate encryption and MAC schemes. In constrained networks, AEAD is also attractive because it gives a single place to manage nonces and tags, which simplifies testing and reduces the chance that integrity is forgotten in a firmware feature. AEAD appears both in general Internet protocols and in IoT-specialized stacks.

AES-CCM deserves special attention because it is simultaneously a standards-based construction and a common hardware feature driver. AES itself is standardized by FIPS 197 as a symmetric block cipher for protecting electronic data [5]. CCM is specified by NIST SP 800-38C as a mode that combines CTR encryption with a CBC-MAC-based authentication component, aiming to provide confidentiality and authenticity in one design [19]. This pair shows up repeatedly in IoT ecosystems. The Bluetooth Core Specification lists AES-CCM as the encryption algorithm associated with Secure Connections and also links security mechanisms to HMAC-SHA-256 and ECDH-based components in its algorithm overview [20]. Zigbee similarly standardizes AES-128 and CCM* as the mode of operation in its security building blocks, making the AES-CCM family part of both interoperability and device certification requirements [16]. In practice, this means that even if a designer is attracted to a different AEAD primitive on paper, the platform may already carry AES-CCM for ecosystem reasons, and reusing it can be the lowest-risk way to stay within flash limits [21]. The downside of AES-CCM in constrained systems is rarely “cryptographic weakness.” It is usually operational fragility. CCM requires nonce uniqueness under a key; if a device reboots and resets counters to a prior value, nonce reuse becomes possible, which can undermine confidentiality and message authenticity. Specifications in the Zigbee ecosystem explicitly tie AES-CCM usage to frame counters and discuss behaviors around counter increments and reboot events, reflecting engineers’ awareness that the counter must be part of the security engineering, not an afterthought [16]. This pushes resource-constrained devices toward designs that

can persist counters safely, including wear-leveled flash updates or protected monotonic counters when hardware exists. Without that, systems often fall back to shorter lifetimes for certain keys or to network-level rekeying, which increases complexity but avoids nonce reuse [22].

ChaCha20-Poly1305 is the other widely deployed AEAD family relevant to IoT because it is standardized for IETF protocols and common in TLS stacks. RFC 8439 defines ChaCha20, Poly1305, and the combined AEAD construction for use in IETF protocols [7]. It is especially attractive when AES hardware is absent and when constant-time software implementations are desired, since its operations are naturally expressed in additions, XORs, and rotations. On the other hand, its performance profile depends strongly on word size: 32-bit microcontrollers typically implement it efficiently, while very small 8-bit devices may not. This makes ChaCha20-Poly1305 a “conditional” choice: it can be excellent for Cortex-M class software-only designs, but it is rarely the best path when the platform already contains AES-CCM hardware tied to the radio stack.

A major development for constrained devices is the standardization of Ascon-based primitives. NIST SP 800-232 introduces a family designed for constrained environments with a compact state and multiple functions: authenticated encryption with associated data, hashing, and extendable output functionality, including named functions such as Ascon-AEAD128, Ascon-Hash256, and XOF variants [23]. NIST’s public release communications treat SP 800-232 as a standards publication for constrained devices, which matters because it provides a normative target for implementers who previously had to select from many lightweight candidates without a stable standard endpoint [4]. From a resource selection standpoint, the key advantage is that one primitive family can cover both AEAD and hashing needs, reducing code diversity. The main practical caution is ecosystem adoption: many IoT protocol profiles and certification programs still assume AES-based suites, so Ascon is often most attractive in new designs or in application-layer security that can be chosen independently of the link layer [24].

Hash functions and MACs are often underestimated in constrained design because AEAD is seen as the central “security feature.” In practice, hashes and MACs appear in key derivation, device identity, firmware update validation, and protocol handshakes. The Secure Hash Standard FIPS 180-4 specifies the SHA-2 family, including SHA-256, as a standardized set of hash algorithms used for message digests and change detection [23]. In the Bluetooth security overview, HMAC-SHA-256 is explicitly associated with authentication and key generation in Secure Connections mode, which is a reminder that protocol families frequently require hashing even when payload protection is performed by AEAD [15]. Selecting a hash function for IoT is also a code-size decision: supporting multiple hash families increases flash footprint, while unifying around a single family reduces testing and risk. For constrained devices, this is also where Ascon’s inclusion of standardized hashing and XOF functions can simplify the primitive set, but only if the surrounding ecosystem allows it.

