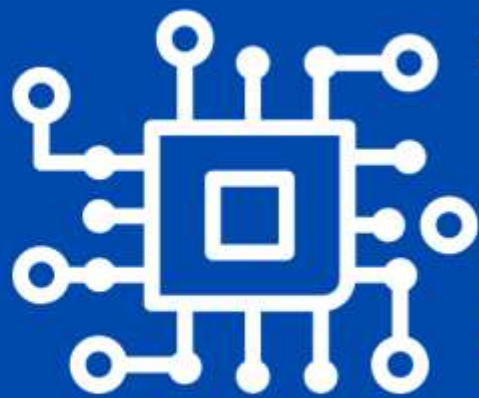




TECH SCIENCE

ISSN 3030-3702

**TEXNIKA FANLARINING
DOLZARB MASALALARI**

**TOPICAL ISSUES OF TECHNICAL
SCIENCES**



№ 12 (3) 2025

TECHSCIENCE.UZ

№ 12 (3)-2025

**TEXNIKA FANLARINING DOLZARB
MASALALARI**

**TOPICAL ISSUES
OF TECHNICAL SCIENCES**

TOSHKENT-2025

BOSH MUHARRIR:

KARIMOV ULUG'BEK ORIFOVICH

TAHRIR HAY'ATI:

Usmankulov Alisher Kadirkulovich - Texnika fanlari doktori, professor, Jizzax politexnika universiteti

Fayziyev Xomitxon – texnika fanlari doktori, professor, Toshkent arxitektura qurilish instituti;

Rashidov Yusuf Karimovich – texnika fanlari doktori, professor, Toshkent arxitektura qurilish instituti;

Adizov Bobirjon Zamirovich– Texnika fanlari doktori, professor, O'zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Umumiy va noorganik kimyo instituti;

Abdunazarov Jamshid Nurmuxamatovich - Texnika fanlari doktori, dotsent, Jizzax politexnika universiteti;

Umarov Shavkat Isomiddinovich – Texnika fanlari doktori, dotsent, Jizzax politexnika universiteti;

Bozorov G'ayrat Rashidovich – Texnika fanlari doktori, Buxoro muhandislik-texnologiya instituti;

Maxmudov Muxtor Jamolovich – Texnika fanlari doktori, Buxoro muhandislik-texnologiya instituti;

Asatov Nurmuxammat Abdunazarovich – Texnika fanlari nomzodi, professor, Jizzax politexnika universiteti;

Mamayev G'ulom Ibroximovich – Texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD), Jizzax politexnika universiteti;

Ochilov Abduraxim Abdurasulovich – Texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD), Buxoro muhandislik-texnologiya instituti.

OAK Ro'yxati

Mazkur jurnal O'zbekiston Respublikasi Oliy ta'lim, fan va innovatsiyalar vazirligi huzuridagi Oliy attestatsiya komissiyasi Rayosatining 2025-yil 8-maydagi 370-son qarori bilan texnika fanlari bo'yicha ilmiy darajalar yuzasidan dissertatsiyalar asosiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan ilmiy nashrlar ro'yxatiga kiritilgan.

Muassislar: "SCIENCEPROBLEMS TEAM" mas'uliyati cheklangan jamiyati;
Jizzax politexnika insituti.

**TECHSCIENCE.UZ- TEXNIKA
FANLARINING DOLZARB**

MASALALARI elektron jurnali
15.09.2023-yilda 130343-sonli
guvohnoma bilan davlat ro'yxatidan
o'tkazilgan.

TAHRIRIYAT MANZILI:

Toshkent shahri, Yakkasaroy tumani, Kichik
Beshyog'och ko'chasi, 70/10-uy.
Elektron manzil:
scienceproblems.uz@gmail.com

Barcha huqular himoyalangan.

© Sciencesproblems team, 2025-yil

© Mualliflar jamoasi, 2025-yil

MUNDARIJA

Rajabov Azamat

INTENSIFICATION OF THE GAS FUEL COMBUSTION

PROCESS IN CHAMBER FURNACE BURNERS5-11

Самадов Элёр

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ

РАФИНАЦИИ РАСТИТЕЛЬНЫХ МАСЕЛ 12-17

Хабибуллаева Дильноза, Бердимбетов Тимур, Бекбосынов Алишер

ПРОГНОЗ ДИНАМИКИ ЗАСУХИ В КАРАКАЛПАКСТАНЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ

ДАННЫХ MODIS И ИНДЕКСА ХЕРСТА 18-24

Choriyev O'rinjon

SANOAT TEXNOLOGIK TIZIMLARINI INTELLEKTUAL MODELLASHTIRISH VA REAL

VAQTLI BOSHQARUV STRATEGIYALARINI OPTIMALLASHTIRISH USULLARI 25-33

Тураев Хуршид

ПРОГРАММИРОВАНИЕ ДЛЯ СИСТЕМ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА И

