

**NAMANGAN DAVLAT TEXNIKA UNIVERSITETI
HUZURIDAGI ILMIY DARAJALAR BERUVCHI
DSc.03/2025.27.12.T.15.03 RAQAMLI ILMIY KENGASH**

NAMANGAN DAVLAT TEXNIKA UNIVERSITETI

IZATILLAYEV MUZAFFARXON MUSSOXON O'G'LI

**TO'QIMACHILIK MATOLARI JILODORLIGINI OSHIRISHDA
INNOVATSION TEXNOLOGIYALARNI TADBIQ ETISH**

**05.06.02- To'qimachilik materiallari texnologiyasi va xomashyoga
dastlabki ishlov berish**

**TEXNIKA FANLARI BO'YICHA FALSAFA DOKTORI (PhD) DISSERTATSIYASI
AVTOREFERATI**

Namangan – 2026

**Texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD)
dissertatsiyasi avtoreferati mundarijasi**

**Оглавление автореферата диссертации доктора
философии (PhD) по техническим наукам**

**Contents of dissertation abstract of doctor of
philosophy (PhD) on technical sciences**

Izatillayev Muzaffarxon Mussoxon o‘g‘li

To‘qimachilik matolari jilodorligini oshirishda innovatsion
texnologiyalarni tadbiq etish..... 3

Изатиллаев Музаффархон Муссохон угли

Применение инновационных технологий для повышения
оттеночного блеска текстильных тканей..... 23

Izatillaev Muzaffarkhon

The use of innovative technologies to improve the tint shine of textile
fabrics..... 45

E‘lon qilingan ishlar ro‘yxati

Список опубликованных работ

List of published works..... 48

**NAMANGAN DAVLAT TEXNIKA UNIVERSITETI
HUZURIDAGI ILMIY DARAJALAR BERUVCHI
DSc.03/2025.27.12.T.15.03 RAQAMLI ILMIY KENGASH**

NAMANGAN DAVLAT TEXNIKA UNIVERSITETI

IZATILLAYEV MUZAFFARXON MUSSOXON O'G'LI

**TO'QIMACHILIK MATOLARI JILODORLIGINI OSHIRISHDA
INNOVATSION TEXNOLOGIYALARNI TADBIQ ETISH**

**05.06.02- To'qimachilik materiallari texnologiyasi va xomashyoga
dastlabki ishlov berish**

**TEXNIKA FANLARI BO'YICHA FALSAFA DOKTORI (PhD) DISSERTATSIYASI
AVTOREFERATI**

Namangan – 2026

Texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi mavzusi O'zbekiston Respublikasi Oliy ta'lim, fan va innovatsiyalar vazirligi huzuridagi Oliy attestatsiya komissiyasida B2020.4.PhD/T1979 raqam bilan ro'yxatga olingan.

Dissertatsiya Namangan davlat texnika universitetda bajarilgan.

Dissertatsiya avtoreferati uch tilda (o'zbek, rus, ingliz (rezyume)) Ilmiy kengash veb-sahifasi (namdtu_info@edu.uz) va «ZiyoNet» Axborot ta'lim portalida (www.ziynet.uz) joylashtirilgan.

Ilmiy rahbar:

Erkinov Zokirjon Erkinboy o'g'li
texnika fanlari doktori, dotsent

Rasmiy opponentlar:

Valiyev Gulam Nabidjanovich
texnika fanlari doktori, professor

Muxtorov Jo'rabek Rayimberganovich
texnika fanlari falsafa doktori, dotsent

Yetakchi tashkilot:

O'zbekiston tabiiy tolalar ilmiy-tadqiqot instituti

Dissertatsiya himoyasi Namangan davlat texnika universiteti huzuridagi DSc.03/2025.27.12.T.15.03 raqamli Ilmiy kengashning 2026-yil "2" may soat 15:30 dagi majlisida bo'lib o'tadi. (Manzil: Namangan shahar, Janubiy aylanma yo'li ko'chasi, 17-uy, Tel. (998) 69-234-14-85, (998) 69-234-19-96. e-mail: namdtu_info@edu.uz, Namangan davlat texnika universiteti 12-bino, 1-qavat, ilmiy kengash xonasi).

Dissertatsiya ishi bilan Namangan davlat texnika universiteti Axborot-resurs markazida tanishish mumkin (№159-raqam bilan ro'yxatga olingan). (Namangan shahri, Islom Karimov ko'chasi 12-uy, Tel. (998) 69-234-14-85). e-mail: namdtu_info@edu.uz

Dissertatsiya avtoreferati 2026-yil "16" aprel kuni tarqatildi.
(2026-yil 13-yanvardagi № 88-raqamli reestr bayonnomasi).



Q.M.Xoliqov

Ilmiy darajalar beruvchi ilmiy kengash raisi, texnika fanlari doktori, professor

X.T.Bobojanov

Ilmiy darajalar beruvchi ilmiy kengash ilmiy kotibi, texnika fanlari doktori, dotsent

J.K.Yuldashev

Ilmiy darajalar beruvchi ilmiy kengash qoshidagi ilmiy seminar raisi, texnika fanlari doktori, dotsent

KIRISH (falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi annotatsiyasi)

Dissertatsiya mavzusining dolzarbligi va zaruriyati. Jahonda global to'qimachilik bozorining hajmini kengaytirish, ishlab chiqarish sur'atlarini oshirish hamda matolarning funksional va estetik samaradorligini aniqlash asosida to'qimachilik mahsulotlarini tejamkor ishlab chiqarish va undan oqilona foydalanish masalalariga alohida ahamiyat berilmoqda. Hozirgi kunda jahon to'qimachilik bozori 2025-yil yakunida 1.16 milliard AQSh dollarini tashkil etgan bo'lib, 2033-yilga kelib 1.61 milliard dollarga yetishi kutilmoqda, yillik o'sish sur'ati taxminan 4.2% atrofida bo'lishi, bunda urbanizatsiya, texnik to'qimalarga bo'lgan talab va raqamli bosma texnologiyalar asosiy omillar sifatida qayd etilmoqda¹. Shu bilan birga, dunyo bo'yicha to'qimachilik sohasida 7 milliondan ortiq ishchi faoliyat yuritmoqda, bu esa uni eng yirik ish beruvchi tarmoqlardan biriga aylantirmoqda². Bu borada, jumladan texnik va funksional tekstillar bozorining 2030-yilga kelib 52 milliard dollardan ortiq hajmga yetishi, sog'liqni saqlash, sport, harbiy va sanoat sohalarida matolarga bo'lgan talabning ortib borayotganini ko'rsatishi hamda ushbu yo'nalishda innovatsion, tejamkor va ekologik xavfsiz ishlab chiqarish texnologiyalarini joriy etishga alohida e'tibor qaratilmoqda.

Jahonda to'qimachilik ta'minotining sifatini sezilarli yaxshilash, xususan matolarning estetik ko'rinishi, funksional xususiyatlari va ekologik xavfsizligini ta'minlashga qaratilgan ilmiy tadqiqotlar olib borilmoqda. Ushbu yo'nalishda, jumladan, mato yuzasidagi jilodorlik (jozibadorlik)ni oshirishning innovatsion va tejamkor usullarini ishlab chiqish, mato yuzasidagi nurlanish va yorug'lik bilan o'zaro ta'sir jarayonlarini modellashtirish hamda asosiy parametrlarni optimallashtirish bo'yicha tadqiqotlar ustuvor hisoblanmoqda. Shu bilan birga, an'anaviy usullarda ko'p bosqichli ishlov berish va kimyoviy moddalar orqali mato jilodorligini oshirish jarayonida yuzaga keladigan ekologik muammolarni bartaraf etish, ishlab chiqarish harajatlarning ortishini kamaytirish hamda texnologik murakkabliklarni yengillashtirish, mato yuzasida jilodorlikni ekologik xavfsiz va innovatsion yondashuvlar bilan ta'minlash usuli dolzarb vazifalardan hisoblanmoqda.

Respublikamizda to'qimachilik sanoatini zamonaviy texnologiyalarni joriy qilish hisobiga modernizatsiya qilish, ishlab chiqarish hajmini kengaytirish, mahsulot sifatini oshirish, ekologik toza innovatsion gazlamalar ishlab chiqarishni va tayyor mahsulot eksport salohiyatini kengaytirish bo'yicha keng ko'lamli chora-tadbirlar amalga oshirilmoqda. "O'zbekiston — 2030" strategiyasida, jumladan, yalpi ichki mahsulot hajmini 160 milliard dollarga, aholi jon boshiga daromadlarni 4 ming dollarga yetkazish, sanoatda ishlab chiqariladigan texnologik mahsulotlar ulushini 25 foizdan 32 foizga yetkazish, yirik korxonalar tomonidan import o'rnini bosuvchi mahsulotlarni ishlab chiqarish va hududiy korxonalar bilan kooperatsiya aloqalarini kengaytirish, sanoat kooperatsiyasini yo'lga qo'ygan korxonalarni faol rag'batlantirish tizimini joriy qilish, bo'yicha vazifalari belgilangan. Ushbu

¹ Textile Market Size, Share & Growth Analysis Report, 2030 <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/textile-market>

² Global Textile Industry Statistics | ZipDo Education Reports 2025 <https://zipdo.co/global-textile-industry-statistics/>

vazifalarni amalga oshirishda, xususan, mato sirtining jilodorligini oshirish, ekologik xavfsiz bo'yoqlash usullarini ishlab chiqish va funksional xossalarni yaxshilashga qaratilgan ilmiy tadqiqotlar muhim hisoblanadi.

O'zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining 2022-yil 30-sentabrdagi "To'qimachilik va tikuv-trikotaj korxonalarida chuqur qayta ishlash va yuqori qo'shilgan qiymatli tayyor mahsulotlar ishlab chiqarishni hamda ularning eksportini moliyaviy qo'llab-quvvatlashni yanada kengaytirish chora-tadbirlari to'g'risida"gi 556-sonli qarori 2-ilovasi bilan tasdiqlangan "Qoraqalpog'iston Respublikasi va viloyatlarda bo'yalgan mato hamda aralash va bo'yalgan gazlama ishlab chiqarish loyihalari doirasida xarid qilingan uskunalar qiymatining bir qismini subsidiyalash tartibi to'g'risida" gi nizom. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2025-yil 16-yanvardagi PF-6-sonli "To'qimachilik va tikuv-trikotaj sanoatida qayta ishlash zanjirini rivojlantirish bo'yicha qo'shimcha chora-tadbirlar to'g'risida" gi farmoni, O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2025-yil 19-sentabrdagi PQ-290-sonli "To'qimachilik va tikuv-trikotaj sanoatida islohotlarni jadallashtirish va eksport salohiyatini kengaytirish chora-tadbirlari to'g'risida" qarori hamda mazkur faoliyatga tegishli boshqa me'yoriy-huquqiy hujjatlarda belgilangan vazifalarni amalga oshirishga ushbu dissertatsiya tadqiqoti muayyan darajada xizmat qiladi.

Tadqiqotning respublika fan va texnika-texnologiyalari rivojlanishining ustuvor yo'nalishlariga bog'liqligi. Dissertatsiya ishi bo'yicha o'tkazilgan tadqiqotlar O'zbekiston Respublikasi fan va texnologiyalari rivojlanishining II «Energetika, energiyava resurs tejankorlik» ustuvor yo'nalishiga mos keladi.

Muammoning o'rganilganlik darajasi. To'qima tuzulishiga ta'sir etuvchi omillarning mato sirt ko'rinishiga ta'siri, turli xil tolali iplardan oddiy o'rilishdagi to'qimani ishlab chiqarish texnologiyasi, To'qimachilik matolari sirtiga strukturaviy rang berish orqali gazlamalar ishlab chiqarish kabi jihatlarni chuqur o'rganishga qaratilgan ilmiy ishlar bilan bir qator taniqli xorijiy olimlar hissa qo'shganlar. Jumladan, N.G.Novikov, D.J.Morfi, Bonn, E.Ermetj, T.Yu.Yeroxin, K.A.Kurochkin, A.M. Kuznesov, E.A.Onikov, Ibrahim, N. A., Gao, Y., Cranston, R., Kanade, P., Patel, B., Zhou, Q., Lv, J., Ren, Y., Chen, J., Gao, D., Zhu, K.; Fang, C.; Pu, M.; Song, J.; Wang, D.; Zhou, X. Zhang Ao, Yuan Wei, Zhou Ning, va boshqalar.

To'qimalar ishlab chiqarish va to'qimani rang bardoshlilik va yorqinlik hamda havo o'tkazuvchanlik xossalari parametrlarini optimallashtirish bo'yicha O'zbekistonning taniqli olimlarini ilmiy ishlari bag'ishlangan. Bulardan: I.A.Nabiyeva, T.B.Tashkenbayeva, S.Sh.A'zamjonova, M.Irmatova, K.M.Rasulova, M.U.Ulug'bekovalar olib borilgan ilmiy tadqiqotlar natijasida matolarning funksional va estetik xususiyatlarini takomillashtirish, ekologik xavfsiz va innovatsion ishlov berish usullarini joriy etish hamda To'qimachilik mahsulotlarining raqobatbardoshligini oshirish bo'yicha salmoqli natijalarga erishildi.

Shu bilan birga, paxta tolali va poliestar iplaridan oddiy o'rilishda to'qilgan to'qimalarning jilodorligini oshirishda Cu₂O nanozarrachalari asosida mikro-nano struktura hosil qilish, ularning mato sirtidagi tartibli joylashuvi va optik effektlarini

nazorat qilishga qaratilgan kompleks ilmiy tadqiqotlar jarayonida yuzaga keladigan muammolar yetarli darajada o'rganilmagan.

Dissertatsiya mavzusining dissertatsiya bajarilgan oliy ta'lim muassasasining ilmiy-tadqiqot ishlari bilan bog'liqligi. Dissertatsiya tadqiqoti Namangan davlat texnika universiteti ilmiy tadqiqot ishlarining rejasidagi **AL-21122144** "Mis tarkibga asoslangan nanozarrachalarning o'lchamlari va uni antibakterial o'z-o'zidan xromogen paxta tolali materiallarda qo'llash" O'zbekiston-Xitoy xalqaro (2023-2024) loyiha doirasida bajarilgan.

Tadqiqotning maqsadi: Yangi innovatsion texnologiyani qo'llab jilodorligi va strukturaviy rang effekti oshirilgan to'qima olishdan iborat.

Tadqiqotning vazifalari:

to'qima tuzilishiga ta'sir etuvchi omillarning mato sirt ko'rinishiga ta'siri, turli xil tola tarkibli iplardan to'qima ishlab chiqarish texnologiyasini tadqiqi bo'yicha izlanishlarni tahlil qilish;

to'qimachilik matolarini pardoqlash hamda kimyoviy tarkib ta'sirida ularning xususiyatlarini yaxshilash va rang hosil qilishning innovatsion usullarini tadqiqi bo'yicha izlanishlarni tahlil qilish;

tolali mahsulotlarda rang hosil qilishning innovatsion usuli - fotonik kristallardan foydalanishni tadqiq etish;

mis oksidli mikrosferalarini to'qimachilik matolarida qo'llash va mis oksidi hajmi hamda o'lchamlar taqsimoti bo'yicha tadqiqotlar o'tkazish;

tolali materiallar yuzasida mikro-nano tuzilma hosil qilish va uni tartibga solish texnologiyasini ishlab chiqish;

mis oksidi asosida bo'yaladigan matolarning texnik hisobini amalga oshirish hamda matoda rang yorqinligi, jilodorligi va estetik ko'rinishini baholash.

Tadqiqotning obyekti sifatida turli tolaviy tarkibli iplardan oddiy o'rilishli mato, mis oksid nanozarrachalar yordamida hosil qilinadigan mikro-nano tuzilmali mato, va ularning fizik-kimyoviy xossalari olingan.