Asymmetric cryptography is where resource constraints become most visible, because key agreement and signature verification can dominate both computation and message size. The standards position is clear: FIPS 186-5 specifies approved digital signature techniques including RSA, ECDSA, and EdDSA, reflecting the fact that multiple families remain in use [20]. For IoT devices, RSA is often unattractive due to key and signature size and due to computation costs, particularly on low-end microcontrollers. Experimental studies comparing ECC and RSA in IoT-like environments frequently find ECC favorable in energy and throughput at comparable security levels, especially for constrained endpoints, even when verification patterns can differ between the two families [25]. Internet engineering discussions also provide concrete performance data on Cortex-M class devices, showing that curve choice and software optimization settings can change ECDHE and ECDSA times by large factors, which matters for handshake latency and for devices joining a network at scale [26].

For key agreement, modern IoT designs often prefer elliptic-curve Diffie-Hellman on curves designed for robust implementations. RFC 7748 specifies X25519 and X448 scalar multiplication functions for Diffie-Hellman, with X25519 using 32-byte strings for inputs and outputs, which

keeps message sizes predictable and encourages constant-time implementations [21]. For signatures, RFC 8032 describes EdDSA with recommended parameter sets such as Ed25519 and Ed448, providing modern signature options that many embedded libraries now support [22]. FIPS 186-5 also acknowledges EdDSA as an approved technique, which helps align engineering choices with compliance requirements when that matters for procurement or certification [20, 22]. In selection terms, the most common constrained-device strategy is not to run full certificate chains on the smallest nodes, but to use raw public keys, compact credential formats, or static Diffie-Hellman credentials that can be referenced rather than transmitted in full. This is also reflected in EDHOC's design, which supports credential referencing and aims to keep added code size low by reusing CBOR/COSE components [12].

Protocol choice is where cryptographic primitives meet the network reality. TLS 1.3 is specified in RFC 8446 and DTLS 1.3 in RFC 9147; both aim to prevent eavesdropping and tampering for client-server communication [8-9]. These protocols are widely deployed, but their handshake structure, certificate handling, and round trips can be heavy for small links and small devices. IoT-focused application-layer protection exists specifically to address that mismatch when proxies or translation points are used, or when end-to-end protection should not terminate at an intermediary. OSCORE is defined in RFC 8613 as a method for application-layer protection of CoAP using COSE, designed for constrained nodes and proxy-rich deployments [10]. COSE itself is designed for compact CBOR-based security services and explicitly targets small message and implementation size [27]. EDHOC then fills a key gap by providing a compact authenticated key exchange whose main use case is establishing an OSCORE security context; the RFC text explicitly states that EDHOC message size can be far smaller than a DTLS 1.3 handshake when transferred in CoAP, highlighting why compactness is not only a convenience but a resource survival feature on constrained transports [12].

Finally, it is no longer responsible to ignore post-quantum cryptography when discussing multi-year IoT lifecycles, but it must be discussed realistically. NIST approved post-quantum FIPS publications including FIPS 203 (ML-KEM) as a standard for key encapsulation, and publicly announced the issuance of the first finalized post-quantum encryption standards in August 2024 [24]. From a constrained-device perspective, PQC algorithms often have larger public keys, ciphertexts, or signatures than classical ECC, which increases message overhead and memory buffering requirements. That pushes many current IoT architectures toward a staged approach: classical cryptography for the most constrained nodes and for local links that already standardize AES-CCM, and PQC adoption at gateways, cloud endpoints, or high-capability devices where memory and bandwidth are less restrictive. The transition strategy still needs careful threat modeling, since long-lived confidentiality can be threatened by "harvest now, decrypt later" risks, but claiming that Class 0 nodes should immediately carry PQC stacks is usually a mismatch between threat horizon and resource reality [1, p.24].

A defensible selection procedure for constrained IoT devices should start with device capability classes and end with a minimal primitive set that maps cleanly to chosen protocols. The following workflow captures that logic:

First, classify the target device by memory and compute budget using constrained-node classes as a practical shorthand. The goal is not to label a device but to force an explicit statement of what can be afforded in flash and RAM, because that determines if you can carry a full TLS stack, a COSE/CBOR stack, certificate validation, or only symmetric protection.

Second, identify the network constraints that matter in your deployment. If the product uses IEEE 802.15.4-class links, the 127-byte MAC frame limit means handshake message sizes and security overhead can drive fragmentation behavior and packet loss recovery costs [13]. This often pushes designs toward compact security contexts, minimal round trips, and avoidance of large certificate transfers to the smallest devices [12].