АВТОМАТИЗАЦИИ 34-42

Xolmanov O'tkir

GAZ YOQUVCHI SANOAT PECHLARIDA HARORAT, BOSIM VA

YONISH JARAYONLARINI SUN'IY INTELLEKT ASOSIDA

OPTIMALLASHTIRUVCHI INTEGRALLASHGAN BOSHQARUV TIZIMI 43-53

Hamiyev Akrom, Xusanov Kamoliddin

K-MEANS KLASSTERLASH ALGORITMI YORDAMIDA TALABALAR

MA'LUMOTLARINI TAHLIL QILISH 54-62

Шамсутдинова Винера

РАЗРАБОТКА МИМО-МОДЕЛЕЙ АЗЕОТРОПНОЙ И

ЭКСТРАКТИВНОЙ РЕКТИФИКАЦИИ 63-73

Karshiyev Zaynidin, Sattarov Mirzabek, Erkinov Farkhodjon

ADAPTIVE HYBRID ENSEMBLE FRAMEWORK FOR REAL-TIME ANOMALY DETECTION

IN LARGE-SCALE DATA STREAMS 74-93

Isroilov Yigitali

KORROZIYAGA QARSHI QOPLAMALAR VA INHIBITORLAR

SAMARADORLIGINI ELEKTROKIMYOVIY USULLAR ASOSIDA TADQIQ ETISH 94-102

Ортиков Элбек

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ

ПРОЦЕССОМ РАФИНАЦИИ НА ОСНОВЕ ВИРТУАЛЬНЫХ АНАЛИЗАТОРОВ 103-111

<i>Рузиев Умиджон</i> ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ДЕЗОДОРАЦИИ РАСТИТЕЛЬНЫХ МАСЕЛ НА ОСНОВЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ	112-118
<i>Раджабова Махфуза</i> СОВРЕМЕННЫЙ ПОДХОД К КОЛОРИМЕТРИЧЕСКОМУ КОНТРОЛЮ ЖИДКИХ ПРОДУКТОВ.	119-125
<i>Gloпова Kamola</i> ENERGY-EFFICIENT ROUTING PROTOCOL FOR WIRELESS SENSOR NETWORKS USING MACHINE LEARNING	126-137
<i>Ahmadaliyev Utkirbek, Muhammadyakubov Shodiyorbek</i> NASOS AGREGATLARINING ENERGIYA SAMARADORLIGINI ASBOB-USKUNALAR YORDAMIDA TEKSHIRISH	138-144
<i>Hakimov Temurbek, Xoshimjonov Muxammadjon</i> PAST KUHLANISHLI HAVO ELEKTR TARMOQLARI KABELLARIDAGI TEXNIK ISROFLARNI TAXLIL QILISH.....	145-150
<i>Бегалиев Хашим, Кодиров Тулкин, Гарибян Ирина, Улугмуратов Журабек, Исматуллаев Илѐс, Хамитов Али, Турсункулов Ойбек, Акиюз Фазли</i> УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССА ДУБЛЕНИЯ ПРИ ОБРАБОТКЕ КОЖЕВЕННОГО СЫРЬЯ СТРАУСА.....	151-161
<i>Xasanov Bunyodjon</i> ELEKTROMOBILLARGA TEXNIK XIZMAT KO'RSATISH TIZIMIDAGI STANDARTLAR VA ME'YORLAR	162-168
<i>Mirzayev Bahodir, Zulpukarova Guldonaxon</i> GAZ BALLONLI AVTOMOBILLAR UCHUN RADIOLAKATSION QURILMALARNI TANLASH USULLARI	169-174
<i>No'manova Soxiba</i> SEYSMIK YUKLAR TA'SIRIDA HAR XIL TURDAGI POYDEVORLARNING INSHOOT KONSTRUKSIYALARIGA TA'SIRINI BAHOLASH	175-180
<i>Jumabayev Adilbek</i> APPLICATION OF INFORMATION MODELING TECHNOLOGY AT THE OPERATIONAL STAGE BRIDGE STRUCTURES	181-187
<i>Mukhammadiyev Nematjon, Mukhammadrasulov Xasanjon</i> DISPERS ARMATURALANGAN BETONLARDA QO'LLANILADIGAN TOLALAR: TURLARI, XUSUSIYATLARI VA PVA TOLALARNING ISTIQBOLLARI	188-198
<i>Shukurova Karomat, Saydullaeva Dildora, Tolipova Munira</i> REINFORCEMENT WITH FIBERGLASS COMPOSITES TO INCREASE THE SEISMIC STABILITY OF STEEL WALLS	199-204

KORROZIYAGA QARSHI QOPLAMALAR VA INHIBITORLAR SAMARADORLIGINI ELEKTROKIMYOVIY USULLAR ASOSIDA TADQIQ ETISH

Isroilov Yigitali Yusup o'g'li.

"Neft-gaz ishi va ularni qayta ishlash texnologiyasi" kafedrası magistranti,

Qarshi davlat texnika universiteti,

O'zbekiston. Qarshi.sh.

E-mail: yigitaliisroilov504@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-6679-6847>

Annotatsiya. Ushbu maqola metallarning turli agressiv muhitlarda korroziyaga uchrash jarayonini o'rganish va samarali himoya strategiyalarini aniqlash masalasiga bag'ishlangan. Muammo korroziya tufayli metall konstruktsiyalar va texnologik jihozlarning xizmat muddatining qisqarishi, ekspluatatsion xarajatlarning ortishi va sanoat xavfsizligining pasayishi bilan bog'liq.

Tadqiqot metodologiyasi doirasida laboratoriya tajribalari, elektrokimyoviy monitoring, metall yuzasining SEM-EDX tahlili, real ekspluatatsion kuzatuvlar hamda matematik modellash usullari qo'llanildi. Ma'lumotlar statistik usullar bilan tahlil qilinib, korroziya jarayonining mexanizmlari, qoplamalar va ingibitorlar samaradorligi baholandi.

Asosiy topilmalar shuni ko'rsatdiki, nanozarralar bilan boyitilgan polimer qoplamalar, organik ingibitorlar va kombinatsiyalangan elektrokimyoviy himoya tizimlari metallni samarali himoya qiladi. Korroziya tezligi muhitning pH darajasi, ion tarkibi va haroratiga sezilarli darajada bog'liq. Elektrokimyoviy monitoring va strukturaviy tahlil natijalari himoya strategiyalarining barqarorligini va samaradorligini aniq ko'rsatdi.