Tadqiqotning predmetini oddiy o'rilishli to'qimachilik matolarining sirt jilodorligini oshirishga qaratilgan innovatsion texnologiyalar, xususan, mis oksid asosida strukturaviy rang hosil qilish usullari, mato tuzilmasi, ip parametrlarining ta'siri va bo'yash jarayonining fizik-optik xususiyatlarga ta'siri tashkil qiladi.

Tadqiqotning usullari. Tadqiqot jarayonida to'qimachilik materiallarini sinash, nazariy mexanikaning to'qima matosiga ta'sir etuvchi kuchlarni tahlil qilish, tolali materiallarga nanozarrachalarni purkash, mikroskopik kuzatuvlar (SEM, FESEM) orqali tuzilmani tahlil qilish, tajriba natijalarini qayta ishlash, FTIR (infraqizil spektroskopiya) - kimyoviy bog'larni aniqlash, XRD (rentgen difraksiyasi) - kristallik darajasini o'lchash, UV-Vis spektroskopiya - optik xossalarni baholash usullaridan foydalanilgan.

Tadqiqotning ilmiy yangiligi quyidagilardan iborat:

to'qimachilik matolari yuzasini mis oksidi nanozarrachalari yordamida mikro-nano tuzilma hosil qilish orqali strukturaviy jilodorlikni oshirishning takomillashgan texnologiyasi ishlab chiqilgan;

to'qimachilik matolari jilodorligini oshirish uchun takomillashgan texnologik yondashuvi asosida mis oksidli nanozarrachalarini konsentratsiyasini maqbul qiymatlari regression matematik model orqali aniqlangan;

to'qimachilik matolari yuzasiga mis oksidi (Cu_2O) nano zarrachalarini PDMS bog'lovchi vositasi bilan purkash orqali tushayotgan nurdan rang aks etishi usuli ishlab chiqilgan;

to'qimachilik matolari jilodorligini oshirish uchun yopishtiruvchi modda miqdori ba mikrosfera massa ulushining maqbul qiymatlari aniqlangan.

Tadqiqotning amaliy natijalari quyidagilardan iborat:

mis oksidi konsentratsiyasi, poliestер ulushi va mato yuza zichligi o'rtasidagi bog'liqlik asosida to'qima yorqinligini oshirishga xizmat qiluvchi optimal parametrlar ishlab chiqilgan;

matlab dasturiy muhitida tuzilgan modellar yordamida izochiziqlar grafigi chizilib, mato yuzasida hosil bo'lgan strukturalarning jilodorlikka ta'siri vizual tarzda tahlil qilingan;

tajriba natijalariga asoslanib, yorqinlik darajasi 86.55% gacha, havo o'tkazuvchanlik esa $251 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{s}$ ga erishildi, bu esa amaliy jihatdan yuqori ko'rsatkich hisoblangan;

olingan natijalar asosida to'qimachilik korxonalari uchun amaliy tavsiyalar ishlab chiqilgan.

Tadqiqot natijalarining ishonchliligi. Tadqiqot yakunida natijalarning ishonchliligi tadqiq qilingan muammo ushbu sohadagi ma'lum eksperimental tadqiqotlarning natijalariga mosligi, izlanishlarning zamonaviy uslub va vositalardan foydalangan holda asosli tanlanganligi, o'tkazilgan aprobatsiyalar va ishlab chiqarishga joriy etilgan natijalarning ijobiyliigi, ularning o'rganilgan fan sohasidagi ma'lumotlar bilan qiyosiy tahlil qilish **bilan izohlanadi.**

Tadqiqot natijalarining ilmiy va amaliy ahamiyati. Tadqiqot natijalarining ilmiy ahamiyati mato olish uchun yakka yigirilgan paxta va poliestер iplaridan oddiy o'rilish usulida to'qima olish tavsiya etilganligi, olingan matoni fizik-mexanik ko'rsatkichlari aniqlanganligi, aralash tolali iplardan olingan to'qimaga zamonaviy texnologiya usulida bo'yoq sepilgan va To'qimachilik materiallari zamonaviy texnologiya asosida ishlov berilgan To'qimachilik matosi olishga erishilgani bilan izohlanadi.

Tadqiqotning amaliy ahamiyati olingan natijalar asosida ekologik xavfsiz, iqtisodiy jihatdan samarali va sanoat miqyosida qo'llanilishi mumkin bo'lgan texnologik jarayon taklif etilishi, bu jarayon To'qimachilik mahsulotlarining estetik ko'rinishini yaxshilash bilan birga ularning funksional xossalarini ham oshirishi bilan izohlanadi

Tadqiqot natijalarining joriy qilinishi: paxta tolali ip va poliestер iplarida to'qilgan zamonaviy texnologiya usulida ishlov berilgan to'qimachilik materiallarini tadqiq qilish bo'yicha olingan natijalar asosida:

to'qimachilik matolari yuzasini mis oksidi nanozarrachalari yordamida mikro-nano tuzilma hosil qilish orqali strukturaviy jilodorligini oshirilgan to'qimachilik materiallari Namangan shahridagi «Art Soft tex» MCHJ hamda «Fabrictex» MCHJ (O'zbekiston Respublikasi «O'zto'qimachilik sanoat» uyushmasining 2026 yil 22

yanvardagi 02/06–105-son ma'lumotnomasi) korxonalarida ishlab chiqarishga joriy qilingan. Natijada mikrosferaning massa ulushi 3.0 % va PDMS bog'lovchi modda ulushi 5–10 % ligi aniqlangan, hamda yorqinlik va havo o'tkazuvchanlik uchun optimal parametrlar sifatida $x_1=3\%$, $x_2=50\%$, $x_3=100 \text{ g/m}^2$ qabul qilingan, yillik ishlab chiqarish hajmi $87\,360 \text{ m}^2$ bo'yicha umumiy tejamkorlik 332 409 600 so'mni tashkil etgan.

Tadqiqot natijalarining aprobatsiyasi. Tadqiqot natijalari 2 ta xorijiy va 4 ta respublika miqyosidagi ilmiy-amaliy anjumanlarda muhokamadan o'tkazilgan.

Tadqiqot natijalarining e'lon qilinishi. Dissertatsiya mavzusi bo'yicha jami 11 ta ilmiy ish chop etilgan, shulardan, O'zbekiston Respublikasi Oliy attestatsiya komissiyasining dissertatsiyalar asosiy ilmiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan ilmiy nashrlarda 5 ta maqola, jumladan, 4 tasi respublika va 1 tasi xorijiy jurnallarda nashr etilgan.

Dissertatsiyaning tuzilishi va hajmi. Dissertatsiya tarkibi kirish, uchta bob, xulosa, foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati va ilovalardan iborat. Dissertatsiyaning hajmi 118 betni tashkil etgan.

DISSERTATSIYANING ASOSIY MAZMUNI

Kirish qismida o'tkazilgan tadqiqotlarning dolzarbligi va zarurati asoslangan, tadqiqotning maqsadi va vazifalari, ob'yekt va predmetlari tavsiflangan, respublika fan va texnologiyalari rivojlanishining ustuvor yo'nalishlariga mosligi ko'rsatilgan, tadqiqotning yangiligi va amaliy natijalari bayon qilingan, olingan natijalarning ilmiy va amaliy ahamiyati ochib berilgan, tadqiqot natijalarini amaliyotga joriy qilish, nashr etilgan ishlar va dissertatsiya tuzilishi bo'yicha ma'lumotlar keltirilgan.

Dissertatsiyaning **“Ilmiy tadqiqot ishining analitik tahlili va tadqiqot vazifalari”** deb nomlangan birinchi bobida asosan To'qimachilik texnologiyasiga oid jurnallar, maqolalar, ilmiy to'plamlar, monografiyalar, dissertatsiyalar, ilmiy va o'quv adabiyotlaridagi dissertatsiya mavzusiga aloqador ilmiy tadqiqot ishlari tahlil etildi. Shuningdek, sohaga oid internet ma'lumotlari hamda manbalari o'rganildi. To'qimachilik matolarining sirt ko'rinishini belgilovchi asosiy omillari ip tuzilmasi, o'rilish turi, yorug'likning yutilishi va aks ettirilishi bo'yicha nazariy va amaliy tadqiqotlar tahlil qilindi. Yaponiya, Xitoy va Yevropa davlatlarida strukturaviy rang berish texnologiyaning rivojlanish tendensiyalari, ularning to'qimachilik sanoatiga tatbiq etilishi va O'zbekiston sharoitida qo'llash imkoniyatlari tahlil qilindi.

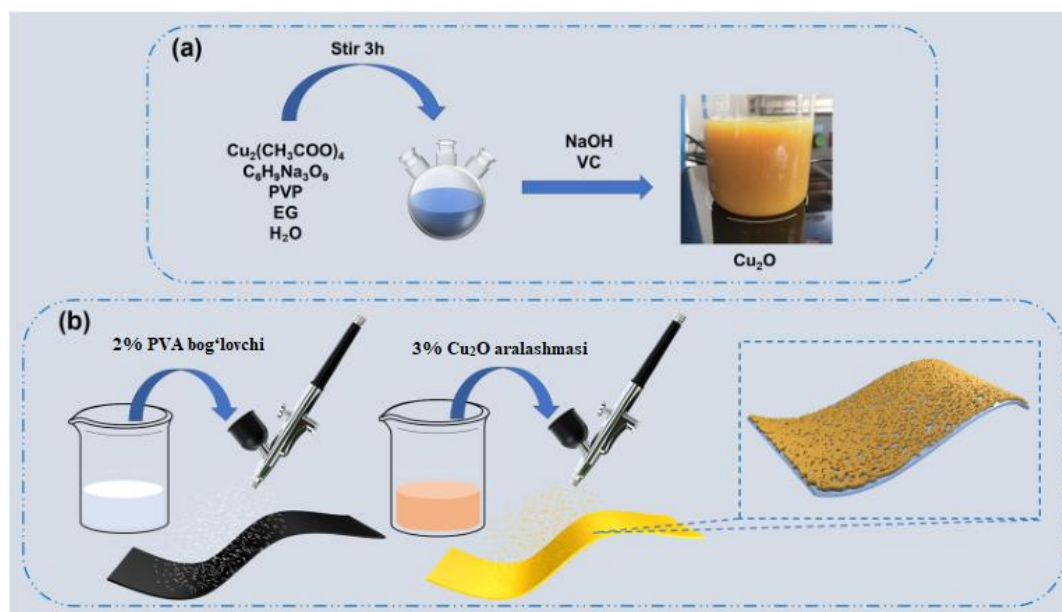
Olib borilgan adabiyotlar tahlili natijalari mis oksidli mikrosferalarini to'qimachilik matolarida qo'llash va mis oksidi hajmi hamda o'lchamlar hisobiga strukturaviy rang hosil qilish va uni ilmiy asoslash masalalari dissertatsiya ishining vazifasi etib belgilangan.

Dissertatsiyaning **“To'qimachilik matolarida jilodorlikni oshirish uchun innovasion usulga asoslangan nanozarrachalar qo'llashning tadqiqi”** deb nomlangan ikkinchi bobida, mis oksid mikrosferasining $210 \pm 10 \text{ nm}$ o'lchamdagisini ikki bosqichli suyuq-fazali (reduksiya) qaytarish texnologiya yordamida sintez qilindi.

Birinchi bosqich. Misli prekursor eritmasini tayyorlash uchun dastlab, 3 gr polivinilpirrolidon ($M_m = 55,0$), 0.98 gr natriy sitrat digidrat ($\text{C}_6\text{H}_5\text{Na}_3\text{O}_7 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) va

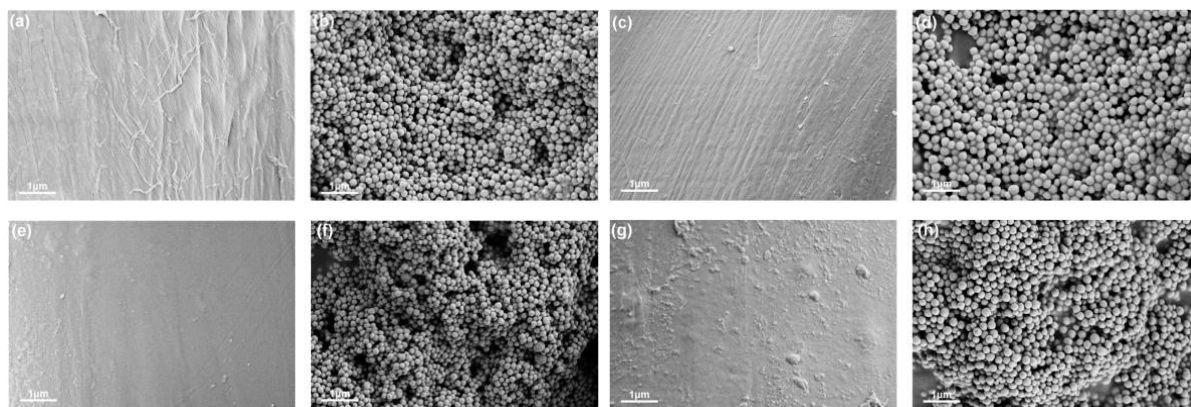
0.6640 gr mis asetat monogidrat ($C_4H_6CuO_4 \cdot H_2O$) 500 mL li kolbaga solinadi. Mis asetat ionlari manba sifatida ishlatilindi. So'ngra etilen glikoldan 60,0 mL, deionlashtirilgan suvdan 200,0 mL kolbaga quyildi. Kolbadagi aralashmani magnitli aralashtirgich orqali 3 soat davomida aralashtirildi. So'ngra ultratovushli tebranish berildi. Jarayon yakunida qattiq moddalar butunlay eriydi va ochiq moviy rangli shaffof eritma hosil bo'ldi.

Ikkinchi bosqichda bizga kerak bo'ladigan Cu_2O mikrosferalarini sintezlash jarayoni amalga oshirildi. Bu tajriba natriy gidroksid (NaOH) ishqoriy sharoitda amalga oshirilishi kerak. Birinchi navbatda, misli eritmaga asta-sekinlik bilan 20,0 mL 0.40 mol. natriy gidroksid qo'shildi, natijada suyuqlik to'q ko'kka rangi aylandi. Yuqori darajadagi aralashtirgich bilan 10 daqiqa aralashtirilgandan keyin, askorbin kislota 15,0 mL 0.2 mol. qaytaruvchi sifatida ikki marta qo'shildi va 1 soat davomida aralashtirildi. Shundan so'ng Cu_2O (mis oksid) emulsiyasi olinadi. Reaksiyada mahsulotlarini ajratib olish uchun sentrifuga orqali 8000 ayl^{-1} tezlikda 10 daqiqa aylantirildi. Mahsulotni avval iflosliklardan tozalash uchun 1:1 nisbatda suvsiz etanol va deionlashtirilgan suv aralashmasi bilan yuvib, keyin quritildi, natijada Cu_2O mikrosferalari olinadi (1-rasmga qarang). Sitrat (Cit^{3-}) va mis ionlari (Cu^{2+}) larining molyar massa nisbatini (0.9, 1.0, 1.1 va 1.2) o'zgartirib, turli xil 190 nm dan 275 nm gacha kattalikdagi zarrachali Cu_2O mikrosferalarini tayyorlash mumkinligi aniqlandi.



