“MAHALLIY TEMIR OKSID PIGMENTLARIDAN FOYDALANIB PAST NARXLI BITUMLI ANTIKORROZIYA QOPLAMASI YARATISH”

Ne’matov X.I.
Qarshi davlat texnika universiteti, “Neft-gaz ishi va ularni qayta ishlash texnologiyasi” kafedrasi dotsenti
O‘zbekiston. Qarshi.sh.
Isroilov Y.Y.
Qarshi davlat texnika universiteti, “Neft-gaz ishi va ularni qayta ishlash texnologiyasi” kafedrasi magistranti,
O‘zbekiston. Qarshi.sh.
E-mail: yigitaliisroilov504@gmail.com
https://orcid.org/0009-0000-6679-6847

Annotatsiya: Ushbu tadqiqotda mahalliy temir oksid pigmentlaridan foydalanib past narxli bitumli antikorroziya qoplamasini yaratish imkoniyatlari o‘rganildi. Bitum asosli kompozitsiyaga qo‘shilgan pigmentlarning fizik-kimyoviy xususiyatlari, ularning qoplama strukturasini zichlashtirishdagi roli va korroziyaga qarshi samaradorligi tahlil qilindi. Laboratoriya sinovlari pigmentning 5–8 % oralig‘idagi optimal miqdori qoplamaning suv singdiruvchanligini kamaytirishi, mexanik mustahkamlikni oshirishi va metall sirtida barqaror himoya qatlamini shakllantirishini ko‘rsatdi. Mahalliy pigmentlarning yuqori mavjudligi va iqtisodiy samaradorligi bitumli qoplamalarning tannarxini kamaytirish bilan birga, ularning ekspluatatsion xususiyatlarini yaxshilash imkonini beradi. Tadqiqot natijalari mahalliy xom ashyo asosida samaradorligi yuqori, arzon va barqaror antikorroziya qoplamalarini ishlab chiqish uchun ilmiy-amaliy asos yaratadi.

Kalit so‘zlar: bitumli qoplama; temir oksid pigmenti; antikorroziya himoyasi; mahalliy xom ashyo; kompozitsion material; korroziya jarayoni; qoplama struktura zichligi; mexanik mustahkamlik; suv singdiruvchanlik; himoya plyonkasi; iqtisodiy samaradorlik; pigment dispersligi; metall himoyasi; modifikatsiya qilingan bitum; laboratoriya sinovi.

Abstract: This study investigates the feasibility of developing a low-cost bitumen-based anticorrosion coating using locally sourced iron oxide pigments. The research analyzes the physicochemical behavior of pigments within the bitumen matrix, their influence on structural densification, and their contribution to corrosion resistance. Laboratory experiments demonstrated that the optimal pigment content of 5–8% significantly reduces water absorption, enhances mechanical strength, and forms a stable protective layer on metal substrates. The findings reveal that locally available iron oxide pigments can serve as an effective and economical alternative to imported additives, reducing production costs while maintaining high protective performance. This study provides a scientific and

ISSN 3030-3907

practical basis for the development of efficient, durable, and cost-effective anticorrosion coatings derived from local raw materials.

Keywords: bitumen coating; iron oxide pigment; anticorrosion protection; local raw materials; composite material; corrosion resistance; structural densification; mechanical strength; water absorption; protective film; economic efficiency; pigment dispersion; metal protection.

Аннотация: В данном исследовании рассмотрены возможности создания недорогого битумного антикоррозионного покрытия с использованием местных пигментов оксида железа. Проанализированы физико-химические свойства пигментов в битумной матрице, их влияние на уплотнение структуры покрытия и повышение коррозионной стойкости. Лабораторные испытания показали, что оптимальное содержание пигмента (5–8%) снижает водопоглощение, увеличивает механическую прочность и способствует формированию устойчивой защитной пленки на металлической поверхности. Результаты исследования подтверждают, что местные пигменты оксида железа могут служить эффективной и экономичной альтернативой импортным добавкам, обеспечивая снижение себестоимости и высокие эксплуатационные характеристики покрытия. Работа формирует научно-практическую основу для разработки эффективных, долговечных и доступных антикоррозионных материалов на основе местного сырья.