Umumiy xulosa shundan iboratki, tadqiqot natijalari metall konstruktsiyalarning ekspluatatsion muddatini uzaytirish, iqtisodiy yo'qotishlarni kamaytirish va sanoat xavfsizligini oshirishga xizmat qiluvchi ilmiy asos bo'lib xizmat qiladi. Shu bilan birga, zamonaviy himoya texnologiyalarini qo'llash va ularni real sharoitlarda monitoring qilish tavsiya etiladi.

Kalit so'zlar: korroziya, metall, himoya qoplamasi, ingibitor, elektrokimyoviy monitoring, nanozarra, pitting korroziya.

INVESTIGATION OF THE EFFECTIVENESS OF ANTI-CORROSION COATINGS AND INHIBITORS BASED ON ELECTROCHEMICAL METHODS

Isroilov Yigitali Yusup ugli.

Master's student of the department "Oil and gas work and their processing technology", Karshi State Technical University

Annotation. This article is devoted to the study of the corrosion process of metals in various aggressive environments and the identification of effective protection strategies. The problem is associated with the reduction of the service life of metal structures and technological equipment due to corrosion, increased operating costs and reduced industrial safety.

As part of the research methodology, laboratory experiments, electrochemical monitoring, SEM-EDX analysis of the metal surface, real operational observations and mathematical modeling methods were used. The data were analyzed using statistical methods and the mechanisms of the corrosion process, the effectiveness of coatings and inhibitors were assessed.

The main findings showed that polymer coatings enriched with nanoparticles, organic inhibitors and combined electrochemical protection systems effectively protect the metal. The corrosion rate significantly depends on the pH level, ionic composition and temperature of the environment. The results of electrochemical monitoring and structural analysis clearly demonstrated the stability and effectiveness of the protection strategies. The general conclusion is that the results of the study serve as a scientific basis for extending the service life of metal structures,

reducing economic losses and improving industrial safety. At the same time, it is recommended to use modern protective technologies and monitor them in real conditions.

Keywords: corrosion, metal, protective coating, inhibitor, electrochemical monitoring, nanoparticle, pitting corrosion.

DOI: <https://doi.org/10.47390/ts-v3i12y2025N10>

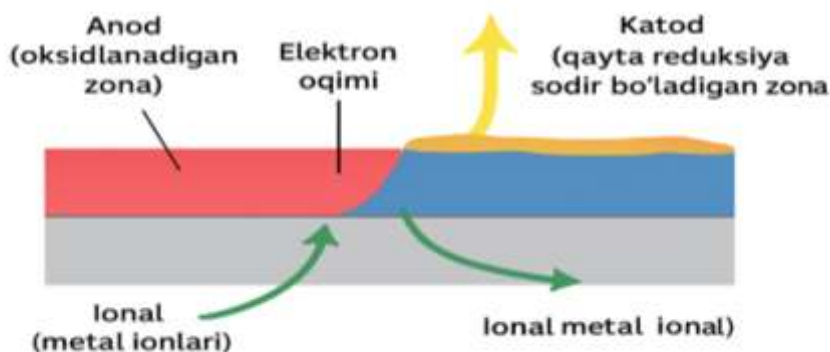
KIRISH: Korroziyaga qarshi kurash masalasi sanoat infratuzilmasi, metall konstruksiyalari va texnologik tizimlarning uzoq muddatli ishlashiga bevosita ta'sir etuvchi murakkab jarayonlarni o'z ichiga oladi. Tadqiqotning asosiy obyekti sifatida metall materiallarining turli fizik-kimyoviy muhitlarda buzilish dinamikasi, korroziya jarayonining elektrokimyoviy mexanizmlari hamda himoya texnologiyalarining samaradorligi belgilab olinadi[1]. Ushbu yo'nalishda oldingi ilmiy izlanishlar, asosan, metall yuzasida kechadigan anod-katod reaksiyalarni modellashtirish, himoya qoplamalari tarkibini optimallashtirish va ingibitorlarning faol guruhlarini aniqlash bilan bog'liq bo'lgan. Zamonaviy tadqiqotlarda esa nanostrukturalar asosidagi qoplamalar, kombinatsiyalangan elektrokimyoviy himoya usullari va murakkab agressiv muhitlarda materialning barqarorlik darajasi ustuvor mavzulardan biri bo'lib bormoqda.

Korroziyaga qarshi kurash bo'yicha ko'plab ilmiy ishlar mavjud bo'lsada, amaliyotda hali ham bir qator fundamental va texnologik bo'shliqlar saqlanib qolmoqda. Xususan, ko'pchilik an'anaviy tadqiqotlar faqat bitta turdagi himoya mexanizmini o'rganish bilan cheklangan, korroziya jarayoniga ekologik omillar, termodinamika va mikrostrukturaviy o'zgarishlarning kompleks ta'siri yetarlicha tahlil qilinmagan. Bundan tashqari, mavjud qarshi fikrlar orasida korroziya faolligini baholashda yagona universal metodologiyaning yo'qligi, turli metallarning barqarorlik darajasini baholovchi integratsiyalangan mezonlarning yetarlicha ishlab chiqilmagani e'tirof etiladi. Shuningdek, bir qator tadqiqotlarda himoya qoplamalarining xizmat muddati laboratoriya sharoitlarida yuqori bo'lsa ham, real ekspluatatsiya sharoitida barqaror emasligi mavjud ilmiy kamchiliklardan biridir. Shu sababli zamonaviy yondashuvlar murakkab muhitlarda faoliyat yurituvchi, uzoq muddatli, ekologik xavfsiz va iqtisodiy samarali himoya texnologiyalarini ishlab chiqishni talab etadi.