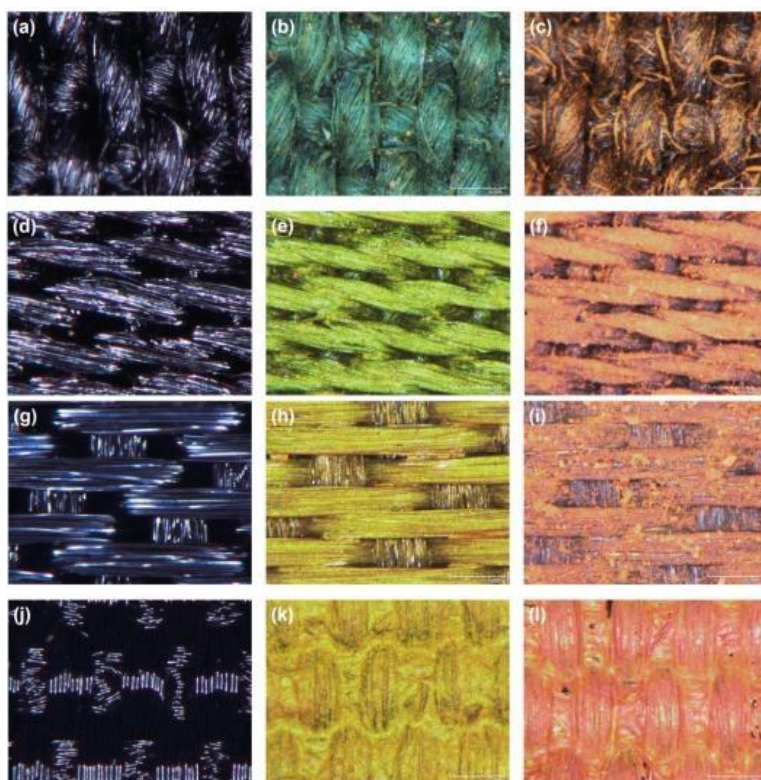
1-rasm. Cu_2O zarrachalari bilan qoplama tayyorlash: a) Cu_2O mikrosferalarini tayyorlash
b) strukturaviy rangli matolarni tayyorlash.

Cu_2O sepilganidan keyin to'qimani tashkil etgan iplar tolalarining yuzasini skanerlovchi elektron mikroskop (SEM) yordamida tahlil qilindi (2-rasmga qarang). 2a,c,e,g-rasmlarda mos ravishda paxta tolali, ipak, poliester va neylon to'qimalaridagi ipning tolalarini mis oksid purkashdan oldingi tasvirlari ko'rsatilgan. 2b,d,f,h-rasmlarda esa Cu_2O purkalgan paxta tolali, ipak, poliester va neylon to'qimalarining tolalarini SEM tasvirlari ko'rsatilgan. Ularda Cu_2O nanozarralari tolalar yuzasida muntazam va bir xilda joylashgani ko'rinadi.



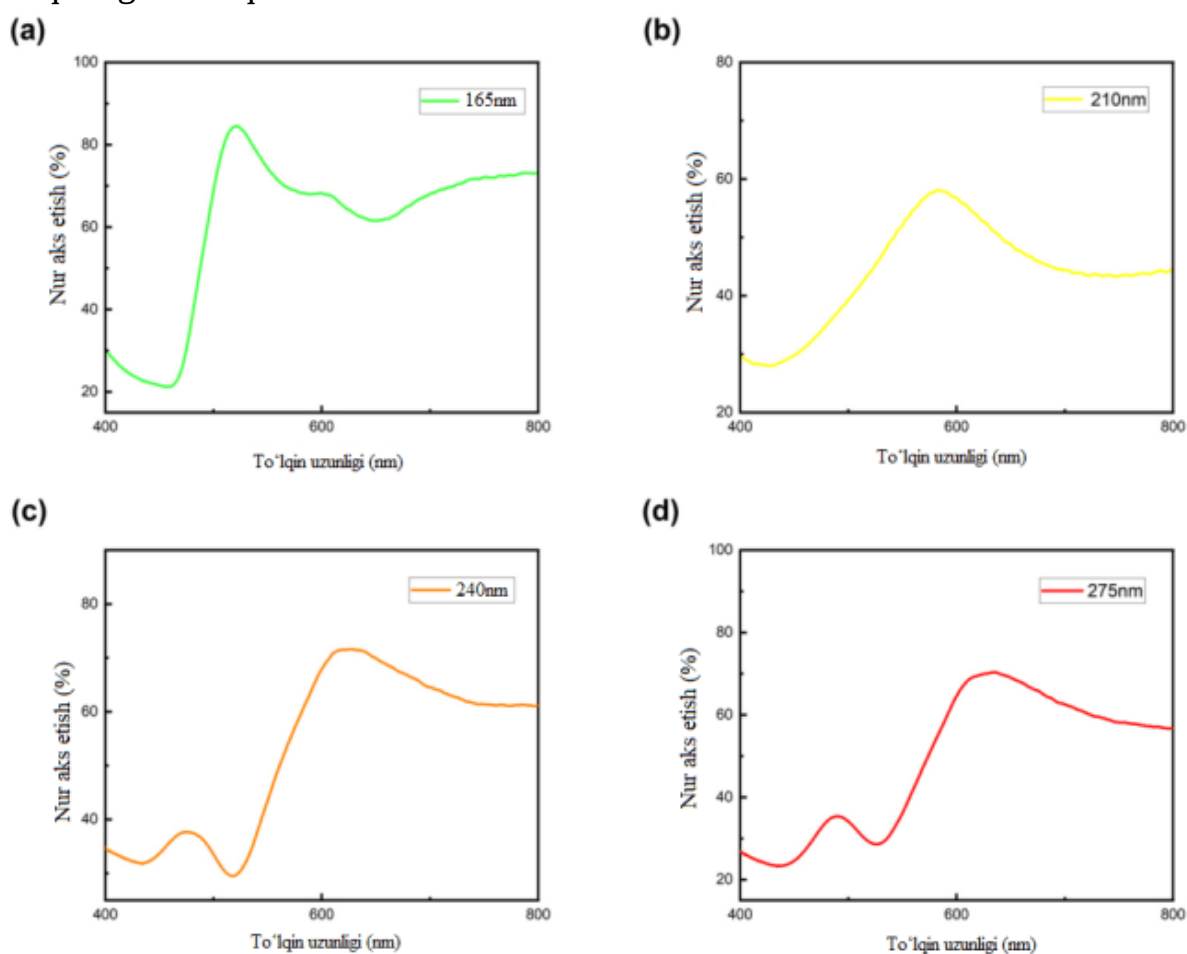
2-rasm. Turli xil tolalarning Cu_2O bilan qoplashdan oldin va keyingi SEM tasvirlari (15 000): a) paxta tolasi, b) Cu_2O purkalgan paxta tolasi, c) ipak, d) Cu_2O purkalgan ipak, e) poliester, f) Cu_2O purkalgan poliester, g) neylon, h) Cu_2O purkalgan neylon.

To‘qima yuzasida sariq, to‘q sariq, yashil yoki qizil ranglarni sitrat va Cu^{2+} nisbatini o‘zgartirib, mis oksidni sintez qilish orqali mis oksid mikrosferasi bilan strukturaviy rangli matolarni tayyorlash mumkin. O‘lchami turlicha bo‘lgan Cu_2O mikrosferalardan foydalanib, to‘qimalarga purkash usuli bilan strukturaviy ranglarni to‘qima yuzasida hosil qilish natijalari keltirilgan (3-rasmga qarang). 3-rasmga keltirilgan tasvirlardan ko‘rinib turibdiki, hosil qilingan mis oksid asosida strukturaviy rang yaxlitlik va samarali optik effektga ega



3-rasm. Mis oksid purkalgan to‘qimalarning tasvirlari (x100): a) paxta tolali to‘qima, b) 165 nm mis oksid purkalgan paxta tolali to‘qima, c) 245 nm mis oksid purkalgan paxta tolali to‘qima, d) ipak to‘qima, e) 165 nm mis oksid purkalgan ipak to‘qima, f) 245 nm mis oksid purkalgan ipak to‘qima, g) poliester to‘qima, h) 165 nm mis oksid purkalgan poliester to‘qima, i) 245 nm mis oksid purkalgan poliester to‘qima, j) neylon to‘qimasi, k) 165 nm mis oksid purkalgan neylon to‘qima, l) 245 nm mis oksid purkalgan neylon to‘qima.

Tayyorlangan strukturaviy rangli matolarning aks etishi UV–Vis spektrofotometr jihozida sinovdan o‘tkazildi (4-rasmga qarang). 4-rasmdan ko‘rinadiki, mis oksidni sintez qilish tajribasida sitrat va Cu^{2+} proporsiyasini o‘zgartirish orqali 4 xil o‘lchamdagi mis oksid olish mumkin. Turli kattalikdagi mikrosferalarning o‘z-o‘zidan joylashishi natijasida olingan strukturaviy ranglarning aks etish koeffitsienti yuqori va cho‘qqisi yuqori bo‘lib, bu strukturaviy rang effektining yaxshiligi bildiradi. Ammo, mis oksid mikrosferalari ko‘rinadigan yorug‘likning ko‘k-binafsha diapazonida kuchli yutilishi sababli to‘qimalarda asosan sariq va to‘q sariq ranglarda paydo bo‘ladi. Shuning uchun, bu materialda ko‘k rangni olish qiyin bo‘ladi. Shunga qaramay, ushbu tajribada mis oksid mikrosferasining o‘ziga xos sariq-to‘q sariq rangidan foydalanib, to‘qimalarda to‘q sariq rang hosil qilish mumkin.



4-rasm. Strukturaviy rangli matolarning aks etish egri chiziqlari: (a) 165 nm, (b) 210 nm, (c) 240 nm, (d) 275 nm.

To‘qimani jilodorligini oshirish xossalarini aniqlovchi kiruvchi parametrlarini tadqiq etishda ko‘p omilli matematik modellashirishdan samarali foydalanish maqsadga muvofiqdir.

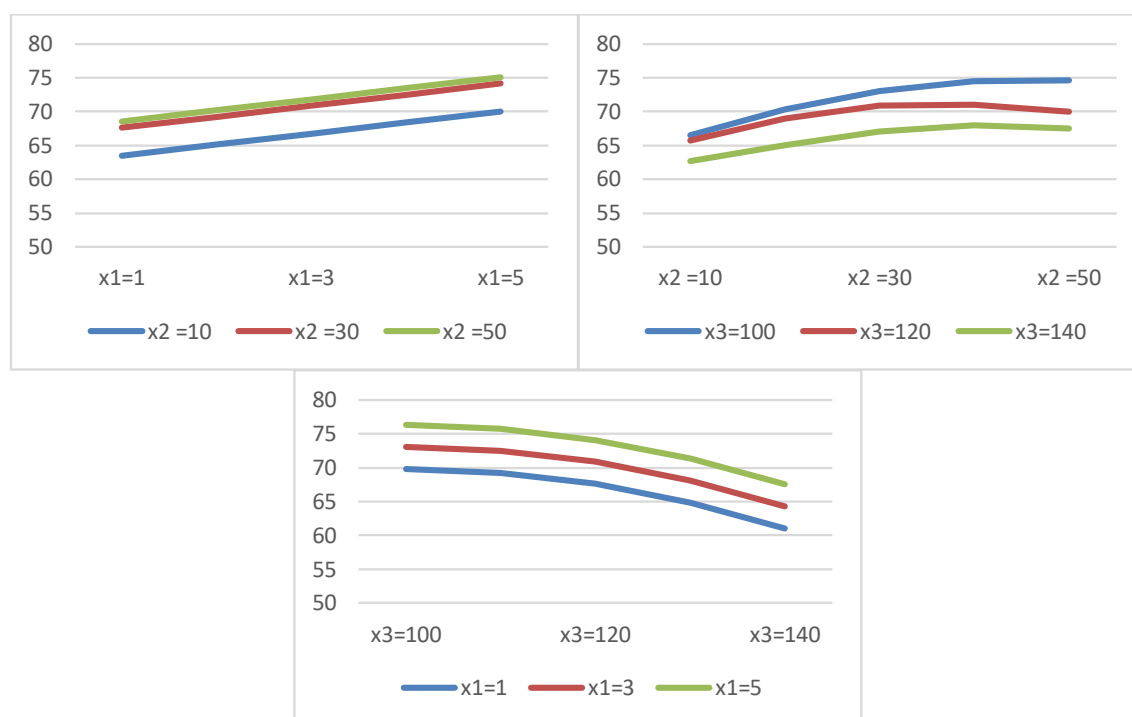
Ta’sir etuvchi omillar sifatida kiruvchi omillar x_1 - mis oksidi konsentratsiyasi %, x_2 - matodagi poliester ulushi % va x_3 - mato yuza zichligi (g/m^2) ko‘rsatgichlari olingan. Tadqiq etilayotgan omillar o‘zgarish sathlari va oraliqlarini tanlash 1–jadvalda keltirilgan.

Tadqiq etilayotgan omillar o'zgarishi sathlari va oraliqlarini tanlash

Omillar nomi va belgilanishi	O'zgartirish sathlari			O'zgartirish oralig'i
	-1	0	1	
Mis oksidi konsentratsiyasi, %	1	3	5	2
Matodagi poliester ulushi, %	10	30	50	20
Mato yuza zichligi, g/m ²	100	120	140	20

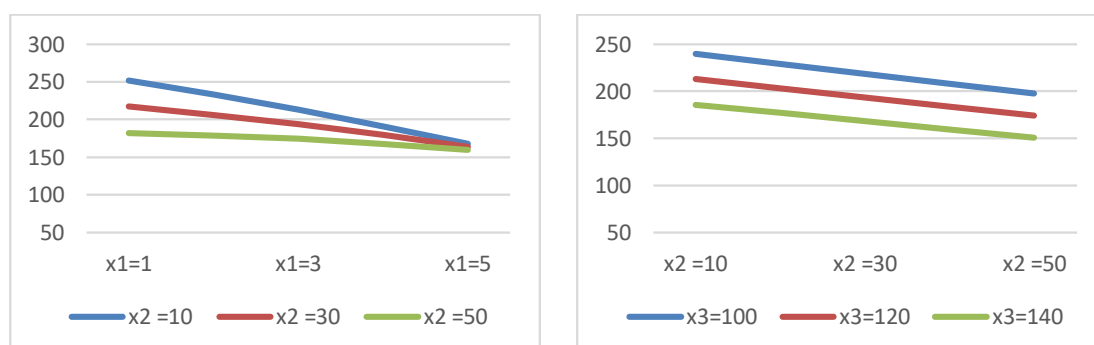
Regressiya koeffitsientlarini aniqlashda Styudent, matematik modelning adekvatli yoki adekvat emasligini tekshirish maqsadida Fisher me'zonlaridan foydalaniladi. Chiquvchi omil sifatida Y_1 – yorqinlik, %, Y_2 – havo o'tkazuvchanlik tanlandi.

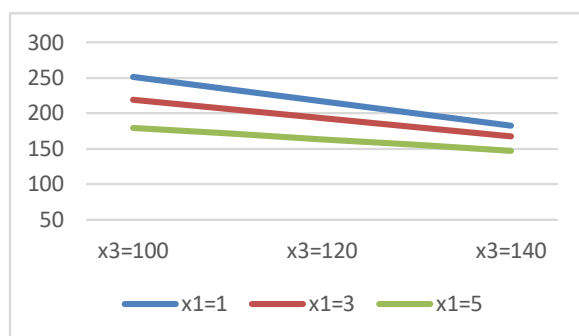
$$Y_1 = 70,86 + 3,25x_1 + 1,63x_2 - 4,38x_3 - 2,75x_2x_3 - 2,46x_2^2 - 2,21x_3^2$$



5-rasm. To'qimaning yorqinligi mis oksidi konsentratsiyasi, poliester ulushi, mato yuza zichligi bog'liqligi grafigi.

$$Y_2 = 193,4 - 26,75x_1 - 19,38x_2 - 25,38x_3 + 15,5x_1x_2 + 9x_1x_3 + 1,75x_2x_3 - 3,3x_1^2$$





6-rasm. To‘qimaning havo o‘tkazuvchanligini mis oksidi konsentratsiyasi, poliester ulushi va mato yuza zichligiga bog‘liqlik grafigi

2-jadval

To‘qimani taxtlash hisobini jamlash jadvali.