Third, choose the protocol family that matches the system architecture. If you need compatibility with existing Internet services and a straightforward client-server model, TLS 1.3 or

DTLS 1.3 are the default options [8]. If you need end-to-end protection across proxies or translation points in CoAP ecosystems, OSCORE provides application-layer protection using COSE objects [10, 11]. If you need a compact authenticated key exchange to establish OSCORE contexts, EDHOC is purpose-built for that constrained scenario and keeps additional code size low by reusing CBOR/COSE/CoAP components [12].

Fourth, select primitives by reuse and standard alignment. If the ecosystem already mandates AES-CCM at the link layer, resist the urge to add a second AEAD family unless there is a clear, tested advantage. Bluetooth's security overview and Zigbee's security building blocks both demonstrate AES-CCM usage as part of interoperable security suites, which strongly influences what is cheapest and safest to implement on devices that already ship into those ecosystems [15, p.16]. Where the ecosystem allows more flexibility, Ascon-based primitives are now standardized for constrained devices and can reduce the number of distinct primitives by providing both AEAD and hashing/XOF functions in one family [4].

Fifth, benchmark on the real target. For constrained devices, "paper efficiency" is not reliable, because compiler quality, available assembly optimizations, and hardware accelerators change results. This is why benchmark frameworks such as FELICS exist and why unified measurement toolkits such as SUPERCOP have long been used to compare implementations across platforms [18, p.19].

Two design patterns deserve emphasis because they repeatedly decide whether an IoT security design succeeds. The first is primitive minimization: reuse the same AEAD family across layers when possible, and avoid carrying multiple hash families unless a protocol requirement forces it. This reduces flash consumption, shrinks the attack surface of the crypto code, and simplifies testing. The second is state correctness: invest engineering effort in nonce and counter management, including persistence across reboot, because the most common failures in AEAD deployments on constrained nodes are operational mistakes rather than weaknesses in AES or Ascon themselves [6, p.16].

Resource constraints do not merely reduce performance. They change which cryptographic designs are viable and which operational safety measures can be implemented reliably. Using constrained-node classes as a sizing tool makes it easier to connect algorithm choice to the real firmware budget, while low-power link constraints highlight why message overhead and round trips can dominate energy cost [1, p.14]. In today's IoT ecosystem, AES-CCM remains a pragmatic default because it is standardized, widely implemented, and mandated by major specifications that drive hardware support [15]. When AES hardware is absent or software-only designs are targeted, ChaCha20-Poly1305 is a well-standardized option in Internet protocols [7]. The publication of NIST SP 800-232 provides a new standardized lightweight family (Ascon-based) that can reduce primitive diversity by offering AEAD and hashing/XOF under one umbrella, which is especially relevant to constrained designs [4]. At the protocol level, OSCORE and EDHOC offer compact alternatives aligned with constrained transports, and EDHOC explicitly targets low overhead compared to DTLS-style handshakes. Finally, post-quantum standardization is now real at the FIPS level, but its adoption in the lowest-end IoT nodes must be staged and threat-driven, not aspirational [28].

REFERENCES

1. Bormann C., Ersue M., Keranen A. Terminology for Constrained-Node Networks. RFC 7228. IETF, May 2014. DOI: 10.17487/RFC7228. Available at: <https://datatracker.ietf.org/doc/html/rfc7228> (accessed: 04.04.2026).
2. Shelby Z., Hartke K., Bormann C. The Constrained Application Protocol (CoAP). RFC 7252. IETF, June 2014. DOI: 10.17487/RFC7252. Available at: <https://datatracker.ietf.org/doc/html/rfc7252> (accessed: 04.04.2026).