Ключевые слова: битумное покрытие; пигмент оксида железа; антикоррозионная защита; местное сырьё; композиционный материал; коррозионная стойкость; уплотнение структуры; механическая прочность; водопоглощение; защитная плёнка; экономическая эффективность; дисперсность пигмента; защита металла.

Kirish:

Metall konstruksiyalar, transport vositalari, gidrotexnika inshootlari va kommunikatsiya tarmoqlarida korroziya jarayonining kuchayishi sanoatning ko‘plab tarmoqlarida iqtisodiy yo‘qotishlar keltirib chiqarmoqda. Ushbu jarayonni sekinlashtirish yoki to‘xtatish uchun turli xil organik va noorganik asosli qoplamalar qo‘llaniladi, ularning eng muhimlaridan biri bitum asosidagi himoya materiallaridir. Bitumli kompozitsiyalarning korroziyaga qarshi samaradorligini oshirishda to‘ldiruvchi va pigmentlarning roli muhim bo‘lib, jumladan, temir oksidlariga asoslangan mahalliy pigmentlar strukturani mustahkamlash, parda zichligini oshirish va suv-gaz o‘tkazuvchanligini kamaytirish xususiyatlari bilan ajralib turadi. Shu bois ushbu tadqiqotning ob’yekti sifatida **O‘zbekiston hududida mavjud temir oksid pigmentlari va ularning bitumli bog‘lovchilar bilan o‘zaro ta’siri** tanlandi.

Chet elda ishlab chiqarilgan sintetik pigmentlarga tayanish natijasida qoplama materiallarining tannarxi sezilarli darajada oshmoqda. Mahalliy temir oksid pigmentlari ko‘plab konlarda uchrasa-da, ularning bitum asosidagi antikorroziya qoplamalarida qo‘llanishi yetarli darajada o‘rganilmagan. Ayni

ISSN 3030-3907

paytda mavjud tadqiqotlarning aksariyati pigmentlarning rangi va dispersligi bilan bog‘liq xususiyatlarni yoritadi, biroq ularning **korroziya jarayoniga ta’sir mexanizmi**, **qoplama mikrostrukturasini zichlashtirishdagi roli**, **qoplama qatlamining suv ta’siriga chidamliligi** kabi masalalarda ilmiy bo‘shliqlar saqlanib qolmoqda. An’anaviy yondashuvlar ko‘pincha import xomashyosiga tayanishi yoki yuqori narxli kimyoviy qo‘shimchalar asosida ishlab chiqiladi, bu esa mahalliy sanoatning iqtisodiy imkoniyatlarini to‘liq namoyon eta olmayapti. Shuningdek, ba’zi ilmiy ishlarda kichik quvvatli laboratoriya tajribalari asosida umumiy xulosalar berilgan bo‘lib, ular real ekspluatatsiya sharoitlarida to‘liq tasdiqlanmagan.

Mazkur tadqiqotning asosiy maqsadi – **mahalliy temir oksid pigmentlaridan foydalangan holda arzon, ekologik barqaror va yuqori himoya xususiyatiga ega bitumli antikorroziya qoplamasi ishlab chiqish**dir. Ushbu yo‘nalishda pigmentlarning mineralogik tarkibi, dispersligi, biriktiruvchi bitum bilan kimyoviy va fizik-mexanik integratsiyasi, qoplamaning qattiqlashish kinetikasi, parda mustahkamligi hamda suv-gaz o‘tkazuvchanligi laboratoriya sharoitida o‘rganildi. Jarayon davomida bitum-pigment kompozitsiyalarining mustahkamlik ko‘rsatkichlari, qoplama qatlamining tuzilishi, korroziya induksiyasi tezligi va himoya samaradorligi turli sinov usullari orqali tahlil qilindi. Tadqiqot natijalari mahalliy pigment asosida tayyorlangan qoplamaning narx jihatdan arzon, moddiy-texnik jihatdan qulay va ekspluatasiya xususiyatlari bo‘yicha raqobatbardosh bo‘lishi mumkinligini ko‘rsatadi. Ishlab chiqilgan kompozitsiya metall yuzalarning xizmat muddatini uzaytirish, texnik xizmat ko‘rsatish xarajatlarini kamaytirish va mahalliy xomashyo bazasidan samarali foydalanish imkonini beradi.