No	Ko‘rsatkichlar nomi		Shartli belgi	O‘lchov birligi	Ko‘rsatkich
1.	To‘qimani bog‘lanish koeffitsienti		C	-	5.96
2.	O‘rilish koeffitsienti		F	-	2
3.	To‘qimani to‘ldirilish koeffitsienti		$K_{to'q}$	-	0.698
4.	To‘qimani tanda iplari bilan to‘ldirilishi		K_{Tan}	-	0.93
5.	To‘qimani arqoq iplari bilan to‘ldirilishi		K_{Arq}	-	0.75
6.	To‘qimadagi iplarning o‘rtacha chiziqli zichligi		$T_{o'r}$	teks	19
7.	To‘quv dastgohi rusumi				Water Jet Rifa 280
8.	To‘qima kengligi	Tayyor to‘qima	B_t	sm	230
		Xom to‘qima	B_x	sm	249.5
9.	Umumiy tanda iplari soni		n_{umumiy}	dona	5615
10.	Tig‘ nomeri		$N_{tig'}$		106
11.	Shodalar soni		n_{shoda}	dona	4
12.	Tanda kuzatkichlar soni		$n_{T.K.}$	dona	5615
13.	1 m xom to‘qima og‘irligi		$M_{pog.m}$	g	0.256
14.	1m ² xom to‘qima og‘irligi		M_{m^2}	kg	0.103
15.	To‘qima yuzasini tolali materiallar bilan qoplanishi:		$E_{to'q}$	%	66,48
	a) Tanda bo‘yicha		E_t		39,15
	b) Arqoq bo‘yicha		E_a		44,919

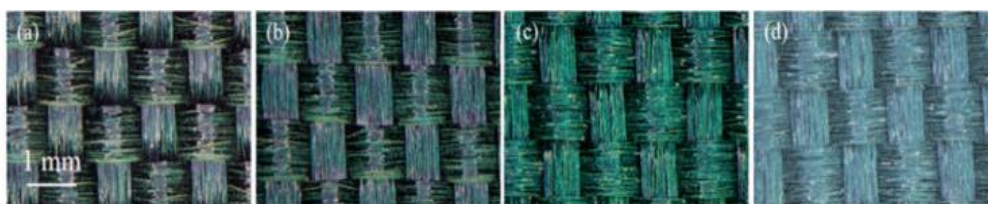
To‘la omilli tajriba natijalaridan kelib chiqqan holda tanda ipi uchun chiziqli zichligi 20 teks bo‘lgan paxta tola ip, arqoq ipi uchun 18 teks (DTY 162/288 SIMM) poliester ipidan foydalangan holda polotno o‘rilishida tanda bo‘yicha 225 ip/10sm, arqoq bo‘yicha 279 ip/10sm zichlikda to‘qima “Home teks NT” korxonasida to‘qib olindi. To‘qima to‘la taxtlash parametrlari va ishlab chiqarish parametrlari keltirilgan (2-jadvalga qarang).

Dissertatsiyaning «To‘qima matolar o‘rilishi va tolaviy tarkibiga mis oksidi yordamida rang va jilodorlik berishning ta’siri» deb nomlangan uchinchi bobida

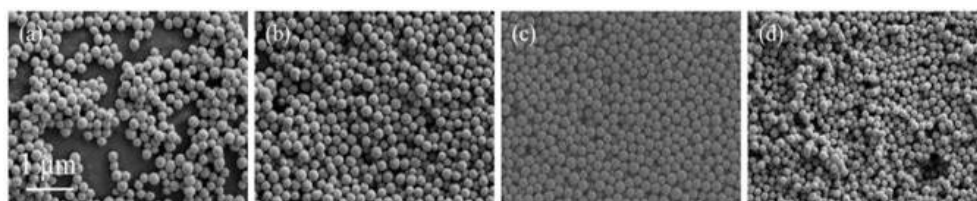
mis oksid mikrosferalarini sintez qilish, ularning fizik-kimyoviy xossalarini tahlil qilish va to'qimachilik matolarida strukturaviy rang hosil qilish texnologiyasi eksperimental asosda ishlab chiqilgan.

Sentrifuga orqali olingan Cu_2O mikrosferalar konsentratsiyasi juda yuqori bo'lgani sababli, ular osonlik bilan yopishib qoladi, shuning uchun ularni strukturaviy rangli bosma naqshlarni purkash orqali tayyorlashda bevosita qo'llash mumkin emas. Ushbu muammoni hal qilish uchun mikrosferalar konsentratsiyasini sozlash maqsadida ma'lum miqdorda suvsiz etanol qo'shish zarur.

Mikrosferalarning massa ulushining paxta/poliester mato ustidagi strukturaviy rangli naqsh effektiga ta'sirini o'rganish orqali yanada chuqurroq tushuncha hosil qilish maqsad qilingan. Olingan strukturaviy rangli naqshlar yuzasining morfologiyasi va ichki mikrosfera joylashuvi batafsil kuzatildi va natijalar keltirilgan (7 va 8-rasmlarga qarang).



7-rasm. Turli mikrosfera konsentratsiyasiga ega bo'lgan strukturaviy xromogen siyohlardan olingan fotonik kristall tuzilmalarning video mikroskop tasvirlari: (a) 0,5%; (b) 1,0%; (c) 3,0%; (d) 5,0 %



8-rasm. Mis oksidi mikrosferalarining turli konsentratsiyasiga ega strukturaviy xromogen siyohlar yordamida olingan fotonik kristall tuzilmalarning FESEM tasvirlari: (a) 0,5%; (b) 1,0%; (c) 3,0%; (d) 5,0%

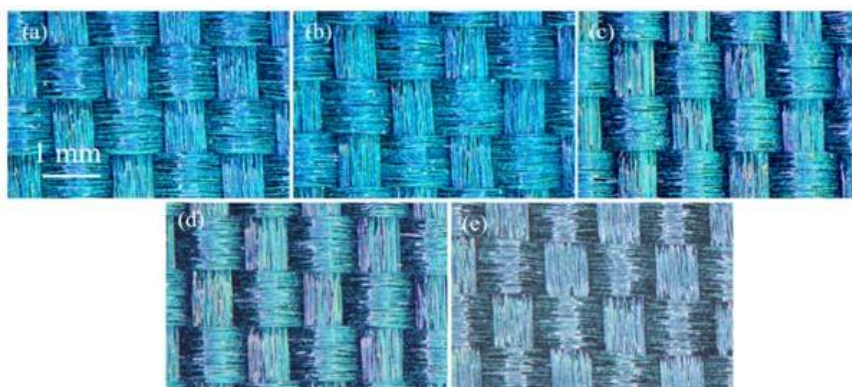
Yuqorida olingan foton kristall strukturasiidagi mikrosferalarning joylashuv holati ko'rsatilgan. Rasmga ko'ra, mikrosferalarning konsentratsiyasi ma'lum darajada ularning joylashuv tartibiga ta'sir qiladi. Mikrosfera massa ulushi 0.5 % bo'lganda, bo'yoq ichidagi mikrosferalar konsentratsiyasi past bo'lib, mikrosferalar orasidagi masofa katta va bo'shliqlar ko'p bo'ladi. Bu holat mikrosferalarning faqat qisman tartibli joylashuviga olib keladi, natijada mato yuzasidagi strukturaviy rang to'liq qoplanmaydi va rang effekti past bo'ladi.

Massa ulushi 1.0 % bo'lganda ham mikrosferalar konsentratsiyasi hali ham past bo'lib, ularning joylashuvi tartibsiz bo'ladi, bu esa foton kristall strukturasiining rang effektiga ma'lum darajada salbiy ta'sir ko'rsatadi. Mikrosfera massa ulushi 3.0 % ga yetganda esa, mikrosferalar zich va tartibli joylashadi, bu esa yorqin va jozibali strukturaviy rangni hosil qiladi. Biroq, massa ulushi 5.0 % ga yetganda, mikrosferalar tartibsiz tarqaladi, bu esa matodagi strukturaviy rang effektining pasayishiga olib keladi.

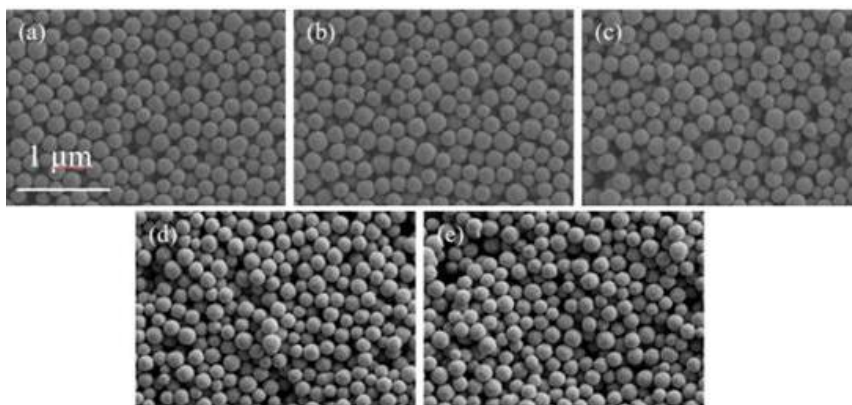
Yuqoridagi tahlillarga asoslanib aytish mumkinki, Cu_2O mikrosferali strukturaviy rangli bosma pastasida mikrosferalar massa ulushi 3.0 % bo'lganda, to'qimachilik asosida yaxshi yaxlitlikka va aniq strukturaviy rang effektiga ega bo'lgan foton kristall rangli struktura hosil qilish mumkin.

Cu_2O mikrosferalar asosidagi strukturaviy rangli naqshlarni bosishda PDMS bog'lovchi moddaning turli nisbatlari ta'siri o'rganildi. Olingan strukturaviy rangli naqshlarning yuzasidagi morfologiyasi hamda ichki mikrosferalarning joylashuvi kuzatildi, natijalar quyida keltirilgan (9 - 10-rasmlarga qarang).

Bog'lovchi modda ulushi 5.0 % dan 10.0 % gacha bo'lgan holatlarda mato yuzasi to'liq foton kristall strukturaviy rang bilan qoplangan bo'lib, mato to'qimasining tuzilmasi aniq ko'rinadi va yorqin strukturaviy rang hosil bo'ladi. Yopishtiruvchi ulushi 10.0 % dan oshganda, mato yuzasida strukturaviy rang saqlanib qolsa-da, biroz oqargan ko'rinish paydo bo'ladi. Yopishtiruvchi modda ulushi 25.0 % ga yetganda esa, foton kristall strukturaviy rang to'liq oqargan ko'rinishga ega bo'ladi.



9-rasm. Turli bog'lovchi moddalar nisbatlaridan olingan fotonik kristall strukturaviy ranglarning video mikroskop tasvirlari: (a) 5,0%; (b) 10,0%; (c) 15,0%; (d) 20,0%; (e) 25,0%

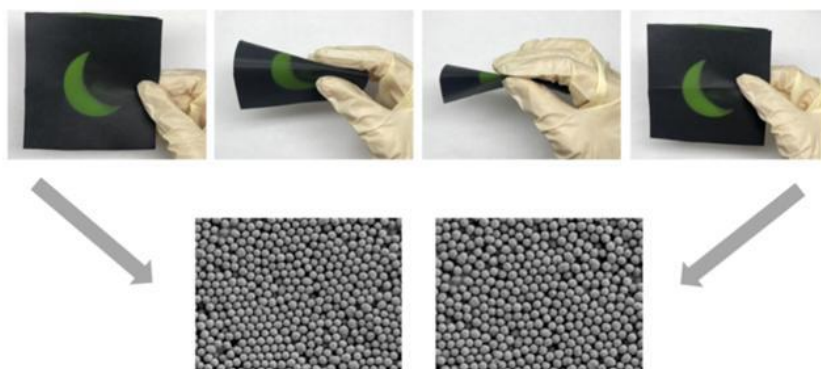


10-rasm. Turli bog'lovchi moddalar nisbatlaridan olingan fotonik kristall struktura ranglarining FESEM tasvirlari: (a 5,0%; (b) 10,0%; (c) 15,0%; (d) 20,0%; (e) 25,0%

Quyida olingan foton kristall strukturasi mikrosfera joylashuv holati 10-rasmda ko'rsatilgan. Rasmga ko'ra, yopishtiruvchi modda miqdori 5.0 % dan 10.0 % gacha bo'lgan holatlarda mikrosferalar tartibli joylashgan bo'lib, mikrosferalar o'zaro zich bog'langan, bu esa aniq va yorqin strukturaviy rangni ta'minlaydi. Yopishtiruvchi modda miqdori 15.0 % dan 20.0 % gacha bo'lganda,

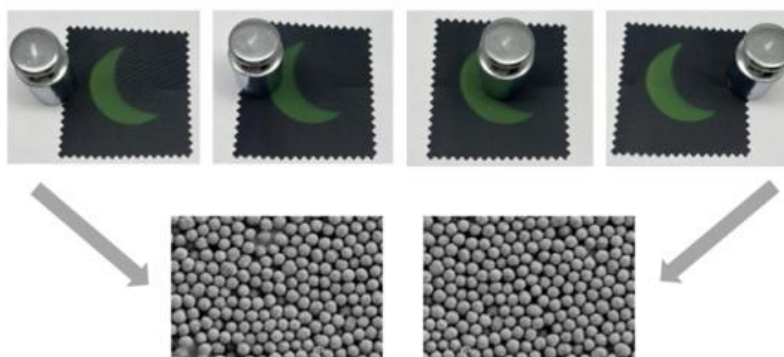
mikrosferalarning joylashuvi nisbatan tartibsiz bo‘lib qoladi, bu esa foton kristall strukturaviy rangning hosil bo‘lishiga ta’sir qiladi. Yopishtiruvchi modda miqdori 25.0 % ga yetganda esa, ortiqcha yopishtiruvchi modda qo‘shilishi mikrosferalarning tartibli joylashuvini buzadi va strukturaviy rang effekti yomonlashadi.

Xulosa qilib aytganda, yopishtiruvchi moddaning tizimdagi miqdori bosma jarayonida mikrosferalarning joylashuviga ta’sir qiladi. Cu_2O mikrosferali strukturaviy rangli bosma pastasida yopishtiruvchi modda miqdori 5.0 % dan 10.0 % gacha bo‘lgan holatlarda, asos materialda yaxshi strukturaviy rang effekti bilan foton kristall rangli struktura hosil qilish mumkin.



11-rasm. Mis oksidi fotonik kristalining sun’iy egilish sinov jarayoni va tegishli raqamli fotosuratlar (yuqorida) va FESEM tasvirlari (quyida)

Egilish sinovi orqali biz Cu_2O foton kristalli tuzilmasining strukturaviy rangli naqsh barqarorligi bo‘yicha yorqin va jozibali effekt namoyon etishini aniqladik (11-rasmga qarang). FESEM tasvirlarida mikrosferalar muntazam va tartibli joylashgani ko‘rish mumkin. Bunda egilgandan so‘ng strukturaviy rang o‘zgarishsiz qolgan, egilgan joylarda hech qanday ajralish holati kuzatilmagan va mikrosferalarning tartibli joylashuvi ham buzilmagan. Bog‘lovchi modda PDMS qo‘shilishi bilan Cu_2O foton kristalining rang hosil qiluvchi tuzilmasi va asosiy qatlam o‘rtasidagi barqarorlik sezilarli darajada oshgan. Bu esa egilish jarayonida tuzilmaning asosiy qatlamdan ajralib chiqishini qiyinlashtiradi, shuningdek, rang hosil qiluvchi tuzilmaning a’lo darajadagi chidamliligi va barqarorligini ko‘rsatadi.