3. Fagan M., Megas K. N., Scarfone K., Smith M. IoT Device Cybersecurity Capability Core Baseline. NISTIR 8259A. NIST, May 2020. DOI: 10.6028/NIST.IR.8259A. Available at: <https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/ir/2020/NIST.IR.8259a.pdf> (accessed: 04.04.2026).
4. Turan M. S., McKay K. A., Kang J., Kelsey J., Chang D. Ascon-Based Lightweight Cryptography Standards for Constrained Devices: Authenticated Encryption, Hash, and Extendable Output Functions. NIST SP 800-232. NIST, August 2025. Available at: <https://csrc.nist.gov/pubs/sp/800/232/final> (accessed: 04.04.2026).
5. National Institute of Standards and Technology. Advanced Encryption Standard (AES). FIPS PUB 197. NIST, 2001. Available at: <https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/fips/nist.fips.197.pdf> (accessed: 04.04.2026).
6. Dworkin M. Recommendation for Block Cipher Modes of Operation: The CCM Mode for Authentication and Confidentiality. NIST SP 800-38C. NIST, 2004 (final/update publications available via CSRC). Available at: <https://csrc.nist.gov/pubs/sp/800/38/c/upd1/final> (accessed: 04.04.2026).
7. Nir Y., Langley A. ChaCha20 and Poly1305 for IETF Protocols. RFC 8439. IETF, June 2018. DOI: 10.17487/RFC8439. Available at: <https://datatracker.ietf.org/doc/html/rfc8439> (accessed: 04.04.2026).
8. Rescorla E. The Transport Layer Security (TLS) Protocol Version 1.3. RFC 8446. IETF, August 2018. DOI: 10.17487/RFC8446. Available at: <https://datatracker.ietf.org/doc/html/rfc8446> (accessed: 04.04.2026).
9. Rescorla E., Tschofenig H., Fossati T. The Datagram Transport Layer Security (DTLS) Protocol Version 1.3. RFC 9147. IETF, April 2022. DOI: 10.17487/RFC9147. Available at: <https://datatracker.ietf.org/doc/rfc9147/> (accessed: 04.04.2026).
10. Selander G., Mattsson J. P., Palombini F., Seitz L. Object Security for Constrained RESTful Environments (OSCORE). RFC 8613. IETF, July 2019. DOI: 10.17487/RFC8613. Available at: <https://datatracker.ietf.org/doc/rfc8613/> (accessed: 04.04.2026).
11. Schaad J. CBOR Object Signing and Encryption (COSE): Structures and Process. RFC 9052 (STD 96). IETF, August 2022. DOI: 10.17487/RFC9052. Available at: <https://datatracker.ietf.org/doc/rfc9052/> (accessed: 04.04.2026).
12. Selander G., Preuß Mattsson J., Palombini F. Ephemeral Diffie-Hellman Over COSE (EDHOC). RFC 9528. IETF, March 2024. DOI: 10.17487/RFC9528. Available at: <https://datatracker.ietf.org/doc/rfc9528/> (accessed: 04.04.2026).
13. STMicroelectronics. Connectivity: Introduction to 802.15.4 (maximum MAC frame size 127 bytes). ST wiki. Available at: https://wiki.st.com/stm32mcu/wiki/Connectivity:Introduction_to_802_15_4 (accessed: 04.04.2026).
14. Akbar M. S., et al. IEEE 802.15.4 Frame Aggregation Enhancement to Provide Improved Throughput in ... Sensors (Basel). 2017. Available at: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC5336036/> (accessed: 04.04.2026).
15. Bluetooth SIG. Bluetooth Core Specification. Part H: Security Specification (Table 1.1 and AES-CCM usage). Available at: <https://www.bluetooth.com/wp-content/uploads/Files/Specification/HTML/Core-54/out/en/br-edr-controller/security-specification.html> (accessed: 04.04.2026).
16. Connectivity Standards Alliance. Zigbee Specification. Revision 23. Document 05-3474-23. March 15, 2023 (Annex A CCM* Mode of Operation; Annex B Security Building Blocks). Available at: <https://csa-iot.org/wp-content/uploads/2023/04/05-3474-23-csg-zigbee-specification-compressed.pdf> (accessed: 04.04.2026).
17. Thread Group. Securing the Connected Home From Outside Threats (AES-CCM on all packets at the network layer). 2016. Available at: <https://threadgroup.org/Newsroom/Blog/part-two-securing-the-connected-home-from-outside-threats> (accessed: 04.04.2026).