Korroziyaga qarshi qoplamalar bo‘yicha ilmiy adabiyotlarda bitum asosidagi materiallarning fizik-kimyoviy barqarorligi, yopishish qobiliyati va namlikka chidamliligi qayd etiladi. Tadqiqotchilar bitumning modifikatsiyasi va pigment qo‘shimchalarining ularning tarkibiy barqarorligiga ta’sirini yoritgan bo‘lib, temir oksidlarining dispers massasi qoplama strukturasini mustahkamlashi, mikrobo‘shliqlarni minimallashtirishi va oksidlanish tezligini pasaytirishi qayd etiladi. Ayrim xorijiy tadqiqotlar temir oksid pigmentlarining qizil, jigarrang va qora rangli fraksiyalari bitum kompozitsiyalarida yuqori UV-barqarorlik va kimyoviy passivlik berishini ta’kidlaydi. Biroq bu ishlarda pigmentlarning mahalliy variantlari, ularning mineralogiyasi va bitum matritsasidagi xatti-harakatlari yetarli darajada ochib berilmagan.

Mahalliy adabiyotlarda esa, temir oksid konlarining geologik tuzilishi, rudadan pigment olish texnologiyasi va chiqindilar asosida arzon pigment sintezi muhim o‘rin tutgan. Shu bilan birga, metall konstruksiyalarni bitumli materiallar

ISSN 3030-3907

bilan himoyalash bo‘yicha olib borilgan tadqiqotlarda asosan neft bitumining markalari, qo‘shimchalarining modifikatsiya samarasiga e’tibor qaratilgan. Pigmentlarning korroziya jarayonini susaytirishdagi o‘rni esa cheklangan miqdorda yoritilgan. Shuningdek, mavjud ilmiy maqolalarda qoplama strukturasining mikromorfologiyasi, pigment zarralarining matritsaga taqsimlanishi, gidratatsiya jarayonlari va himoya qatlamining mexanik barqarorligi bo‘yicha tavsiflar yetarli emas.

Natijada, temir oksid pigmentlarining mahalliy xomashyo sifatidagi imkoniyatlarini to‘liq o‘rgangan kompleks tadqiqotlar yetishmayotganligi aniqlanadi. Shu bois ushbu mavzuda olib borilayotgan izlanishlar mahalliy pigmentlarning bitum asosidagi korroziyaga qarshi qoplamalarda samaradorligini ilmiy asoslash hamda amaliy jihatdan tatbiq etish uchun muhim ahamiyat kasb etadi.

Metodologiya: Ushbu tadqiqotda mahalliy temir oksid pigmentlarining bitum asosidagi antikorroziya qoplamalarida qo‘llanilish samaradorligini baholash uchun kompleks eksperimental yondashuv qo‘llanildi. Metodologiya bir necha bosqichlarda tashkil etilib, har bir bosqichda ishonchli ma’lumotlar yig‘ish, qayta ishlash va tahlil qilish usullari ilmiy mezonlar asosida amalga oshirildi.

1. Ma’lumotlarni yig‘ish jarayoni

1.1. Xomashyo namunalarini tanlash: Mahalliy temir oksid pigment namunalari O‘zbekiston hududidagi temir oksidga boy tabiiy konlardan olingan bo‘lib, ularning mineralogik tarkibi, rangi, dispersligi va morfologiyasi standart geologik namuna olish tartibiga asoslanib yig‘ildi. Bitum namunasi sifatida respublikada keng qo‘llaniladigan yo‘l bitumining BND markasi tanlandi.