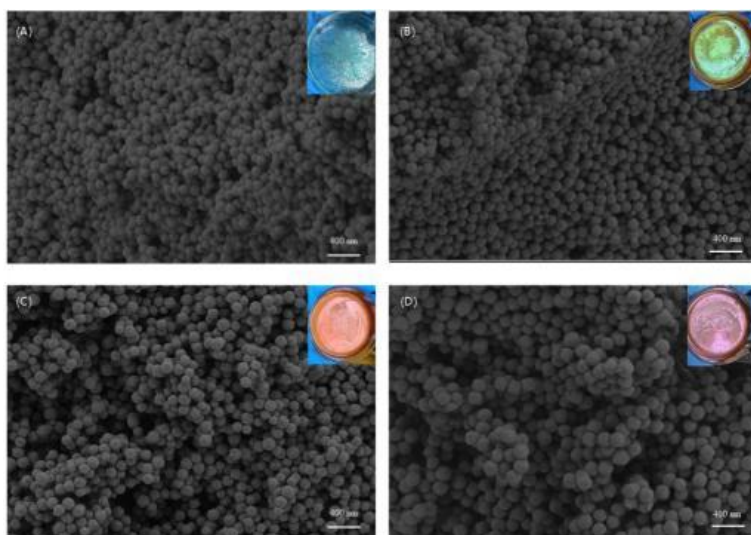


12-rasm. Mis oksidi fotonik kristalining ishqalanish sinov jarayoni va tegishli raqamli fotosuratlar (yuqorida) va FESEM tasvirlari (quyida).

Strukturaviy rangli naqshning barqarorligini baholash: ishqalanish sinovi
Strukturaviy rangli naqshning barqarorligini baholash maqsadida ishqalanish sinovi

o‘tkazildi (12-rasmga qarang). Ko‘rinib turibdiki, Cu_2O foton kristalli tuzilmasi ishqalanishdan so‘ng ham sezilarli darajada ajralmagan, ya‘ni strukturaviy rangli naqsh o‘z holatini saqlab qolgan. Bu holat mis oksidga qo‘shilgan PDMS yopishtiruvchi moddaning Cu_2O foton kristali bilan asosiy qatlam o‘rtasidagi bog‘lanishni mustahkamlashi bilan izohlanadi. FESEM tasvirlarida mikrosferalarning zich va tartibli joylashuvi ham bu mustahkamlikni tasdiqlaydi. Shu bilan, PDMS qo‘shilishi Cu_2O foton kristalli rang hosil qiluvchi tuzilmaning asosiy qatlam bilan bog‘lanishini kuchaytirgan, bu esa ishqalanish jarayonida ajralib chiqish ehtimolini kamaytiradi. Natijada, strukturaviy rangli naqsh yuqori darajadagi chidamlilikka ega ekanligi isbotlanadi.

Skanerli elektron mikroskopda (SEM) ko‘rsatilganidek, mis oksid bilan qoplanganidan keyin mato yuzasi morfologiyasini kuzatish uchun ishlatilgan (13-rasmga qarang). Turli sharoitlarda to‘rtta turli o‘lchamdagi mis oksid mikrosferalari sintez qilindi, ularning o‘lchamlari 165 nm, 210 nm, 240 nm va 275 nm. Yuqori o‘ng burchakdagi rasm turli o‘lchamdagi mis oksid mikrosferalarining Petri idishida turli ranglarni namoyon etishiga mos keladi. Mis oksid mikrosferalari silliq yuzaga, ajoyib sharsimonlikka va bir xil o‘lchamga ega.



13- rasm. Har xil zarracha o‘lchamli Cu_2O mikrosferalariga mos keladigan SEM tasvirlari: A)165nm B)210nm C)240nm D)275nm bo‘lgan

Fotonik kristallning o‘zida mavjud bo‘lgan fotonik ta‘qiqqlangan chiziqlar tufayli, ma‘lum bir to‘lqin uzunligidagi yorug‘lik tarqala olmaydi va aks ettiriladi, bu davriy muhitda interferentsiya diffraksiyasiga olib keladi. Agar to‘lqin uzunligi ko‘rinadigan hududda bo‘lsa, inson ko‘zi jonli struktura ranglarini ko‘ra oladi. Fotonik kristallarda rang hosil qiluvchi tuzilmalar printsipi Bragging diffraksiya qonuniga mos keladi. Uni 1- tenglama shaklida ifodalash mumkin:

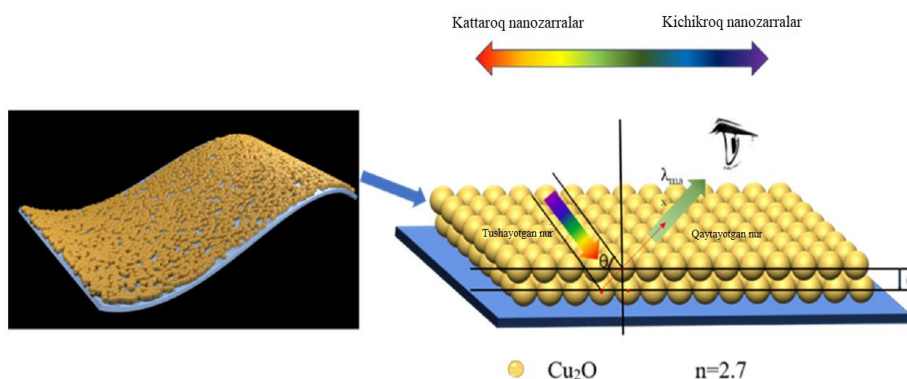
$$m\lambda = 2d_{y.o.m}(n^2 - \sin^2 \theta)^{\frac{1}{2}} \quad (1)$$

bu yerda: m-Bragg diffraksiya tartibi;

λ -diffraksiya to‘lqin uzunligi, nm;

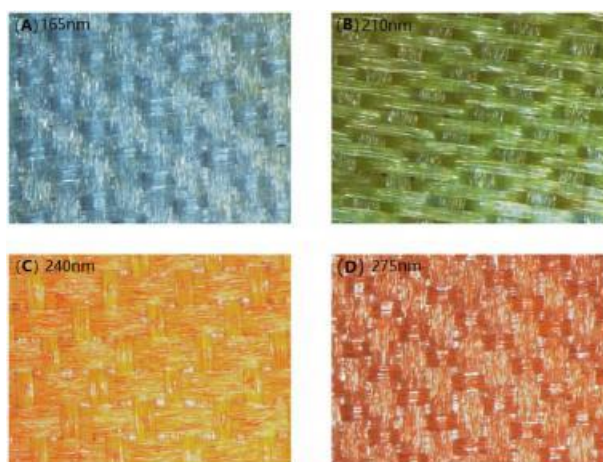
d-tekisliklararo oraliq, nm;
n-o‘rtacha samarali sinishi indeksi;
 θ -tushayotgan yorug‘likning tushish burchagi, gradus;

Ular orasida strukturaviy rangning maksimal aks ettirilgan to‘lqin uzunligi fotonik kristallning kristall tekisligi oralig‘i, materialning sinishi indeksi va yorug‘likning tushish burchagi bilan chambarchas bog‘liq. Shuning uchun, fotonik tarmoqli bo‘shlig‘ini fotonik kristalldagi davriy tuzilmani, materialning sinishi indeksini va fotonik kristallning zarra o‘lchamini o‘zgartirish orqali samarali sozlash mumkin (14-rasmga qarang).



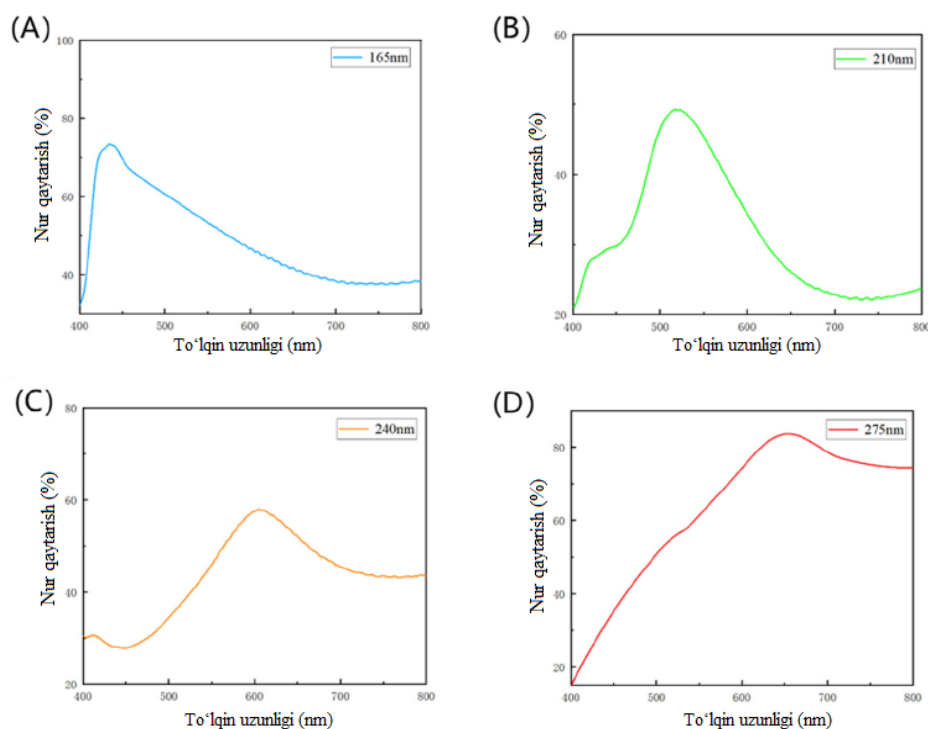
14-rasm Strukturaviy rang sxemasi.

Strukturaviy rangli matoning rangi Cu₂O diametrining 165 nm dan 210 nm, 240 nm va 275 nm gacha oshishi bilan binafsha rangdan ko‘k, yashil, sariq-yashil va to‘q sariq rangga o‘zgardi. Strukturaviy rang sxemasi 15-rasmga keltirilgan (15-rasmga qarang).



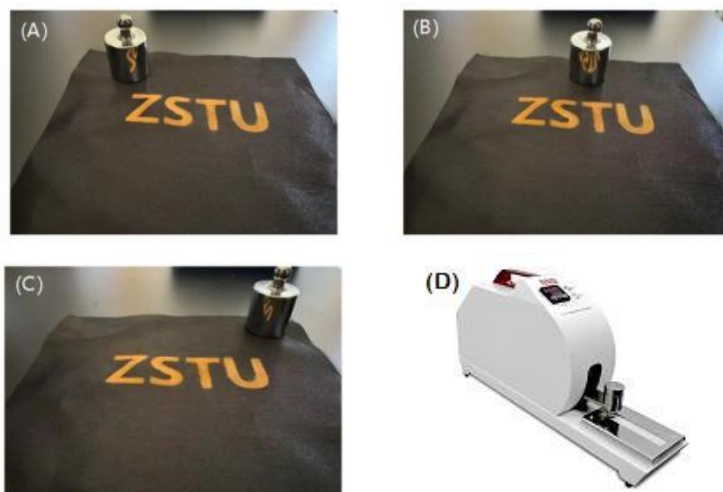
15-rasm. Strukturaviy rangli matolarning fotosuratlari: (A) 165 nm, (B) 210nm, (C)240 nm, (D)275 nm

Strukturaviy rangli matoning aks etish egri zichiqlardan ko‘rinib turibdiki, Cu₂O sintezi jarayonida sitrat va Cu²⁺ nisbatini sozlash orqali turli diametrli to‘rtta Cu₂O mikrosferasini olish mumkin (16-rasmga qarang). Cu₂O mikrosferasining turli diametrlari bilan purkalgan matolar turli xil ranglarni ko‘rsatadi. 275 nm li mis oksidi purkalgan matoning eng yaxshi nur aks etish darajasi 80% dan oshdi va to‘lqin uzunligi 650-700 nm oralig‘idaligi aniqlandi.



16-rasm. Mis oksid mikrosferalarining turli zarracha o'lchamlariga ega bo'lgan strukturaviy rangli matolarning aks ettirish egri chiziqlari: A)165 nm B)210 nm C)240 nm D)275 nm

Tayyorlangan matoning tuzilishli rangli rangbardoshligini yanada tasdiqlash uchun ishqalanishga bardoshligi, yorug'likka bardoshligi, yuvishga bardoshligi va egilish sinovlari o'tkazildi.

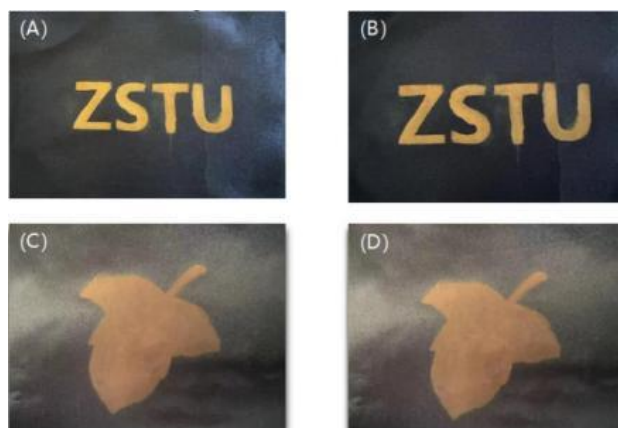


17-rasm Ishqalanishga bardoshlilik va rang mustahkamligi sinovlari: a) mato, b) ishqalanish paytidagi mato, c) ishqalanishdan keyingi mato, d)Crockmeter TF411

Ishqalanish sinovi xalqaro standarti ISO 105-X12:2001 "To'qimalar rangining chidamliligi eksperimentining ishqalanishga chidamliligi" asosida amalga oshirildi va mato namunasining ishqalanishga bardoshligini aniqlash uchun ishqalanish rangbardoshligini sinovchi laboratoriya jihozi Crockmeter TF411 da amalga oshirildi (17-rasmga qarang). Ishqalanish sinovidan so'ng, mato namunasi yuzasida aniq tiralish yoki chizilishlar yo'q va rang o'zgarishsiz qoldi. Matoning ishqalanish

darajasi 5-darajali sifatida tasdiqlandi, bu matoning ishqalanishga chidamliligi asosan kundalik foydalanish standartiga yetganligini ko'rsatadi.

GB/T 8427-2019 «To'qimalar rangining sun'iy yorug'likka chidamliligi sinovi: Ksenon yoyi» Xitoy standartiga muvofiq, mato namunasining yorug'likka chidamliligi tekshirildi (18-rasmga qarang). Bu tayyorlangan paxta/poliesterli matoning sirtidagi strukturaviy rang mukammal pasayish qarshilik darajasi 6 ball ga teng ekanligini aniqlandi.



18-rasm. Yorug'lik bardoshliligi sinovlaridan keyin taqqoslash: a) mato, b) yorug'lik bardoshliligi sinovlaridan keyingi mato, c) mato, d) yorug'lik bardoshliligi sinovidan keyingi mato.

Yuqori tezlikda aylanadigan yuvish yoki yuqori bosimli suv bilan yuvilganidan qat'iy nazar, yuzasida strukturaviy rangga ega bo'lgan paxta/poliester mato namunalari rangida o'zgarish bo'lmadi, GB/T 3921 ga asosan sirtidagi strukturaviy rangga ega tayyorlangan paxta/poliester mato ham yaxshi yuvilishi mumkin bo'lgan qarshilikka ega ekanligini ko'rsatadi (19-rasmga qarang).



19-rasm. Yuvishga chidamliligi sinovlaridan keyin taqqoslash: (A) mato, (B) yuvish bardoshliligi sinovlaridagi mato, (C) yuvish bardoshliligi sinovlaridan keyingi mato.

Quyida mavjud ishlab chiqarish jarayonida sublimatsiya bosib chiqarish va yuqori haroratda to'qimaga bosish usuli hamda biz taklif qilayotgan mis oksid asosida to'qimaga purkash yoli bilan to'qimaga strukturaviy rang berish jarayonidagi xarajatlarini solishtirish hisobi olingan.