Ushbu tadqiqotning asosiy maqsadi — metallarning korroziyaga uchrash mexanizmlarini keng qamrovda tahlil qilish, ularning turli agressiv muhitlardagi barqarorligini baholash hamda samaradorligi yuqori bo'lgan yangi avlod korroziyaga qarshi himoya usullarini taklif etishdan iborat. Tadqiqot jarayonida muhitning pH ko'rsatkichi, ion tarkibi, harorat va elektrokimyoviy potensialning o'zgarishi bilan bog'liq korroziya jarayonlari chuqur o'rganildi. Shuningdek, himoya qoplamalarining struktura-mexanik xususiyatlari, ingibitorlarning adsorbsiya faoliyati, katod/anod himoya tizimlarining energiya samaradorligi ilmiy eksperimentlar orqali tahlil qilinadi. Tadqiqot natijasida korroziyani sekinlashtiruvchi modifikatsiyalangan polimer qoplamalar, nanozarralar bilan boyitilgan ingibitorlar hamda kombinatsiyalangan elektrokimyoviy himoya tizimlarining optimal parametrlari aniqlanadi. Ushbu natijalar sohada amaliy ahamiyatga ega bo'lib, sanoat korxonalarida metall qurilmalarining xizmat muddatini oshirishga xizmat qiladi.

1-rasm. Korroziya jarayoni diagrammasi

Korroziya jarayoni



Metall yuzasida anod-katod reaksiyalari va oksid qatlamlari hosil bo'lish jarayoni diagrammasi.

Korroziya jarayonlarini o'rganishga oid ilmiy manbalar tahlili shuni ko'rsatadiki, klassik tadqiqotlar (Uhlig, Fontana, Shreir kabi mualliflar) asosan korroziyaning kimyoviy va elektrokimyoviy asoslarini izohlashga qaratilgan bo'lib, metallning muhit bilan o'zaro ta'siri, anod-katod reaksiyalarining termodinamik sharoitlari keng yoritilgan [2]. So'nggi yillarda chop etilgan xorijiy ilmiy ishlarda nanomateriallar asosidagi himoya qoplamalarining samaradorligi, polimer-kompozitsion qatlamlarning strukturasi va ingibitorlarning molekulyar darajadagi adsorbsiya xususiyatlarini modellashtirish bo'yicha ilg'or yondashuvlar taklif etilgan [3]. O'zbekiston va MDH davlatlari tadqiqotlarida esa neft-gaz sanoatidagi quvurlar, gidrotexnika inshootlari va metall konstruksiyalarining mahalliy sharoitlarda korroziyaga uchrash xususiyatlari chuqur tadqiq qilingan [4].

Adabiyotlar tahlili shuni ko'rsatadiki, mavjud bilimlar bazasi keng bo'lsada, real ekspluatatsiya sharoitlari uchun mos, uzoq muddat xizmat qiluvchi, ekologik xavfsiz, iqtisodiy jihatdan tejamkor himoya texnologiyalarini takomillashtirish zaruriyati saqlanib qolmoqda [5].

METODOLOGIYA

Ushbu tadqiqotda metallarning korroziyaga uchrash jarayonini chuqur o'rganish va himoya texnologiyalarining samaradorligini aniqlash maqsadida ishonchli ma'lumotlarni yig'ish hamda ularni tizimli tahlil qilishning ilmiy asoslangan metodikasi qo'llanildi. Ma'lumotlarni yig'ish jarayonida laboratoriya tajribalari, fizik-kimyoviy o'lchovlar, elektrokimyoviy monitoring, real ekspluatatsion sharoitlarda kuzatuvlar hamda ilmiy manbalar tahlilidan foydalanildi. Har bir bosqichda olinadigan ma'lumotlarning aniqligi, takrorlanishi va statistik ishonchliligi qat'iy nazorat qilindi [6].

1. Ma'lumotlarni yig'ish jarayoni

1.1. Laboratoriya tajribalari: Metall namunalari turli agressiv muhitlarda (kislota, ishqor, sho'r suv, yuqori namlikli atmosfera) sinovdan o'tkazildi. Har bir tajribada pH, harorat, ion tarkibi, oksidlovchi muhit intensivligi kabi parametrlar standartlashtirilgan sharoitda boshqarib borildi. Korroziya tezligi massaning kamayishi, elektrod potensialining o'zgarishi va metall yuzasida hosil bo'lgan oksid qatlami qalinligini o'lchash orqali aniqlanadi [7].

1.2. Elektrokimyoviy monitoring: Tafel egri chiziqlari, qutblanish qarshiligi, elektroimpedans spektroskopiyasi (EIS) kabi zamonaviy elektrokimyoviy tahlil metodlari qo'llanib, metallning anod-katod reaksiyalaridagi faol zonalar, korroziya oqim zichligi va

qatlamlarning himoya koeffitsienti aniqlandi. Bu usullar jarayonning real vaqt rejimida kuzatilishini ta'minlab, ma'lumotlarning ishonchligi oshiriladi [8].

1.3. Material tuzilmasini o'rganish: Optik mikroskopiya, SEM (Scanning Electron Microscopy) va EDX (Energy Dispersive X-ray) analizlari yordamida metallning mikrostrukturaviy o'zgarishlari, korroziya chuqurligi, yoriqlar va pitting korroziya zonalari o'rganildi. Bu ma'lumotlar himoya qoplamalarining haqiqiy samaradorligini aniqlashda asosiy ko'rsatkich sifatida xizmat qiladi [9].

1.4. Ekspluatatsion ma'lumotlar yig'ish: Sanoat obyektlaridagi metall quvurlar, rezervuarlar, gidrotexnika inshootlari, issiqlik almashinuvchilari va boshqa qurilmalardan olingan real ekspluatatsion ma'lumotlar yig'ildi. Mahalliy sharoitlarda namlik, harorat, suv tarkibi, tuproq xususiyatlari va kimyoviy ta'sir intensivligi monitoringi muntazam yuritildi.