1.2. Pigment va bitum xususiyatlarini aniqlash: Har bir pigment namunasi bo‘yicha quyidagi ko‘rsatkichlar laborator tarzda aniqlanib, bir xil takrorlashlar bilan ishonchlilik ta’minlandi:

- granulometrik tarkib (elektron elaklar orqali);
- kimyoviy tarkib (rentgen-fluoresans spektroskopiya – XRF);
- kristall tuzilma (rentgen difraksiyasi – XRD);
- zarralar morfologiyasi (optik va SEM mikroskopiya);
- tabiiy namlik, zichlik va quruqlik darajasi.

Bitumning fizik-ko‘rsatkichlari (yumshash harorati, penetratsiya, yopishqoqlik, qotish nuqtasi) GOST va ASTM standartlariga muvofiq o‘lchandi.

1.3. Kompozitsiyalar tayyorlash: Pigmentlar 2–10% oralig‘ida turli nisbatlarda bitumga qo‘shilib, homogen aralashtirish texnologiyasi orqali bir xil tarkibli kompozitsiyalar tayyorlandi. Har bir kompozitsiya bo‘yicha uch martadan takror namuna tayyorlanib, statistik ishonchlilik ta’minlandi.

ISSN 3030-3907

1-jadval.

Bitum-pigment kompozitsiyalarining tayyorlangan variantlari

№	Pigment miqdori (%)	Bitum turi	Aralashtirish harorati (°C)	Aralashtirish vaqti (min)
1	0 (nazorat)	BND 60/90	140–150	20
2	2	BND 60/90	140–150	20
3	4	BND 60/90	140–150	20
4	6	BND 60/90	140–150	20
5	8	BND 60/90	140–150	20
6	10	BND 60/90	140–150	20

2. Laboratoriya sinovlari va ma’lumot yig‘ish metodikasi

2.1. Qoplama strukturasini baholash: Kompozitsiyalardan tayyorlangan qoplama plyonkalari quyidagi usullar orqali o‘rganildi:

- Qoplama kesimining mikromorfologiyasi — SEM tasvirlari asosida;
- Pora va mikrobo‘shliqlar hajmi — ImageJ dasturi yordamida tasvir tahlili;
- Pigmentning matritsada taqsimlanish tekisligi — optik mikroskopiya.

Bu tahlillar pigmentning bitum tarkibida qanday struktura hosil qilishi va korroziya jarayoniga ta’sirini baholashga yordam beradi.

2.2. Fizik-mexanik xossalarni aniqlash: Quyidagi parametrlar o‘lchandi:

- yopishish kuchi (pull-off testi),
- mustahkamlik (tortish sinovi),
- elastiklik va qattiqlik (shore qattiqlik o‘lchovi),
- suv shimish darajasi (24 soatlik suvda ushlab),
- sirt pürüzlülüğü (profilometr orqali).

Har bir ko‘rsatkich o‘rtacha qiymat, minimal-maksimal chegara va og‘ish ko‘rsatkichlari bilan qayd etildi.

2.3. Korroziyaga qarshi xususiyatlarni sinash

Korroziya sinovlari uch xil sharoitda o‘tkazildi:

1. **Tuzli tuman kamerasi (salt-spray test, ASTM B117)**

– 96–240 soat davomida metall plastinkalardagi qoplama holati kuzatildi.

2. **Nam issiqlik kamerasi (ASTM D2247)**

– yuqori namlik va 40–45°C haroratda plyonka barqarorligi o‘lchandi.

3. **Elektrokimyoviy korroziya sinovi (EIS metodi)**

ISSN 3030-3907

– qoplama qarshiligi, zanjir ichidagi ion almashinuvi va elektrohimiyoviy barqarorlik aniqlanib, Nyquist diagrammalari tahlil qilindi.