Yillik ishlab chiqarish hajmi va xarajatlar farqi asosida iqtisodiy samaradorlik quyidagicha ifodalanadi:

$$E_s = Q \cdot X_1 - Q \cdot X_2 \quad (2)$$

bu yerda: E_s — iqtisodiy samaradorlik

Q — yillik ishlab chiqarish hajmi,

X_1 — sublimatsiya texnologiyasi bo'yicha tannarx

X_2 — strukturaviy rang berish texnologiyasi bo'yicha tannarx

$$E_s = Q \cdot X_1 - Q \cdot X_2 = 87\,360 \cdot 32\,520 - 87\,360 \cdot 28\,710 = 332\,409\,600 \text{ so'm}$$

Taqqoslash natijalariga ko'ra, strukturaviy rang berish texnologiyasi sublimatsiya bosmaga nisbatan tannarxni kamaytiradi. Bir kvadrat metr mahsulot tannarxi 28 710 so'mni tashkil etib, sublimatsiya bosmadagi 32 520 so'mga qaraganda 3 810 so'm arzon. Yillik ishlab chiqarish hajmi 87 360 m² bo'yicha umumiy tejamkorlik 332 409 600 so'mni tashkil etadi. Bu ko'rsatkich tannarxning 11.72 % qismini tejash imkonini beradi.

XULOSA

Ushbu tadqiqot natijalari asosida quyidagi umumiy xulosalar va amaliy tavsiyalar ishlab chiqildi.

1. Paxta va aralash tolali matolarda jilodorlikni oshirish, ekologik xavfsiz va iste'molchilar talabiga mos mahsulot ishlab chiqarish parametrlari asoslandi.

2. Ikki bosqichli qaytarish usuli yordamida 190–275 nm oralig'ida monodispers Cu₂O mikrosferalari sintez qilindi va XRD, FTIR, SEM va EDS tahlillari bilan tasdiqlandi.

3. Paxta, ipak, poliester, neylon matolar yuzasiga PVA bog'lovchi vositasi yordamida Cu₂O mikrosferalari sepilib, strukturaviy rangli matolar yaratildi hamda mexanik sinovlar natijasida 100 % paxta tolali iplardan to'qilgan matoda mexanik xossasi pasayishi aniqlandi. Ipak, poliester va neylon aralashmali matolarda qo'shimcha mustahkamlik kuzatildi.

4. To'la omilli tajriba natijalari yorqinlik (Y_1) va havo o'tkazuvchanlik (Y_2) o'rtasida muvozanat zarurligini ko'rsatdi. Yorqinlik va havo o'tkazuvchanlik uchun optimal parametrlar sifatida $x_1=3\%$, $x_2=50\%$, $x_3=100 \text{ g/m}^2$ qabul qilindi.

5. Mis oksid konsentratsiyasi va yopishtiruvchi modda nisbatining optimallashtirilishi o'rganildi. Optimal natija mikrosfera massa ulushi 3.0 % va PDMS bog'lovchi modda ulushi 5–10 % ligi aniqlandi.

6. Mikrosferalarning o'lchami (165–275 nm) rang spektrini boshqaruvchi asosiy omil bo'lib, diametr ortishi bilan rang binafsha rangdan ko'k, yashil va to'q sariq ranglarga siljishi kuzatildi.

7. Mexanik sinovlar (egilish, ishqalanish, yuvish) Cu₂O fotonik kristalli naqshlarning yuqori barqarorligini ko'rsatdi.

8. SEM, EDS va XRD tahlillari Cu₂O mikrosferalarini tolalar yuzasida bir tekis taqsimlanganini va zarracha o'lchami 165–275 nm oralig'ida monodispers shaklda tayyorlanganini tasdiqladi.

9. Iqtisodiy hisob-kitoblarga ko'ra, Cu₂O asosida strukturaviy rang berish texnologiyasi sublimatsiya bosmaga nisbatan tannarxni kamaytiradi. 1 m² mahsulot tannarxi 28 710 so'm bo'lib, sublimatsiya bosmadagi 32 520 so'mga qaraganda 3 810 so'm arzon. Yillik ishlab chiqarish hajmi 87 360 m² bo'yicha umumiy tejamkorlik 332 409 600 so'mni tashkil etadi, bu esa tannarxning 11.72 % qismini tejash imkonini beradi.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ ПО ПРИСУЖДЕНИЮ УЧЁНЫХ СТЕПЕНЕЙ
DSC.03/2025.27.12.T.15.03 ПРИ НАМАНГАНСКОМ
ГОСУДАРСТВЕННОМ ТЕХНИЧЕСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ**

**НАМАНГАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ**

ИЗАТИЛЛАЕВ МУЗАФФАРХОН МУССОХОН УГЛИ

**ВНЕДРЕНИЕ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ
ПОВЫШЕНИЯ БЛЕСКА ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

**05.06.02-Технология текстильных материалов
и первичная обработка сырья**

**АВТОРЕФЕРАТ
ДИССЕРТАЦИИ ДОКТОРА ФИЛОСОФИИ (PhD) ПО ТЕХНИЧЕСКИМ НАУКАМ**

Наманган-2026

Тема диссертации доктора философии по техническим наукам зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Министерстве высшего образования, науки и инноваций Республики Узбекистан за № В2020.4.PhD/T1979.

Диссертация выполнена в Наманганском государственном техническом университете.

Автореферат диссертации на трех языках (узбекском, русском, английском (резюме)) размещен на веб-странице Научного совета (namdtu_info@edu.uz) и на Информационно-образовательном портале «Ziynet» (www.ziynet.uz).

Научный руководитель:

Эркинов Зокиржон Эркинбой угли
доктор технических наук, доцент

Официальные оппоненты:

Валиев Гулам Набиджанович
доктор технических наук, профессор

Мухтаров Журабек Райимбергенович
доктор философии по техническим наукам, доцент

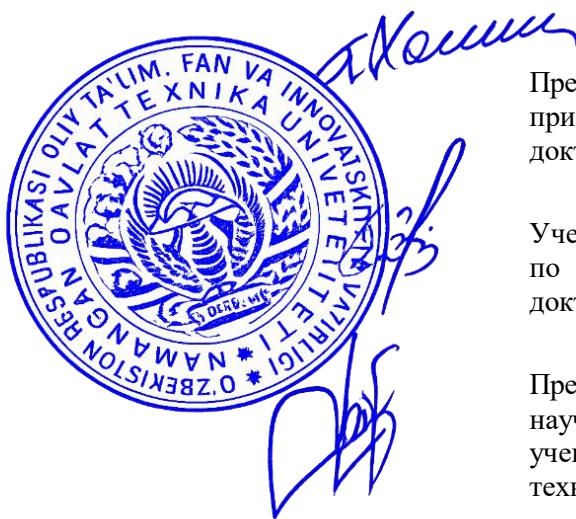
Ведущая организация:

**Узбекский научно-исследовательский институт
натуральных волокон**

Защита диссертации состоится “2” мая 2026 года в 15:30 часов на заседании при Научном совете DSc.03/2025.27.12.T.15.03 при Наманганском государственном техническом университете (Адрес: Наманган, ул. Южная кольцевая, дом 17, тел. (998) 69-234-14-85, (998) 69-234-19-96. e-mail: namdtu_info@edu.uz, Наманганский государственный технический университет, здание 12, 1- этаж, зал совещаний).

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Наманганского государственного технического университета (зарегистрирован под номером №159). (Адрес: г.Наманган, улица И.Каримова, дом 12, тел. (998) 69-234-14-85). e-mail: namdtu_info@edu.uz

Автореферат диссертации разослан “16” апреля 2026 года.
(реестр протокола рассылки №88 от “13” января 2026 года).



К.М. Холиков

Председатель научного совета по
присуждению ученых степеней,
доктор технических наук, профессор

Х.Т. Бобожанов

Ученый секретарь научного совета
по присуждению ученых степеней,
доктор технических наук, доцент

Ж.К. Юлдашев

Председатель научного семинара при
научном совете по присуждению
ученых степеней, доктор
технических наук, доцент

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))

Актуальность и востребованность темы диссертации. В мире на основе расширения объема глобального текстильного рынка, повышения темпов производства и определения функциональной и эстетической эффективности тканей особое значение придается вопросам экономного производства и рационального использования текстильной продукции. В настоящее время мировой текстильный рынок составил 1,16 миллиарда долларов США к концу 2025 года и, как ожидается, достигнет 1,61 миллиарда долларов США к 2033 году, с годовым темпом роста около 4,2%, при этом урбанизация, спрос на технические ткани и технологии цифровой печати являются ключевыми факторами¹. В то же время в текстильной промышленности во всем мире работают более 7 миллионов человек, что делает ее одной из крупнейших отраслей-работодателей². В связи с этим, в том числе увеличение объема рынка технических и функциональных текстилей до более чем 52 миллиардов долларов к 2030 году свидетельствует о растущем спросе на ткани в здравоохранении, спорте, военной и промышленной сферах, а также особое внимание уделяется внедрению инновационных, экономических и экологически безопасных производственных технологий в этом направлении.

Во всем мире проводятся научные исследования, направленные на значительное улучшение качества текстильного обеспечения, в частности, обеспечение эстетического вида, функциональных свойств и экологической безопасности текстильных изделий. В этом направлении, в частности, приоритетными считаются исследования по разработке инновационных и экономических методов повышения блеска (привлекательности) поверхности ткани, моделированию процессов взаимодействия излучения и света на поверхности ткани и оптимизации основных параметров. В то же время, устранение экологических проблем, возникающих в процессе многоступенчатой обработки традиционными методами и повышения блеска ткани с помощью химических веществ, снижение производственных затрат и облегчение технологических сложностей, обеспечение блеска на поверхности ткани экологически безопасными и инновационными подходами является одной из актуальных задач.

В нашей республике проводятся масштабные мероприятия по модернизации текстильной промышленности за счет внедрения современных технологий, расширения объемов производства, повышения качества продукции, производства экологически чистых инновационных тканей и расширения экспортного потенциала готовой продукции. В Стратегии “Узбекистан – 2030” в частности, определены задачи по доведению объема валового внутреннего продукта до 160 миллиардов долларов, доходов на душу населения - до 4 тысяч долларов, увеличению доли промышленно-

¹ Textile Market Size, Share & Growth Analysis Report, 2030 <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/textile-market>

² Global Textile Industry Statistics | ZipDo Education Reports 2025 <https://zipdo.co/global-textile-industry-statistics/>

технологической продукции с 25 до 32 процентов, производству крупными предприятиями импортозамещающей продукции и расширению кооперационных связей с региональными предприятиями, внедрению системы активного стимулирования предприятий, наладивших промышленную кооперацию. При выполнении этих задач, в частности, важными являются научные исследования, направленные на повышение блеска поверхности ткани, разработку экологически безопасных методов окрашивания и улучшение функциональных свойств.

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит выполнению задач, предусмотренных в “Положение о порядке субсидирования части стоимости оборудования, приобретенного в рамках проектов по производству крашеного полотна, смесового и крашеного полотна в Республике Каракалпакстан и областях”, утвержденное приложением к Постановлению Кабинета Министров Республики Узбекистан от 30 сентября 2022 года № 556 “О мерах по дальнейшему расширению производства продукции глубокой переработки и готовой продукции с высокой добавленной стоимостью на текстильных и швейно-трикотажных предприятиях а также финансовой поддержке их экспорта”, в Указе Президента Республики Узбекистан от 16 января 2025 года № УП-6 “О дополнительных мерах по развитию цепочки переработки в текстильной и швейно-трикотажной промышленности”, Постановлении Президента Республики Узбекистан от 19 сентября 2025 года № ПП-290 “О мерах по ускорению реформ и расширению экспортного потенциала текстильной и швейно-трикотажной промышленности”, а также в других нормативно-правовых документах, принятых в данной сфере.

Соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий республики. Диссертационное исследование соответствует приоритетным направлениям развития науки и технологий республики II. “Энергетика, энерго-и ресурсосбережение”.

Степень изученности проблемы. Ряд известных зарубежных ученых, в частности, Н.Г.Новиков, D.J.Morfi, Bonn, E.Ermetj, Т.Ю.Ерохин, К.А.Курочкин, А.М.Кузнецов, А.Оников, Ibrahim, N. A., Gao, Y., Cranston, R., Kanade, P., Patel, B., Zhou, Q., Lv, J., Ren, Y., Chen, J., Gao, D., Zhu, K.; Fang, C.; Пу, М.; Сонг, Дж.; Wang, D.; Zhou, X. Zhang Ao, Yuan Wei, Zhou Ning и др. внесли свой вклад научными работами, направленными на глубокое изучение таких аспектов, как влияние факторов, влияющих на структуру ткани, на внешний вид ткани, технологию производства ткани полотняного переплетения из различных волокон, производство тканей путем придания структурного цвета поверхности текстильных тканей.

Научные работы известных ученых Узбекистана, таких как И.А.Набиевой, Т.Б.Ташкенбаевой, С.Ш.Аъзамжоновой, М.Ирматовой, К.М.Расуловой, М.У.Улугбековой посвящены производству тканей и оптимизации параметров цветостойкости, яркости и воздухопроницаемости ткани. В результате проведенных их научных исследований достигнуты значительные результаты по совершенствованию функциональных и

эстетических свойств тканей, внедрению экологически безопасных и инновационных методов обработки, а также повышению конкурентоспособности текстильной продукции.

Вместе с тем, проблемы, возникающие в ходе комплексных научных исследований, направленных на формирование микро-нано структуры на основе наночастиц Cu_2O для повышения блеска тканей, выработанных простым переплетением из хлопковых и полиэфирных нитей, а также на контроль их упорядоченного расположения на поверхности ткани и оптических эффектов, изучены недостаточно

Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательских работ высшего образовательного учреждения, где выполнена диссертация. Диссертационное исследование выполнено в рамках Узбекско-Китайского международного проекта (2023-2024) **AL-21122144** на тему “Размеры наночастиц на основе меди и их применение в антибактериальных самохромогенных хлопковых волокнистых материалах” в соответствии с планом научно-исследовательских работ Наманганского государственного технического университета.

Цель исследования. Получение ткани с повышенным блеском и структурным цветовым эффектом с использованием новой инновационной технологии.

Задачи исследования:

анализ исследований по изучению влияния факторов, влияющих на структуру ткани, на внешний вид ткани, технологии производства ткани из нитей с различным волокнистым составом;

анализ исследований по исследованию инновационных методов отделки и улучшения свойств текстильных тканей под воздействием химического состава и цветообразования;

исследование использования фотонических кристаллов- инновационного метода получения цвета в волокнистых изделиях;

применение микросфер оксида меди в текстильных тканях и проведение исследований по объему и размерному распределению оксида меди;

создание микро-наноструктуры на поверхности волокнистых материалов и разработка технологии ее регулирования;

осуществление технического расчета тканей, окрашиваемых на основе оксида меди, и оценка яркости, блеска и эстетического вида цвета в ткани.

Объектом исследования являются ткань простого(полотняного) переплетения из нитей с различным волокнистым составом, ткань с микро-наноструктурой, образуемая с помощью наночастиц оксида меди, и их физико-химические свойства.

Предметом исследования являются инновационные технологии, направленные на повышение поверхностного блеска текстильных тканей простого переплетения, в частности, методы получения структурного цвета на основе оксида меди, структура ткани, влияние параметров нити и влияние процесса окрашивания на физико-оптические свойства.

Методы исследования. В процессе исследования использовались методы испытания текстильных материалов, анализа сил теоретической механики, действующих на ткань, распыления наночастиц на волокнистые материалы, анализа структуры с помощью микроскопических наблюдений (SEM, FESEM), обработки результатов экспериментов, FTIR (инфракрасная спектроскопия) - определение химических связей, XRD (рентгеновская дифракция) - измерение уровня кристалличности, UV-Vis спектроскопия - оценка оптических свойств.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

разработана усовершенствованная технология повышения структурного блеска поверхности текстильных тканей путем создания микро-наноструктуры с использованием наночастиц оксида меди;

определены оптимальные значения концентрации наночастиц оксида меди на основе усовершенствованного технологического подхода для повышения блеска текстильных тканей с помощью регрессионной математической модели;

разработан способ отражения цвета от падающего света путем распыления наночастиц оксида меди (Cu_2O) на поверхность текстильных тканей связующим средством ПДМС;

the optimal values for the amount of adhesive and the mass fraction of microspheres for increasing the gloss of textile fabrics were determined.