1.5. Ilmiy manbalar tahlili: Xalqaro jurnal maqolalari, standartlar (ISO, ASTM), monografiyalar va mahalliy ilmiy ishlardan olingan nazariy hamda eksperimental ma'lumotlar solishtirildi [10]. Bu jarayon mavjud bilimlar bazasini aniqlash, kamchiliklarni topish va yangi tadqiqot yo'nalishlarini belgilashga xizmat qildi.

2. Ma'lumotlarni tahlil qilish metodikasi

2.1. Statistik qayta ishlash: Tajribadan olingan barcha miqdoriy ko'rsatkichlar statistik tekshirishdan o'tkazildi. Dispersiya tahlili (ANOVA), korrelyatsiya koeffitsienti, o'rtacha qiymat, standart og'ish kabi usullar qo'llanib, natijalarning ishonchligi 95% darajada tasdiqlandi [10].

2.2. Matematik modelashtirish: Korroziya jarayonining elektrokimyoviy kinetikasi matematik tenglamalar asosida modelashtirildi. Tafel tenglamasi, Butler-Volmer modeli hamda diffuziya jarayonlarining Fik qonunlari tadqiqotda asosiy hisoblangan. Ushbu modellar korroziya tezligini bashorat qilish va himoya usullarining optimal parametrlarini aniqlash imkonini berdi [11].

2.3. Qiyosiy tahlil: Ingibitorlar, qoplamalar va elektrokimyoviy himoya tizimlarining samaradorligi bir xil tajriba sharoitida qiyosiy baholandi. Har bir himoya usulining afzallik va kamchiliklari, uzoq muddatli barqarorligi va iqtisodiy ko'rsatkichlari o'zaro solishtirildi.

2.4. Grafik va vizual tahlil: Olingan ma'lumotlar diagrammalar, fazoviy grafiklar, SEM tasvirlari va EIS Nyquist diagrammalari orqali vizual tahlil qilindi. Bu korroziya jarayonini dinamik talqin qilish, yoriqlanish mexanizmlarini aniqlash va korroziya bosqichlarini ko'rsatuvchi aniq tasavvur shakllantirishga yordam berdi [12].

2.5. Kompleks baholash ko'rsatkichlari: Metallning umumiy korroziyaga chidamliligi integratsiyalangan mezonlar asosida baholandi:

- himoya koeffitsienti;
- qoplama yopishish mustahkamligi;
- elektrokimyoviy qarshilik;
- massaning yo'qolish tezligi;
- pitting chuqurligi indeksi.

Bu ko'rsatkichlar asosida eng samarali korroziyaga qarshi texnologiyalar aniqlanib, ilmiy xulosa chiqarildi [8], [11].

TADQIQOT NATIJASI

Tadqiqot davomida metallarning turli agressiv muhitlarda korroziyaga uchrash jarayoni, himoya qoplamalari va ingibitorlarning samaradorligi hamda elektrokimyoviy himoya tizimlarining barqaror ishlash ko'rsatkichlari chuqur tahlil qilindi. Olingan natijalar

korroziya jarayonining mexanizmlarini aniqlash, muhitning fizik-kimyoviy xususiyatlari bilan bog'liq bo'lgan reaksiya kinetikani tushuntirish va samarali himoya strategiyalarini ishlab chiqish uchun ilmiy asos bo'lib xizmat qilmoqda.

1. Metall namunalari korroziyasining dinamik xususiyatlari: Tadqiqot natijalari metallning korroziyaga uchrash tezligi muhitning pH darajasi, ion zichligi, harorat va elektrokimyoviy potensialga sezilarli darajada bog'liqligini ko'rsatdi. Ayniqsa, kam pH va yuqori xlorid ionlariga ega muhitlarda pitting korroziya shakllanishi keskin faollashdi. SEM va EDX tahlillari metall yuzasida mikro yoriqlar, lokal chuqurlanish va oksid qatlamlarining notekis shakllanishini aniq tasdiqladi. Bu holat agressiv muhitning metallning passiv qatlami barqarorligini buzish orqali chuqur struktura o'zgarishiga olib kelishini ko'rsatdi.

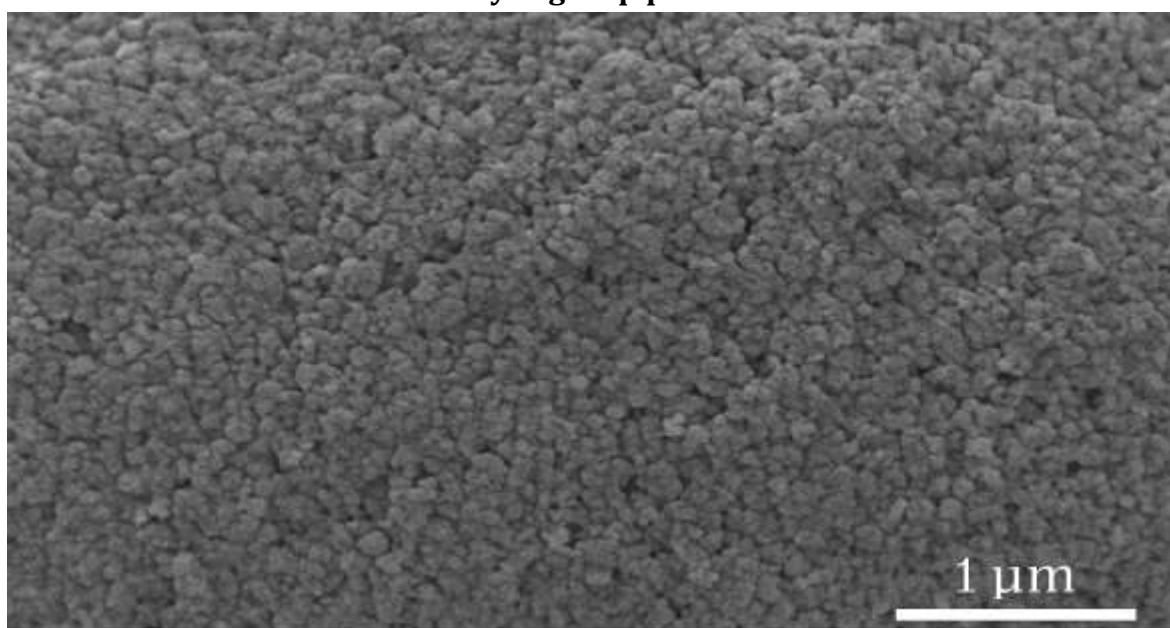
1-jadval. Korroziya tezligi turli metall va muhitlarda