3. Ma’lumotlarni tahlil qilish metodikasi

3.1. Statistik tahlil: Laboratoriya natijalari:

- o‘rtacha qiymat,
- dispersiya,
- standart og‘ish,
- nisbiy xatolik

asosida qayta ishlanib, har bir parametr bo‘yicha ishonchlilik darajasi aniqlanadi ($p<0.05$ mezon asosida).

3.2. Korelyatsion va regressiya tahlili: Pigment miqdori bilan qoplama xossalari (yopishish, suv shimish, mustahkamlik, korroziya tezligi) o‘rtasida bog‘liqlik regressiya modeli orqali baholandi. Natijada optimal pigment konsentratsiyasi ilmiy asosda tanlab olindi.

3.3. Mikromorfologik tahlil natijalarini integratsiya qilish: SEM, XRD, XRF va optik mikroskopiya natijalari qoplama mexanik va korroziyaga qarshi xossalari bilan o‘zaro taqqoslab, pigmentning struktura hosil qilishdagi asosiy funksional rollari aniqlab chiqildi.

3.4. Kompleks baholash mezonlari: Qoplama samaradorligi quyidagi integral ko‘rsatkichlar asosida baholandi:

- suv-gaz o‘tkazuvchanlik indeksi,
- korroziya tezligini sekinlashtirish koeffitsiyenti,
- parda mustahkamligi va adgeziya ko‘rsatkichi,
- texnik-iqtisodiy samaradorlik (pigmentning tannarxi + qo‘llash xarajatlari).

Tadqiqot natijalari: Mahalliy temir oksid pigmentlaridan foydalangan holda tayyorlangan bitum-kompozit qoplamalarning fizik-mexanik va korroziyaga qarshi xususiyatlarini baholash natijalari pigmentning miqdori oshishi bilan qoplama xossalarida muayyan ijobiy o‘zgarishlar kuzatilganini ko‘rsatdi. Olingan natijalar pigmentning dispersligi, zarralarning matritsada taqsimlanish darajasi hamda mikrostruktura zichligining shakllanishida muhim rol o‘ynashini tasdiqlaydi.

1. Qoplamaning fizik-mexanik ko‘rsatkichlari bo‘yicha natijalar:

Pigment qo‘shilgan kompozitsiyalarda yopishish kuchi va mustahkamlikning oshishi kuzatildi. Bu holat pigment zarralarining bitum matritsasida qo‘shimcha bog‘lovchi nuqtalar hosil qilishi, shuningdek mikrobo‘shliqlar sonining kamayishi bilan izohlanadi.

Quyidagi jadvalda turli pigment konsentratsiyalarida o‘lchangan asosiy fizik-mexanik ko‘rsatkichlar keltirilgan:

ISSN 3030-3907

2-jadval.

Pigment miqdoriga qarab qoplamaning fizik-mexanik ko‘rsatkichlari

Pigment (%)	Yopishish kuchi (MPa)	Suv shimish (%)	Mustahkamlik (MPa)
0	1.21	3.8	2.9
2	1.34	3.1	3.2
4	1.48	2.7	3.4
6	1.57	2.4	3.7
8	1.55	2.3	3.6
10	1.48	2.5	3.3

Natijalarni izohlash

- **6% pigment konsentratsiyasida optimal natija kuzatildi**, bunda yopishish kuchi eng yuqori, suv shimish esa eng past ko‘rsatkichga ega bo‘ldi.
- 8% pigment miqdorida natijalar barqaror saqlangan bo‘lsa-da, 10% qo‘shilganda kompozitsiyada pigmentning ortiqcha to‘planishi tufayli yopishish va mustahkamlik biroz pasaydi.
- Suv shimishning kamayishi qoplama mikrostrukturasining zichlashganini, pigment zarralari bitumdagi kapillyar bo‘shliqlarni to‘ldirayotganini tasdiqlaydi.

Bu natijalar mahalliy pigmentlar bitum qoplamalarining fiziko-mexanik barqarorligini oshirishda samarali modifikator ekanini ko‘rsatadi.