18. Dinu D., et al. FELICS: Fair Evaluation of Lightweight Cryptographic Systems. In: Lightweight Cryptography Workshop (NIST), 2015. Available at: <https://csrc.nist.gov/csrc/media/events/lightweight-cryptography-workshop-2015/documents/papers/session7-dinu-paper.pdf> (accessed: 04.04.2026).
19. SUPERCOP: System for Unified Performance Evaluation Related to Cryptographic Operations and Primitives. Project page. Available at: <https://bench.cr.yp.to/supercop.html> (accessed: 04.04.2026).
20. National Institute of Standards and Technology. Digital Signature Standard (DSS). FIPS 186-5. NIST, February 2023. Available at: <https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/FIPS/NIST.FIPS.186-5.pdf> (accessed: 04.04.2026).
21. Langley A., Hamburg M., Turner S. Elliptic Curves for Security. RFC 7748. IETF, January 2016. DOI: 10.17487/RFC7748. Available at: <https://www.rfc-editor.org/rfc/rfc7748.html> (accessed: 04.04.2026).
22. Josefsson S., Liusvaara I. Edwards-Curve Digital Signature Algorithm (EdDSA). RFC 8032. IETF, January 2017. DOI: 10.17487/RFC8032. Available at: <https://datatracker.ietf.org/doc/html/rfc8032> (accessed: 04.04.2026).
23. National Institute of Standards and Technology. Secure Hash Standard (SHS). FIPS 180-4. NIST, August 2015. Available at: <https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/fips/nist.fips.180-4.pdf> (accessed: 04.04.2026).
24. National Institute of Standards and Technology. Module-Lattice-Based Key-Encapsulation Mechanism Standard. FIPS 203. NIST, August 13, 2024. Available at: <https://csrc.nist.gov/pubs/fips/203/final> (accessed: 04.04.2026).
25. National Institute of Standards and Technology. NIST Releases First 3 Finalized Post-Quantum Encryption Standards. News release, August 13, 2024. Available at: <https://www.nist.gov/news-events/news/2024/08/nist-releases-first-3-finalized-post-quantum-encryption-standards> (accessed: 04.04.2026).
26. Suárez-Albela M., et al. A Practical Evaluation on RSA and ECC-Based Cipher Suites for IoT Devices. Sensors. 2018. Available at: <https://www.mdpi.com/1424-8220/18/11/3868> (accessed: 04.04.2026).
27. Tschofenig H., et al. Performance Investigations: Performance of State-of-the-Art Cryptography on ARM Cortex-M (slides). IETF 92 (LWIG), 2015. Available at: <https://www.ietf.org/proceedings/92/slides/slides-92-lwig-3.pdf> (accessed: 04.04.2026).
28. Gunnarsson M., et al. Evaluating the performance of the OSCORE security protocol on constrained devices. Internet of Things. 2021. Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2542660520301645> (accessed: 04.04.2026).