Практические результаты исследования исследования заключаются в следующем:

разработаны оптимальные параметры, служащие для повышения яркости ткани, на основе взаимосвязи между концентрацией оксида меди, доли содержанием полиэстера и поверхностной плотностью ткани;

с помощью моделей, созданных в программе Matlab, были построены графики изолиний и визуально проанализировано влияние образовавшихся на поверхности ткани структур на блеск;

основываясь на результатах эксперимента, уровень яркости достиг 86.55%, а воздухопроницаемость составила - $251 \text{ м}^3/\text{м}^2/\text{с}$, что считается практически высоким показателем;

на основе полученных результатов разработаны практические рекомендации для текстильных предприятий.

Достоверность результатов исследования. В заключение исследования достоверность результатов объясняется соответствием исследуемой проблемы результатам известных экспериментальных исследований в этой области, обоснованным выбором исследований с использованием современных методов и приборов, положительными результатами проведенных апробаций и внедрения в производство, их сравнительным анализом с данными в изучаемой области науки.

Научная и практическая значимость результатов исследования.

Научная значимость результатов исследования объясняется тем, что для получения ткани рекомендовано использование одиночных пряж из хлопковых и полиэфирных волокон с полотняным переплетением, определены

физико-механические показатели полученной ткани, на ткань, изготовленную из смешанных пряж, нанесено красочное покрытие по современной технологии и достигнуто получение текстильной ткани, обработанной на основе современных технологий.

Практическая значимость исследования объясняется тем, что на основе полученных результатов предложен экологически безопасный, экономически эффективный и промышленно применимый технологический процесс, который не только улучшает эстетический вид текстильных изделий, но и повышает их функциональные свойства.

Внедрение результатов исследования: на основе результатов, полученных при исследовании текстильных материалов, выработанных из хлопчатобумажной и полиэфирной пряжи и обработанных современным технологическим методом: текстильные материалы с повышенным структурным блеском путем создания микро-нано структуры на тканях с использованием наночастиц оксида меди, внедрены в производство на предприятиях ООО “Art Soft Tex” и ООО “Fabrictex” в городе Наманган (Справка Ассоциации “Узтекстильпром” Республики Узбекистан № 02/06-105 от 22 января 2026 года). В результате было установлено, что массовая доля микросферы составляет 3,0% и доля связующего вещества ПДМС 5-10%, а также в качестве оптимальных параметров для яркости и воздухопроницаемости приняты $x_1=3\%$, $x_2=50\%$, $x_3=100$ г/м², общая экономическая эффективность при годовом объеме производства 87 360 м² составляет 332 409 600 сум.

Апробация результатов исследования. Результаты исследования обсуждались на 2 зарубежных и 4 республиканских научно-практических конференциях.

Публикация результатов исследования. Всего по теме диссертации опубликовано 11 научных работ, из них 5 статей в научных изданиях, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов диссертаций, в том числе 4 в республиканских и 1 в зарубежном журнале.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Объем диссертации составляет 117 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во “Введении” обоснованы актуальность и востребованность выбранной темы, выражены основная цель и задачи исследования, также характеризуются объект и предмет, показано соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий республики, излагаются научная новизна и практические результаты исследования, излагаются научная и практическая значимость полученных результатов, внедрение в практику результатов исследования, сведения по опубликованным работам и структуре диссертации.

В первой главе диссертации под названием **«Аналитический обзор научно-исследовательской работы и задачи исследования»** были проанализированы научные исследования, связанные с темой диссертации, представленные в журналах по технологии текстильного производства, статьях, научных сборниках, монографиях, диссертациях, а также в научной и учебной литературе. Также были изучены интернет-источники и информационные материалы по данной отрасли. Проведён анализ теоретических и практических исследований основных факторов, определяющих внешний вид поверхности текстильных материалов, включая структуру пряжи, тип переплетения, процессы поглощения и отражения света. Проанализированы тенденции развития технологии структурного окрашивания в Японии, Китае и странах Европы, их внедрение в текстильную промышленность и возможности применения в условиях Узбекистана.

Задачей диссертационной работы определены вопросы применения микросфер оксида меди в текстильных тканях и формирования структурного цвета за счет объема и размеров оксида меди и его научного обоснования.

Во второй главе диссертации, озаглавленной **«Исследование применения наночастиц, основанное на инновационном методе для повышения блеска текстильных тканей»**, были синтезированы микросферы оксида меди размером 210 ± 10 нм с использованием двухступенчатой жидкофазной (редукционной) технологии восстановления.

Первый этап. Для приготовления медного прекурсорного раствора в колбу объёмом 500 мл последовательно добавляли 3 г поливинилпирролидона ($M_n = 55,0$), 0,98 г натрий цитрата дигидрата ($C_6H_5Na_3O_7 \cdot 2H_2O$) и 0,6640 г медного ацетата моногидрата ($C_4H_6CuO_4 \cdot H_2O$), который использовался как источник ионов меди. Затем в колбу наливали 60,0 мл этиленгликоля и 200,0 мл деионизированной воды. Смесь перемешивали магнитной мешалкой в течение 3 часов, после чего подвергали ультразвуковым колебаниям. В результате твёрдые вещества полностью растворялись, образуя прозрачный раствор светло-голубого цвета.

Второй этап. Синтез необходимых микросфер Cu_2O проводился в щелочной среде с использованием гидроксида натрия (NaOH). Вначале в медный раствор постепенно добавляли 20,0 мл 0,40 mol. раствора NaOH, после чего жидкость приобрела насыщенный синий цвет. После интенсивного перемешивания в течение 10 минут дважды вводили 15,0 мл 0,2 mol. раствора аскорбиновой кислоты в качестве восстановителя и продолжали перемешивание в течение 1 часа. В результате образовалась эмульсия Cu_2O (оксид меди). Для выделения продукта смесь на центрифуге вращали при скорости 8000 об/мин в течение 10 минут. Для удаления примесей полученный осадок промывали смесью безводного этанола и деионизированной воды в соотношении (1:1), затем высушивали. В итоге были получены микросферы Cu_2O (см. рисунок 1). Установлено, что при изменении молярного соотношения цитрата (Cit^{3-}) и ионов меди (Cu^{2+}) в пределах 0,9; 1,0; 1,1 и 1,2 можно синтезировать микросферы Cu_2O различного размера- от 190 нм до 275 нм.

После нанесения Cu_2O поверхность волокон нитей, составляющих ткань, была проанализирована с помощью сканирующего электронного микроскопа (SEM) (см. рисунок 2). На изображениях 2а, с, е, g показаны соответственно волокна нитей хлопковых, шелковых, полиэстерных и нейлоновых тканей до распыления оксида меди. На изображениях 2b, d, f, h представлены SEM-снимки тех же тканей после обработки Cu_2O . На них видно, что наночастицы Cu_2O расположены на поверхности волокон равномерно и упорядоченно.

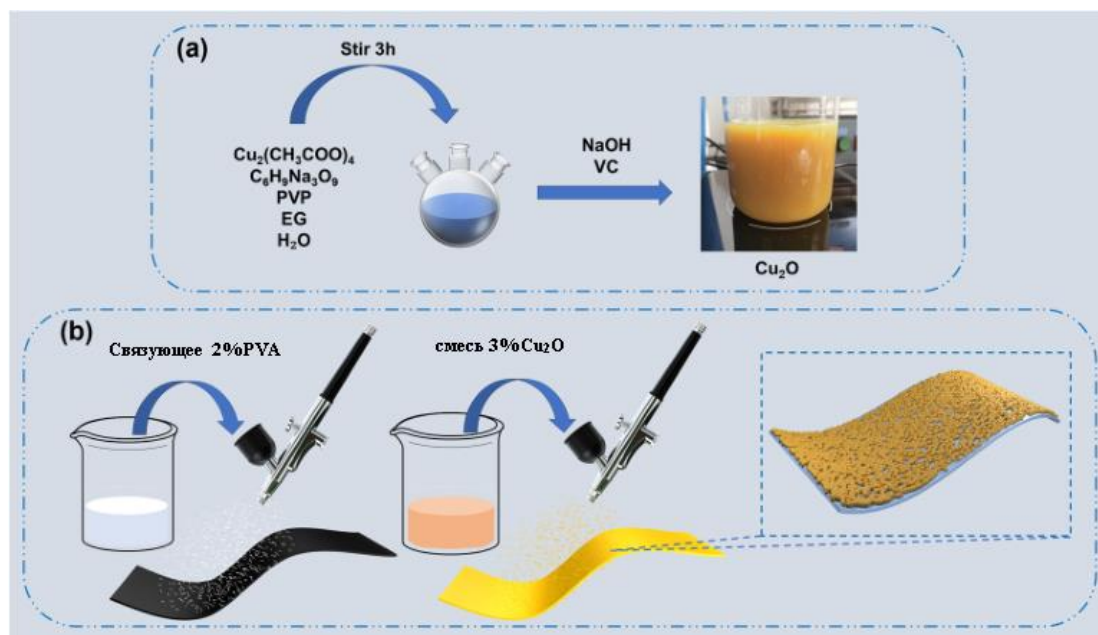


Рисунок 1. Подготовка покрытия с частицами Cu_2O : а) получение микросфер Cu_2O , б) подготовка и получение тканей со структурным окрашиванием.

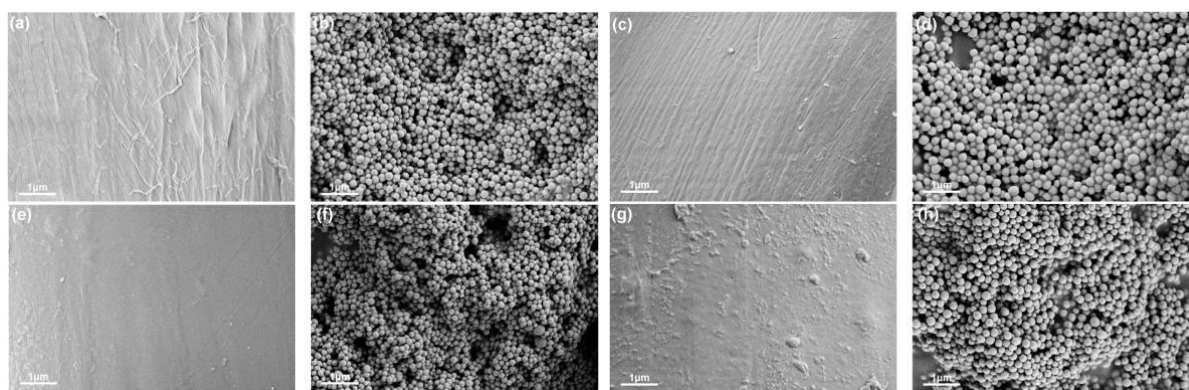


Рисунок 2. SEM-изображения различных волокон до и после покрытия Cu_2O (увеличение $\times 15\,000$): а) хлопковое волокно, б) хлопковое волокно с распылённым Cu_2O , с) шёлк, d) шёлк с распылённым Cu_2O , е) полиэстер, f) полиэстер с распылённым Cu_2O , g) нейлон, h) нейлон с распылённым Cu_2O .

Путем синтеза оксида меди, изменяя соотношение цитрата и Cu^{2+} , можно получить желтые, оранжевые, зеленые или красные оттенки на поверхности ткани с микросферой оксида меди для изготовления структурно окрашенных тканей. Применяя микросферы Cu_2O различного размера и распыляя их на поверхность ткани, удаётся сформировать структурные цвета, результаты чего

представлены на рисунке 3. Из изображений, приведённых на рисунке 3, видно, что полученные структурные цвета на основе оксида меди обладают целостностью и выраженным оптическим эффектом.

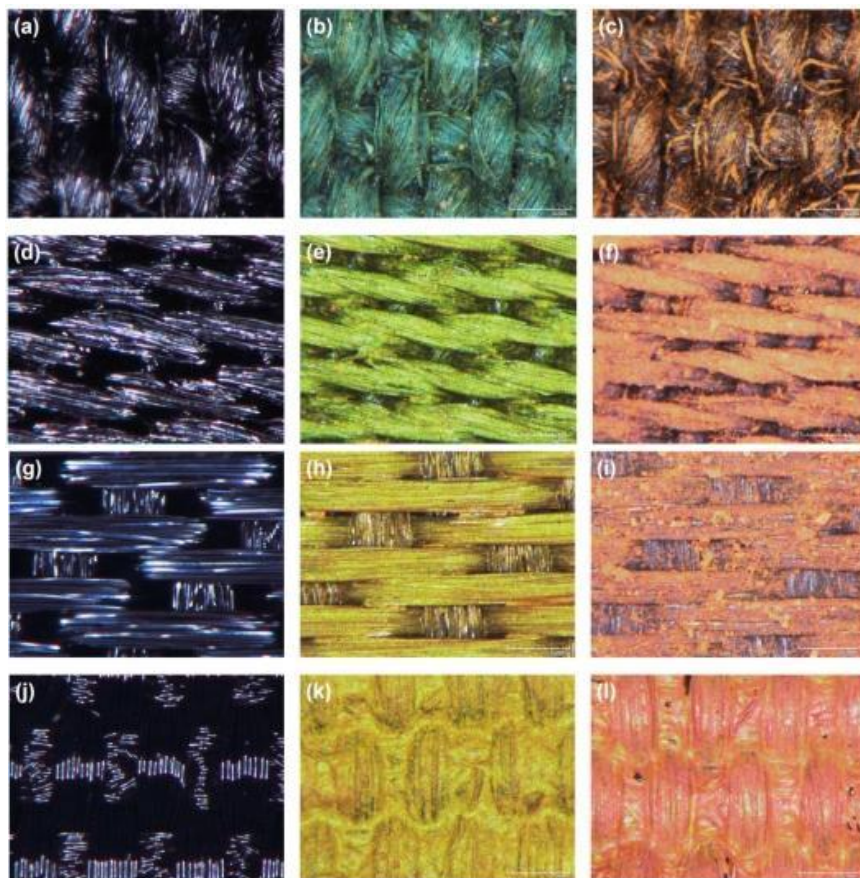


Рисунок 3. Изображения тканей с распылённым оксидом меди ($\times 100$):

- а) хлопчатобумажная ткань, б) хлопчатобумажная ткань с распылённым оксидом меди 165 нм, с) хлопчатобумажная ткань с распылённым оксидом меди 245 нм, д) шёлковая ткань, е) шёлковая ткань с распылённым оксидом меди 165 нм, ф) шёлковая ткань с распылённым оксидом меди 245 нм, г) полиэстеровая ткань, х) полиэстеровая ткань с распылённым оксидом меди 165 нм, и) полиэстеровая ткань с распылённым оксидом меди 245 нм, ж) нейлоновая ткань, к) нейлоновая ткань с распылённым оксидом меди 165 нм, л) нейлоновая ткань с распылённым оксидом меди 245 нм.

Отражательная способность подготовленных тканей со структурным окрашиванием была испытана на приборе УФ–Vis спектрофотометр (см. рисунок 4). Из рисунка 4. видно, что в процессе синтеза оксида меди при изменении соотношения цитрата и ионов Cu^{2+} можно получить оксид меди четырёх различных размеров. Структурные цвета, полученные в результате саморасположения микросфер различных размеров, имеют высокий коэффициент отражения и высокий пик, что свидетельствует о хорошем структурном цветовом эффекте. Однако из-за сильного поглощения микросфер оксида меди в синем–фиолетовом диапазоне видимого спектра на тканях преимущественно проявляются жёлтые и тёмно-оранжевые оттенки. Поэтому получение синего цвета в данном материале затруднено. Тем не менее, благодаря характерному жёлто-оранжевому оттенку микросфер оксида

меди в эксперименте удалось сформировать на тканях насыщенный оранжевый цвет.