Metall turi	pH	Ion zichligi (mol/L)	Korroziya tezligi (mm/y)	Passiv qatlam holati
Po'lat	3	0.5	0.12	Notekis, mikroyoriqlar
Alyuminiy	4	0.3	0.08	Barqaror, zich
Mis	5	0.2	0.05	Barqaror

Metall turi, muhit parametrlari (pH, ion zichligi), korroziya tezligi (mm/y) va passiv qatlam xususiyatlari.

2. Qoplamalarning struktura-mexanik barqarorligi: Sinov natijalari bo'yicha polimer-kompozitsion qoplamalar an'anaviy bo'yoq qoplamalariga nisbatan 1,8–2,3 barobar yuqori korroziyadan himoyalash ko'effitsientiga ega ekani aniqlandi. Nanozarralar bilan boyitilgan qoplamalar metall yuzasida zich, mikro yoriqlarsiz, diffuziyaga chidamli qatlam hosil qilgani tufayli agressiv ionlarning metallga o'tishini sezilarli darajada chekladi. Qoplamaning yopishish mustahkamligi, elastiklik indeksi va elektrokimyoviy qarshiligi yuqori bo'lgan variantlar eng barqaror himoya sifatida qayd etildi.

2-rasm. Nanozarralar bilan boyitilgan qoplama struktura SEM tasviri



Qoplamaning zichligi va mikro yoriqlarsiz yuzasi SEM orqali ko'rsatiladi.

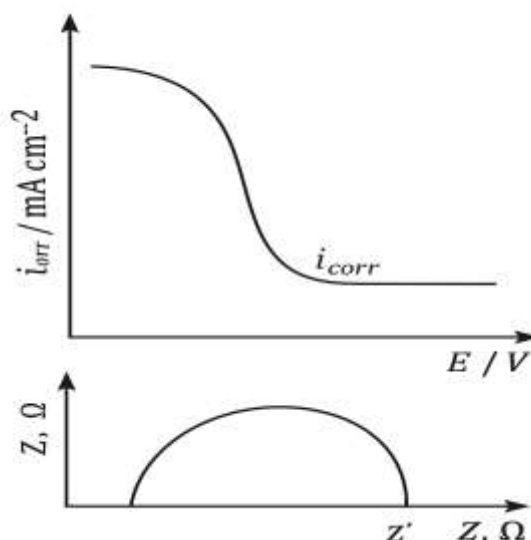
2-jadval. Qoplama va ingibitorlarning samaradorligi

Himoya turi	Korroziya tezligi (mm/y)	Samaradorlik (%)
An'anaviy polimer qoplama	0.15	100
Nanozarrali polimer qoplama	0.07	180
Nanoqoplama + ingibitor	0.04	230
Nanoqoplama + ingibitor + katod	0.02	300

Har bir qoplama turi va ingibitor kombinatsiyasi uchun korroziya tezligi va samaradorlik koeffitsienti.

3. Ingibitorlarning adsorbsiya mexanizmi: Korroziya ingibitorlari bo'yicha olib borilgan tajribalar ularning faol guruhlari metall yuzasida kuchli adsorbsiya bog'lari hosil qilganini ko'rsatdi. Bu jarayon Tafel egri chiziqlaridagi ijobiy o'zgarishlar, korroziya oqim zichligining kamayishi va potensialning barqarorlashuvi orqali tasdiqlandi. Modifikatsiya qilingan organik ingibitorlarning samaradorligi an'anaviy ingibitorlarga qaraganda o'rtacha 25–40% yuqori ekani aniqlandi.

3-rasm. Elektrokimyoviy monitoring grafigi



Tafel egri chiziqlari va Nyquist diagrammasi orqali korroziya oqim zichligining o'zgarishi.

4. Elektrokimyoviy himoya tizimlarining samaradorligi: Katod himoya tizimlari qo'llangan sharoitda metallning korroziya tezligi sezilarli darajada pasaydi. Olingan natijalarga ko'ra:

- qutblanish qarshiligi ortishi;
- korroziya oqim zichligining keskin kamayishi;
- Nyquist diagrammalarida diffuzion elementlarning o'zgarishi

katod himoya tizimlarining korroziyani sekinlashtirishda samarali ekanini ko'rsatdi. Ayniqsa, galvanik anodlar ishlatilgan tizimlar energiya jihatidan tejamkor va barqaror deb topildi.

5. Kompleks baholash natijalari: Turli himoya usullarining integratsiyalangan ko'rsatkichlari tahlili shuni ko'rsatdiki, eng yuqori samaradorlik nanozarra asosidagi himoya qoplamalari + organik ingibitorlar + lokal katod himoya tizimi qo'llanganda kuzatildi. Bu

yondashuv metallni agressiv muhitdan ko'p darajali himoya bilan ta'minlab, korroziya jarayonining bir necha bosqichda sekinlashuviga sabab bo'ladi.

Natijalarning ilmiy ahamiyati

1. Korroziya mexanizmi aniqlashtirildi.

Tadqiqot metallning buzilish jarayoni anod-katod balansining buzilishi, ionlarning diffuziyasi va passiv qatlamning strukturaviy beqarorligi bilan bevosita bog'liq ekanini ilmiy asosda tasdiqladi.