2. Korroziyaga qarshi xususiyatlar bo‘yicha natijalar

Salt-spray (tuzli tuman) sinovlari, nam issiqlik sinovlari va EIS elektrokimyoviy tahlillari bo‘yicha olingan natijalar pigment qo‘shilgan kompozitsiyalarning korroziya jarayonini sezilarli sekinlashtirishini ko‘rsatdi.

Asosiy kuzatuvlar:

- 0% pigmentli nazorat namunasi 96 soatlik sinovdan so‘ng sirtida chuqur korroziya dog‘lari paydo bo‘ldi.
- 4–6% pigmentga ega namunalarda korroziya jarayoni ancha sekinlashdi, sirt butunligi 85–90% saqlanib qoldi.
- EIS tahlillari bo‘yicha **Zmod qiymati 6% pigmentda maksimal** bo‘lib, qoplama qarshiligining yuqori ekanini ko‘rsatdi.

3. Ilmiy ahamiyati

Olingan natijalar bir nechta ilmiy jihatdan muhim xulosalarni shakllantirishga asos bo‘ladi:

1) Mahalliy temir oksid pigmentlarining samaradorligi isbotlandi

Pigmentlarning ko‘pchiligi xorijiy bozor mahsulotiga bog‘liq bo‘lsa-da, mazkur tadqiqot mahalliy xomashyoning arzon, mavjud va texnik ko‘rsatkichlar bo‘yicha raqobatbardosh ekanini ko‘rsatadi.

2) Optimal pigment konsentratsiyasi aniqlangan

ISSN 3030-3907

6% — mexanik va korroziyaga qarshi xususiyatlar bo‘yicha eng yaxshi ko‘rsatkichlarni bergan nisbat bo‘ldi. Bu sanoat uchun amaliy ahamiyatga ega.

3) Struktura–xossa bog‘liqligi ilmiy asosda tasdiqlandi

SEM tasvirlari va fizik-kimyoviy testlar asosida pigment zarralari matritsada manfiy bo‘shliqlarni kamaytirishi natijasida suv va ionlarning o‘tishini cheklashi isbotlandi.

4) Past tannarxli antikorroziya qoplamasi ishlab chiqish imkoniyati yaratildi:

Mahalliy pigmentlar import xarajatlarini kamaytiradi va qoplama narxini pasaytiradi — bu loyiha amaliyotga joriy qilish uchun muhim negizdir.

Diskussiya: Ushbu tadqiqot natijalari temir oksid pigmentlarining bitum asosidagi kompozitsion qoplamalarga qo‘shilganda korroziyaga qarshi xususiyatlarni sezilarli darajada oshirishini ko‘rsatdi. Shu nuqtai nazardan, ilgari o‘tkazilgan ilmiy ishlar bilan solishtirilganda, mahalliy pigmentlarning yuqori dispersligi va kimyoviy barqarorligi tufayli samaradorlik ko‘rsatkichi bir qator holatlarda import pigmentlarga yaqin yoki ulardan ustun bo‘lgani kuzatildi. Qoplamaning elektr o‘tkazuvchanlikni pasaytirishi, suv singdirish darajasini kamaytirishi va metall yuzada mustahkam himoya plyonkasi hosil qilishi natijaning ishonchliligini tasdiqlaydi.

Turli ilmiy manbalarda temir oksid pigmentlari inert modda sifatida ko‘rilsada, mazkur tadqiqot ularning bitum matritsasi bilan faol o‘zaro ta’sirga kirishib, strukturani zichlashtirish orqali qo‘shimcha himoya mexanizmi yaratishini ko‘rsatadi.

1. Tahliliy baho

Olingan natijalar bitumli antikorroziya qoplamasining mexanik va himoya xususiyatlarining mahalliy pigment miqdoriga bevosita bog‘liqligini tasdiqladi. Pigmentning 5–12 % diapazonidagi konsentratsiyasi optimal bo‘lib, bu chegaradan ortiq qiymatlar qoplamaning mo‘rtlashishiga olib kelishi mumkin. Bunday natija pigment zarralarining bitum bog‘lovchisi ichida bir tekis taqsimlanishiga bog‘liq bo‘lib, ushbu holat ko‘plab xorijiy tadqiqotlarda keltirilgan nazariyalar bilan hamohangdir.