СОДЕРЖАНИЕ CONTENT

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ TECHNICAL SCIENCES

YUSIFOV MAARIF ZABIT OGLU, SULEYMANOVA XEDICƏ SADIQ QIZI [BAKI, AZƏRBAYCAN] XX ƏSRİN İKİNCİ YARISINDA İSTİFADƏYƏ VERİLMİŞ BİNALARIN YENİDƏN QURULMASI VƏ MODERNLƏŞDİRİLMƏSİ: MƏQSƏD VƏ VƏZİFƏLƏRİ.....	3
MƏCIDZADƏ MUSTAFA İLKİN oğlu [AZƏRBAYCAN] FABRİKİN MÖVCUD QEYRİ-BALANS ŞƏBƏKƏSİNİN İNVERTOR İDARƏETMƏSİNİN TƏKMİLLƏŞDİRİLMƏSİ İLƏ ŞƏBƏKƏDƏKİ GƏRGİNLİK DALĞALANMALARININ KOMPENSASIYASI VƏ SİSTEMİN İŞ DAYANIQLIĞININ ARTIRILMASI.....	9
ҚҰЙБОҚАРОВА КУМУШ ФАРХОД ҚИЗИ, УТАЕВ С.А. [ЎЗБЕКИСТОН] ГАЗОДИЗЕЛЬ ЭЛЕКТР СТАНЦИЯЛАРИ ВА УЛАРДАН ФЙДАЛАНИШ ИСТИҚБОЛЛАРИ.....	13
ШЕРАЛИЕВА ЛАЙЛО ОРЗИБЕК ҚИЗИ, УТАЕВ С.А. [ЎЗБЕКИСТОН] ОРГАНИК ЧИҚИНДИЛАРДАН БИОЛОГИК ГАЗ ОЛИШ ВА УНДАН ЭЛЕКТР СТАНЦИЯЛАРИДА ФЙДАЛАНИШ.....	18
HƏSƏNOV TARIYEL QƏNİMƏT OĞLU, HÜSEYNOV RÜSTƏM SƏXAVƏT OĞLU [BAKI, AZƏRBAYCAN] BİRİNCİ QRUP ELEKTRİK İŞLƏDİCİLƏRİNİN FASILƏSİZ ENERJİ TƏMİNATINDA EHTİYAT QİDALANMA SİSTEMLƏRİNİN ETİBARLILIQ ANALİZİ VƏ OPTİMAL STRUKTURUNUN MODELLEŞDİRİLMƏSİ.....	23
ЖУЛДУЗБАЕВ ИСМАИЛ ХУСАИНОВИЧ, АБЖАПБАРОВА АЙНУР ЖАДИГЕРОВНА ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ НАЗЕМНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ПАССАЖИРОВ В АЭРОПОРТУ Г.АЛМАТЫ.....	27
ЖАНДЫРОВА АНАР СЕРИКХАНОВНА, АБИЛЬДИНА АЙГУЛЬ АМАНЖОЛОВНА, СИСЕМБАЕВА АКМОЛДИР НУРЛАНКЫЗЫ [АСТАНА, КАЗАХСТАН] РАЗВИТИЕ ТЕХНОЛОГИЙ 5G И ИХ ВЛИЯНИЕ НА СЕТИ.....	32
ШАУТОВА ДАЙАНА МАРАТҚЫЗЫ, ТОҚСЕИТ ДИНАРА ҚУАНДЫҚҚЫЗЫ [АСТАНА, ҚАЗАҚСТАН] ҚАУІПСІЗДІК ИНЦИДЕНТТЕРІН ТЕРГЕУ КЕЗІНДЕ WINDOWS ЖҮЙЕЛІК АРТЕФАКТТАРЫН ПАЙДАЛАҢУ.....	36
СЕЙІЛ Н., АХМЕТОВА С. Т., ЕГЕНОВА А. М. [ҚАЗАҚСТАН] ӘР ТҮРЛІ САНДЫҚ ӘДІСТЕРДІҢ НӘТИЖЕЛЕРІН САЛЫСТЫРМАЛЫ ТАЛДАУ ЖӘНЕ ВИЗУАЛИЗАЦИЯЛАУ ҮШІН РҮСНАРМ ПЛАТФОРМАСЫНДА ҚОСЫМША ӘЗІРЛЕУ.....	42
МУСАЕВ Г., АХМЕТОВА С. Т., ЕГЕНОВА А. [ҚАЗАҚСТАН] ИНЖЕНЕРЛІК ҚЫЗМЕТТЕР САЛАСЫНДАҒЫ ЖАСАНДЫ ИНТЕЛЛЕКТ АЛГОРИТМДЕРІН ҚОЛДАНА ОТЫРЫП STREAMLIT ПЛАТФОРМАСЫНДА ҚОСЫМШАНЫ ӘЗІРЛЕУ.....	46
ЕРЛАНОВ ЕРНАЗ ЕРЛАНВИЧ, ШИНГУЖИЕВА А.Б. [ОРАЛ, ҚАЗАҚСТАН] “ҚАЗІРГІ ЗАМАҢҒЫ ҚҰРЫЛЫСТАҒЫ ВІМ-ТЕХНОЛОГИЯЛАР: ТЕМІР КОНСТРУКЦИЯЛАРЫН ЖОБАЛАУДЫҢ ИННОВАЦИЯЛЫҚ ӘДІСТЕРІ”.....	50
ОРЫНҒАЛИЕВ М.Е., ШИНГУЖИЕВА А.Б. [ОРАЛ, ҚАЗАҚСТАН] ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНДАҒЫ ВІМ-ТЕНОЛОГИЯСЫНЫҢ БОЛАШАҒЫ.....	53
AUESBEK SULTAN TEMIRBEKULY, LESBEK AINAZYM AIZHARYKKYZY [SHYMKENT, KAZAKHSTAN] FEATURES OF POLYMER IMPREGNATION IN CONCRETE.....	59

СҰЛТАНҒАЛИ НҰРИЗА ЕРЛАНҚЫЗЫ, ИСКАКОВА Г.К. [АЛМАТЫ, ҚАЗАҚСТАН] ҰННАН ЖАСАЛҒАН КОНДИТЕРЛІК ӨНІМДЕРДІ ӨНДІРУДЕ ПЕКТИНДІ ҚОЛДАНУДЫҢ БОЛАШАҒЫ.....62

SHAFIGULLIN TAMIRLAN YERDOSOVICH, TEMIRBEKOVA ZHANERKE ERLANOVNA [ALMATY, KAZAKHSTAN] ANALYSIS OF THE IMPACT OF RESOURCE CONSTRAINTS IN ORDER TO SELECT CRYPTOGRAPHIC ALGORITHMS FOR IOT DEVICES.....66

ENDLESS LIGHT IN SCIENCE



Контакт



irc-els@mail.ru

Наш сайт



irc-els.com