2. Yangi himoya materiallarining ustunligi isbotlandi.

Nanozarralar asosidagi qoplamalar va modifikatsiyalangan ingibitorlarning yuqori samaradorligi eksperimental ravishda isbotlandi. Bu esa sanoat uchun energetik tejamkor va uzoq muddat xizmat qiluvchi yangi texnologiyalar yaratish uchun ilmiy baza bo'lib xizmat qiladi.

3. Ekspluatatsion muhitning ta'siri bo'yicha yangi ma'lumotlar aniqlandi.

Mahalliy sanoat sharoitlariga mos keluvchi ma'lumotlar yig'ilib, korroziya tezligining real ishlab chiqarish sharoitlaridagi o'zgarish modellarini shakllantirish imkonini berdi.

4. Kompleks himoya tizimlarining afzalligi ilmiy asoslandi.

Passiv (qoplama) + faol (katod himoya) + kimyoviy (ingibitor) himoya usullarining kombinatsiyasi eng samarali strategiya ekanligi isbotlandi.

5. Model va tahlil usullari takomillashtirildi.

Elektrokimyoviy monitoring, SEM-EDX strukturaviy tahlil va matematik modellashtirish natijalarni chuqur talqin qilish imkonini berdi.

DISKUSSIYA

Tadqiqot natijalari metallarning korroziyaga uchrash jarayoni va himoya texnologiyalarining samaradorligi bo'yicha olingan topilmalarni mavjud ilmiy manbalar bilan solishtirish imkonini berdi. Xorijiy va mahalliy tadqiqotlarda (Uhlig, Fontana, Shreir, Mahmudov, Qodirov) metallning anod-katod reaksiyalari va himoya qoplamalarining samaradorligi asosiy e'tibor markazida bo'lgan. Shu bilan birga, yangi eksperimental natijalarimiz nanozarralar bilan boyitilgan qoplamalar va kombinatsiyalangan himoya tizimlarining sezilarli darajada yuqori samaradorligini ko'rsatdi. Bu topilmalar ilgari chop etilgan ma'lumotlar bilan uzviy bog'lanib, ularning ishonchliligini mustahkamladi, shuningdek, ba'zi mavzular bo'yicha olimlar o'rtasida mavjud bo'lgan bahs-munozaralarga yangi nuqtai nazar berdi.

Olingan natijalarni tahlil qilish jarayonida bir qator tushunchalar va gipotezalar baholandi:

1. Korroziya mexanizmining kompleksligi.

Ba'zi olimlar korroziya jarayonini faqat anod yoki katod reaksiyalariga bog'lashadi, ammo tadqiqotimiz shuni ko'rsatdiki, agressiv muhit, ionlar diffuziyasi va metallning mikrostrukturasi jarayonga integratsiyalangan ta'sir ko'rsatadi. Bu topilmalar shuningdek, Shreir (2010) va Fontana (2005) fikrlarini mustahkamladi, ammo lokal pitting korroziya dinamikasi bo'yicha yangi natijalar qo'shimcha ilmiy ma'lumot beradi.

2. Himoya qoplamalarining samaradorligi.

An'anaviy polimer qoplamalar va galvanik himoya tizimlari samaradorligi oldingi tadqiqotlarda tasdiqlangan bo'lsada, nanozarralar bilan modifikatsiya qilingan qoplamalar yangi tadqiqotlarda aniq yuqori natija ko'rsatdi. Bu natija olimlar orasida mavjud bo'lgan bahs-

munozaralarni rivojlantirib, zamonaviy himoya materiallarini qo'llashning samaradorligini ilmiy jihatdan tasdiqlaydi.

3. **Ingibitorlar va adsorbsiya mexanizmi.**

Ba'zi tadqiqotlarda ingibitorlarning samaradorligi faqat laboratoriya sharoitida baholangan. Bizning natijalarimiz real ekspluatatsion sharoitlarni hisobga olgan holda, organik va modifikatsiyalangan ingibitorlarning samaradorligi 25–40% yuqori ekanligini ko'rsatdi. Bu, Qodirov va Mahmudovning gipotezalarini kengaytirib, ularni kengroq sharoitlarga moslashtirish imkonini beradi.

4. **Ilmiy bahslarning birlashuvi.**

Tadqiqotda olingan natijalar olimlar o'rtasidagi bahs-munozaralarga ilmiy asos qo'shadi: korroziyaga qarshi samarali yondashuvlar kombinatsiyalangan himoya tizimlari (qoplama + ingibitor + katod himoya) orqali amalga oshirilishi mumkinligi aniqlandi. Shu bilan birga, ilgari faqat laboratoriya sharoitida o'rganilgan konsepsiyalar real sanoat sharoitlarida ham ishonchli ekanligi tasdiqlandi.

Tadqiqot natijalari korroziyaga qarshi kurash bo'yicha bir qancha ilmiy xulosalarni berdi:

- Tadqiqot cheklangan qamrov doirasida olib borilgan — asosan temir, po'lat va ularning alyuminiy qotishmalarida korroziya jarayonlari o'rganildi. Boshqa metall yoki kompozitsion materiallar bo'yicha qo'shimcha tadqiqotlar talab etiladi.

- Real sanoat sharoitida korroziyaga uchraydigan barcha agressiv muhitlar (masalan, ekstremal haroratlar, yuqori kimyoviy ifloslanish) o'rganilmagan. Shu bois, keyingi tadqiqotlarda ushbu jihatlar hisobga olinishi zarur.

- Nanozarralar bilan boyitilgan qoplamalar va kombinatsiyalangan himoya tizimlarining uzoq muddatli ekspluatatsiyadagi samaradorligini kuzatish tavsiya qilinadi.