2. Adabiyotlar bilan taqqoslash

Ilmiy manbalarda temir oksidning korroziya jarayonini sekinlashtirishi ikki asosiy mexanizm orqali izohlangan:

1. **Fizik to‘siq hosil qilish** – pigment zarrachalari oksidlanish jarayonidan metallni ajratadi.
2. **Katodik faoliyatni pasaytirish** – temir oksidining inertligi elektrokimyoviy jarayonni sekinlashtiradi.

ISSN 3030-3907

Mazkur tadqiqotda ushbu ikki mexanizmning bir vaqtda ishlashi kuzatildi, ammo mahalliy pigmentning tarkibidagi qo‘shimcha minerallar (hematit, goetit, magnetit nisbatlari) qoplama samaradorligiga o‘zining ijobiy hissa qo‘shganini ko‘rsatmoqda. Bu jihat ko‘pchilik xalqaro ishlarida yoritilmagan bo‘lib, tadqiqotning yangiligi aynan shunda namoyon bo‘ladi.

3. Gipotezalar bo‘yicha xulosa

Tadqiqot boshida ilgari surilgan asosiy gipoteza — **mahalliy temir oksid pigmentlari iqtisodiy samarali va korroziyaga chidamli qoplama olishda import pigmentlarga muqobil bo‘la oladi**, degan qarash to‘liq tasdiqlandi. Qoplama zichligi, yopishqoqligi, suv singdiruvchanligi va korroziyaga qarshilik parametrlari bu fikrga asos bo‘ldi.

Tadqiqotning cheklangan jihatlari

- Ish asosan laboratoriya sharoitida o‘tkazilgan; sanoat sharoitida uzoq muddatli sinovlar hali to‘liq amalga oshirilmagan.
- Mahalliy pigmentlarning mineral tarkibidagi tabiiy farqlar ayrim partiyalarda natija tafovutlariga olib kelishi mumkin.
- Tashqi muhit omillari — UV nurlanish, harorat tebranishlari, agressiv gazlar — bo‘yicha keng qamrovli sinovlar o‘tkazilmadi.

Kelajakdagi tadqiqotlar uchun tavsiyalar

- Pigmentning granulometriyasini barqarorlashtirish bo‘yicha texnologik yechimlar ishlab chiqish.
- Bitum–pigment kompozitini boshqa qo‘shimchalar (polimer modifikatorlar, nanozarrachalar) bilan kompleks o‘rganish.
- Mahalliy pigmentlardan foydalanib, uzoq muddatli himoya qoplamalari uchun energetik tejamkor ishlab chiqarish liniyalarini yaratish.
- Sanoat korxonalari bilan hamkorlikda real ekspluatatsiya sinovlarini o‘tkazish.

Xulosa: Mahalliy temir oksid pigmentlaridan foydalanib past narxli bitumli antikorroziya qoplamasi yaratish bo‘yicha olib borilgan tadqiqotlar ushbu pigmentlarning bitum-kompozit tizimining mexanik va himoya xususiyatlarini sezilarli darajada yaxshilashini isbotladi. Pigmentning 5–8 % oralig‘idagi optimal miqdori qoplamaning suv singdiruvchanligini kamaytirib, yopishish kuchini oshirdi va metall sirtida barqaror himoya qatlamining shakllanishiga xizmat qildi.

Tahlil natijalari mahalliy pigmentlarning fizik-kimyoviy faolligi jihatidan import analoglariga teng yoki ayrim parametrlarda ustun bo‘lishi mumkinligini ko‘rsatdi. Shu bilan birga, ularning arzonligi va mavjudligi qoplama ishlab chiqarish tannarxini sezilarli darajada kamaytirishga imkon beradi.

Muammo sifatida mavjud bo‘lgan: — import pigmentlarga qaramlik;

— qimmat xom ashyolar sabab bitumli qoplamalar narxining yuqoriligi;

ISSN 3030-3907

— ayrim qoplamalarning korroziyaga qarshi samaradorligining pastligi mazkur tadqiqotda taklif etilgan mahalliy pigment asosidagi kompozitsiya orqali bartaraf etilishi mumkinligi aniqlandi.

Tadqiqot natijalari asosida quyidagi amaliy takliflar beriladi:

1. Mahalliy temir oksid pigmentlarini korroziyadan himoyalashga mo‘ljallangan bitumli mahsulotlar tarkibiga joriy etish.
2. Pigment dispersligini barqarorlashtirish va qoplama tarkibidagi taqsimlanishni yaxshilash uchun texnologik reglament ishlab chiqish.
3. Sanoat korxonalarida uzoq muddatli ekspluatatsion sinovlarni o‘tkazish va qoplamaning ekstremal sharoitdagi chidamliligini baholash.
4. Mahalliy pigmentlarni polimer-modifikatorlar bilan birgalikda qo‘llash orqali yuqori darajadagi kompozit qoplamalar ishlab chiqish.

Umuman olganda, mazkur tadqiqot mahalliy xom ashyolar asosida iqtisodiy jihatdan tejamkor, samaradorligi yuqori va ekologik xavfsiz antikorroziya qoplamalarini ishlab chiqish uchun muhim ilmiy-amaliy asos yaratadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Fatoba O.S., Popoola A.P.I., Akanji O.L., Bolasodun B.O., Adamson I.O. «Corrosion Behaviour of Bitumen Coated API 5L X65 Steel in Different Concentrations of HCl Environment». *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)*, 2013. (https://www.ijert.org/corrosion-behaviour-of-bitumen-coated-api-5l-x65-steel-in-different-concentrations-of-hcl-environment)
2. O.A. Olaseinde. «Coating Breakdown Mechanism of Epoxy based and Bitumen Coating on Mild Steel in Sea Water and 0.5M HCl». *IJERT*, 2019. (https://www.ijert.org/coating-breakdown-mechanism-of-epoxy-based-and-bitumen-coating-on-mild-steel-in-sea-water-and-05m-hcl)
3. Sabergaliyev M., Yeligbayeva G., Khassanov D., Muradova S., Orazalin Z., Ainakulova D., Sharipov R., Negim E.-S. «Modified bitumen-polymer mastic to protect metal coatings from corrosion». *Kompleksnoe Ispolzovanie Mineralnogo Syra = Complex Use of Mineral Resources*, 331(4), 2024. (https://kims-imio.com/index.php/main/article/view/406)
4. Raximov F.F., Mamurov A.U. «Qurilish materiallari korroziyasini oldini olishning ba’zi aspektlari». *Journal of Science-Innovative Research in Uzbekistan*, Vol. 2, No. 3, 2024. (https://universalpublishings.com/index.php/jsiru/article/view/4766)
5. «Bitumen in Coating Protection of Steel». *American Journal of Engineering Research (AJER)*. (https://ajer.org/papers/v4%2812%29/O0401201010111.pdf)
6. Firuza S. Qurbonova va Muxsin N. Raxmonov. «Metallarning korrozion ko‘rsatkichlari tahlili». *Science and Education* (O‘zbekiston) — maqola metallarda

ISSN 3030-3907

kimyoviy korroziya va korroziyaga qarshi himoya usullari, inhibitorlar va qoplamalar xususiyatlari haqida. (https://openscience.uz/index.php/sciedu/article/view/4835)

7. Rizayev S. A. & Isroilov Y. Y. “Korroziyaga qarshi qoplamalar va ingibitorlar tanlash” Development Of Science 2025 / 11 Issue 11. Volume 6. (https://devos.uz/article.php?id=2676)

ISSN 3030-3907