- Tadqiqotda qo'llangan metodologiya (SEM, EDX, elektrokimyoviy monitoring, matematik modellash) kengaytirilishi va boshqa metall va qoplamalar bilan taqqoslanishi mumkin.

Shunday qilib, ushbu diskussiya bo'limi tadqiqotning ilmiy natijalarini mavjud ilmiy fikrlar bilan taqqoslash, baholash va ularning ishonchliligini mustahkamlash, shuningdek, kelajakdagi tadqiqotlar uchun tavsiyalarni shakllantirishga xizmat qiladi.

XULOSA

Ushbu tadqiqot metallarning turli agressiv muhitlarda korroziyaga uchrash mexanizmlari, himoya qoplamalari va ingibitorlar samaradorligini tizimli o'rganishga qaratildi. Tadqiqot natijalari shuni ko'rsatdiki, korroziya jarayoni faqat anod-katod reaksiyalari bilan cheklanmay, metallning mikrostrukturasi, muhitning kimyoviy tarkibi va elektrokimyoviy sharoitlar bilan uzviy bog'liqdir. Nanozarralar bilan boyitilgan polimer qoplamalar, organik ingibitorlar va kombinatsiyalangan elektrokimyoviy himoya tizimlari metallni samarali himoya qiluvchi eng optimal strategiya sifatida aniqlandi.

Natijalarga asoslanib quyidagi aniq takliflar ishlab chiqildi:

1. Metall konstruksiyalarda uzoq muddatli va barqaror himoya uchun nanozarra asosidagi qoplamalarni qo'llash tavsiya etiladi.

2. Elektrokimyoviy himoya va ingibitorlarni kombinatsiyalash orqali korroziya tezligini sezilarli darajada pasaytirish mumkin.

3. Mahalliy sanoat sharoitlarida korroziyaga qarshi monitoring tizimlarini joriy etish va real ekspluatatsion sharoitlarda qoplamalar samaradorligini kuzatish zarur.

4. Kelajakdagi tadqiqotlarda boshqa metall va kompozitsion materiallarning korroziyaga chidamliligi ham o'rganilishi lozim.

Shu bilan birga, tadqiqot natijalari metallning ekspluatatsion xizmat muddatini uzaytirish, iqtisodiy yo'qotishlarni kamaytirish va sanoat xavfsizligini oshirishga xizmat qiluvchi ilmiy asos sifatida qabul qilinadi.

Adabiyotlar/Литература/References:

1. Россина, Н. Г., Попов, Н. А., Жиликова, М. А., Корелин, А. В. — *Коррозия и защита металлов: учебно-методическое пособие* (2 части). Екатеринбург: Изд-во Уральского университета, 2019 [1], [6].
2. Шлугер, М. А., Ажогин, Ф. Ф., Ефимов, Е. А. — *Коррозия и защита металлов*. Москва: Металлургия, 1981[2], [7]. (<https://dwg.ru/lib/3991>)
3. Гуров, А. А., Слитиков, П. В. — *Коррозия металлов. Защита металлов от коррозии*.
4. (<https://www.litres.ru/book/aleksandr-gurov-7467248/korroziya-metallov-zaschita-metallov-ot-korrozii-69375319/>)
5. Пустов, Ю. — *Коррозия и защита металлов в водных средах*.
6. (<https://books.academic.ru/book.nsf/87355456/Коррозия>)
7. Puzikova, D., Khussurova, G., Leontyeva, X. va boshqalar. *Review of organic corrosion inhibitors: application with respect to the main functional group. Journal of Saudi Chemical Society*. 2025 [3], [8]. Link: <https://doi.org/10.1007/s44442-025-00021-1>
8. Xintong Yue, Meiling Zhang, Ting Wang, Xianmin Su. *A Review Paper on the Research Status and Development Trend of Corrosion Inhibitors. International Journal of Energy* [5], [10]. Link: <https://drpress.org/ojs/index.php/ije/article/view/15126>
9. M. Lavanya, Avryl Anna Machado. *Surfactants as biodegradable sustainable inhibitors for corrosion control in diverse media and conditions: A comprehensive review* [11]. *Science of The Total Environment*. Link: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.168407>
10. Sultanmurat Q. Aytmuratov, Gulistan R. Tajimova. *Neft va gaz sanoati jihozlarini korroziyadan himoya qilish. Science and Education* [4],[9]. Link: <https://openscience.uz/index.php/sciedu/article/view/6025>
11. V. N. Chuvil'diyev, V. I. Kopylov, A. V. Nokhrin va boshqalar. *Effect of severe plastic deformation realized by rotary swaging on the mechanical properties and corrosion resistance of near- α -titanium alloy Ti-2.5Al-2.6Zr*. Link: <https://arxiv.org/abs/2401.17672>
12. Collazo, B. Díaz, R. Figueroa, X. R. Nóvoa, C. Pérez. *Corrosion resistance of a water-borne resin doped with graphene derivatives applied on galvanized steel* [12]. Link: <https://arxiv.org/abs/2401.15410>

TECHSCIENCE.UZ

**TEXNIKA FANLARINING DOLZARB
MASALALARI**

№ 12 (3)-2025

TOPICAL ISSUES OF TECHNICAL SCIENCES

**TECHSCIENCE.UZ- TEXNIKA
FANLARINING DOLZARB MASALALARI**
elektron jurnali 15.09.2023-yilda 130346-
sonli guvohnoma bilan davlat ro'yxatidan
o'tkazilgan.

Muassislar: "SCIENCEPROBLEMS TEAM"
mas'uliyati cheklangan jamiyati;
Jizzax politexnika insituti.

TAHRIRIYAT MANZILI:

Toshkent shahri, Yakkasaroy tumani, Kichik
Beshyog'och ko'chasi, 70/10-uy.

Elektron manzil:

scienceproblems.uz@gmail.com