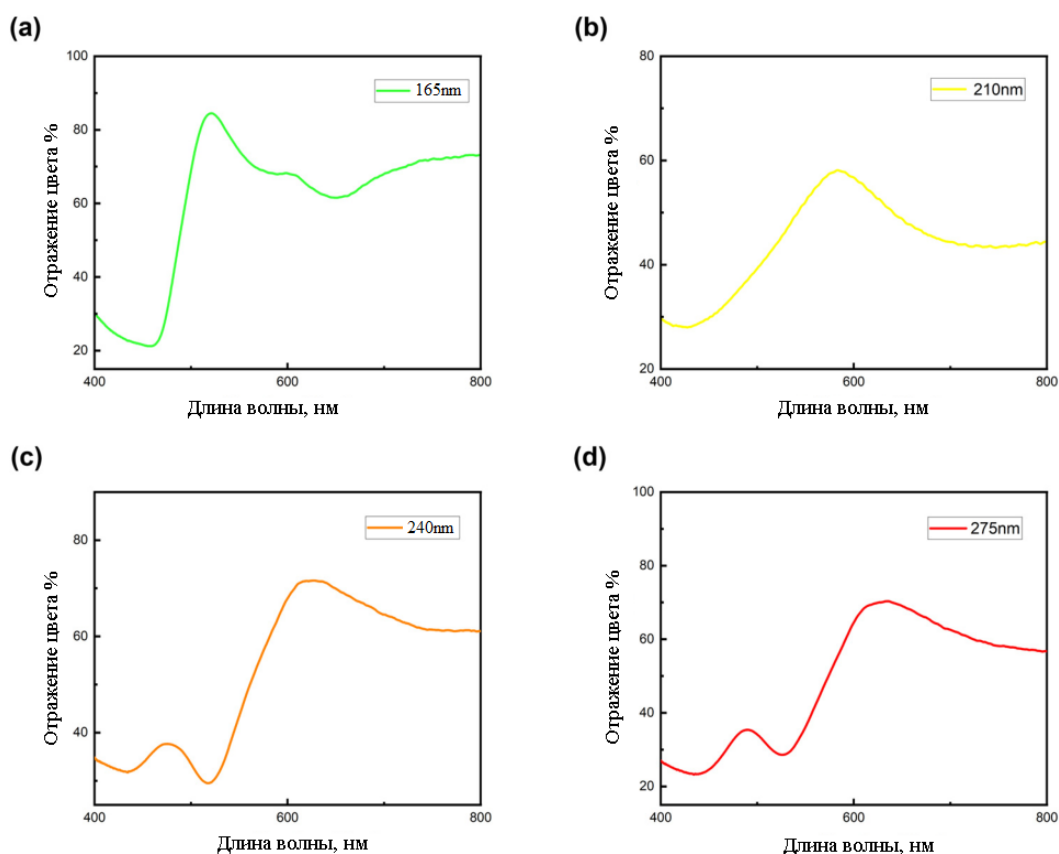


Рисунок 4. Кривые отражения структурно окрашенных тканей: (a) 165 нм, (b) 210 нм, (c) 240 нм, (d) 275 нм.

Целесообразно эффективно использовать многофакторное математическое моделирование при изучении входных параметров, определяющих свойства повышения блеска ткани.

В качестве влияющих факторов были взяты x_1 - концентрация оксида меди в %, x_2 - содержание полиэстера в % и x_3 - поверхностная плотность ткани (г/м^2). Выбор уровней и диапазонов изменения изучаемых факторов приведен в таблице 1.

Таблица 1.

Выбор уровней и интервалов изменения исследуемых факторов

Названия факторов и их обозначения	Уровни изменения			Интервал изменения
	-1	0	1	
Концентрация оксида меди, %	1	3	5	2
Доля полиэстера в ткани, %	10	30	50	20
Поверхностная плотность ткани, г/м^2	100	120	140	20

При определении коэффициентов регрессии используется критерий Стьюдента, а для проверки адекватности или неадекватности математической модели применяется критерий Фишера. В качестве выходных факторов выбраны Y_1 – яркость, % и Y_2 – воздухопроницаемость.

$$Y_1 = 70,86 + 3,25x_1 + 1,63x_2 - 4,38x_3 - 2,75x_2x_3 - 2,46x_2^2 - 2,21x_3^2$$

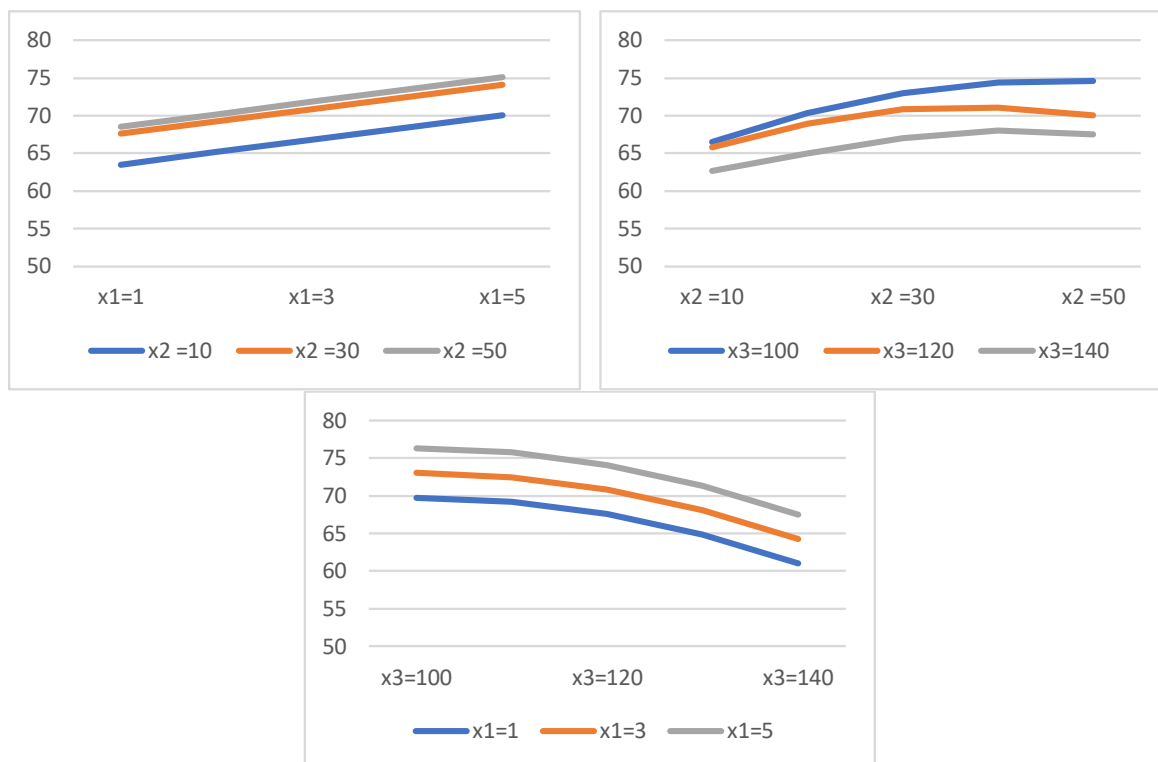


Рисунок 5. График зависимости яркости ткани от концентрации оксида меди, доли полиэстера и поверхностной плотности ткани.

$$Y_2 = 193,4 - 26,75x_1 - 19,38x_2 - 25,38x_3 + 15,5x_1x_2 + 9x_1x_3 + 1,75x_2x_3 - 3,3x_1^2$$

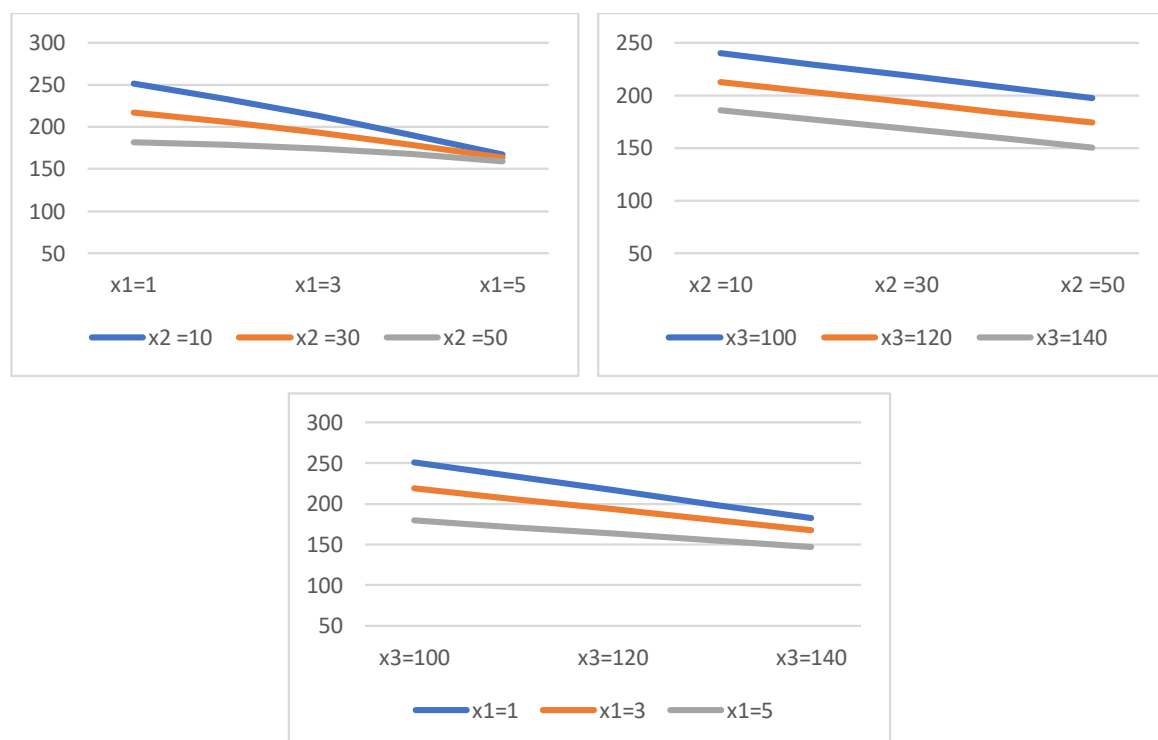


Рисунок 6. График зависимости воздухопроницаемости ткани от концентрации оксида меди, доли полиэстера и поверхностной плотности ткани.

Таблица 2.

Сводная таблица заправочных расчетов ткани

№	Наименование показателей		Условное обозначение	Единица измерения	Показатель
1.	Коэффициент соединения ткани		C	—	5,96
2.	Коэффициент переплетения		F	—	2
3.	Коэффициент заполнения ткани		$K_{\text{ткань}}$	—	0,698
4.	Заполнение ткани основными нитями		K_o	—	0,93
5.	Заполнение ткани уточными нитями		K_y	—	0,75
6.	Средняя линейная плотность нитей в ткани		$T_{\text{ср}}$	текс	19
7.	Марка ткацкого станка		—	—	Water Jet Rifa 280
8.	Ширина ткани:	готовая	$B_{\text{г}}$	см	230
		суровая	$B_{\text{с}}$	см	249,5
9.	Общее количество основных нитей		$n_{\text{общ}}$	шт	5615
10.	Номер берда		$N_{\text{бердо}}$	—	106
11.	Количество ремизок		$n_{\text{рем}}$	шт	4
12.	Количество основонаблюдателей		$n_{\text{осн.н.}}$	шт	5615
13.	Масса 1 м суровой ткани		$M_{\text{пог.м}}$	г	0,256
14.	Масса 1 м ² суровой ткани		$M_{\text{м}^2}$	кг	0,103
15.	Заполнение поверхности ткани волокнистыми материалами:				
	а) по основе		E_o	%	39,15
	б) по утку		E_y		44,919
	Всего		$E_{\text{общ}}$		66,48

На основе результатов полнофакторного эксперимента для основы использована хлопчатобумажная пряжа с линейной плотностью 20 текс, а для утка-полиэстерная нить 18 текс (DTY 162/288 SIMM). Ткань полотняного переплетения была соткана с плотностью 225 нитей/10 см по основе и 279 нитей/10 см по утку на предприятии «Home teks NT». Заправочные параметры ткани и производственные параметры приведены в таблице 2. (см. таблицу 2).

В третьей главе диссертации под названием «Влияние оксида меди на придание цвета и блеска тканым материалам в зависимости от переплетения и волокнистого состава» изложены результаты синтеза микросфер оксида меди, анализ их физико-химических свойств и экспериментальная разработка технологии формирования структурного цвета в тканях.

Поскольку концентрация микросфер Cu_2O , полученных центрифугированием, слишком высока и они легко слипаются, поэтому их невозможно напрямую использовать при нанесении структурных цветных печатных узоров методом распыления. Для решения этой проблемы необходимо добавить определенное количество безводного этанола с целью регулирования концентрации микросфер.

Целью исследования было получение более глубокого понимания влияния массовой доли микросфер на эффект структурного цветного узора на хлопчато-полиэстерной ткани. Морфология поверхности полученных структурных цветных узоров и внутреннее расположение микросфер были подробно изучены, результаты приведены (см. рисунки 7 и 8).

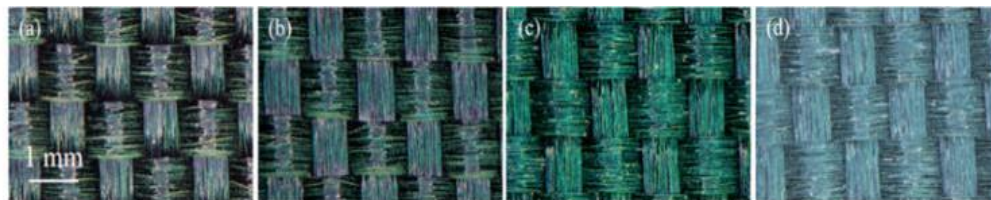


Рисунок 7. Видеомикроскопические изображения фотонных кристаллических структур, полученных из структурных хромогенных красок с различной концентрацией микросфер: (a) 0,5%; (b) 1,0%; (c) 3,0%; (d) 5,0%

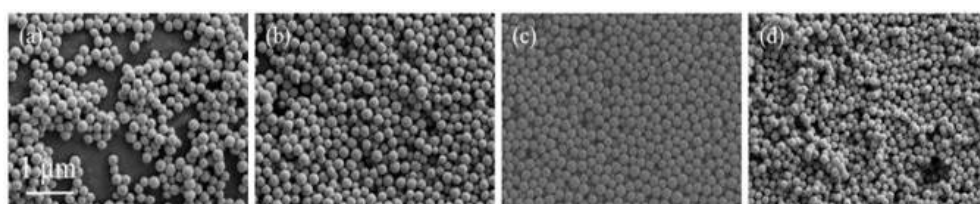


Рисунок 8. FESEM-изображения фотонных кристаллических структур, полученных с использованием структурных хромогенных красок с различной концентрацией микросфер оксида меди: (a) 0,5%; (b) 1,0%; (c) 3,0%; (d) 5,0%

Выше показано расположение микросфер в полученной фотонной кристаллической структуре. Согласно изображению, концентрация микросфер в определённой степени влияет на порядок их расположения. При массовой доле микросфер 0,5 % их концентрация в краске низкая, расстояние между микросферами велико и образуется много пустот. Такая ситуация приводит лишь к частично упорядоченному расположению микросфер, в результате чего структурный цвет на поверхности ткани покрывается неполностью и цветовой эффект оказывается слабым.

При массовой доле 1,0 % концентрация микросфер всё ещё низкая, их расположение остаётся неупорядоченным, что в определённой степени отрицательно влияет на цветовой эффект фотонной кристаллической структуры. Когда массовая доля микросфер достигает 3,0 %, они располагаются плотно и упорядоченно, что обеспечивает яркий и привлекательный структурный цвет. Однако при массовой доле 5,0 % микросферы распределяются хаотично, что приводит к снижению структурного цветового эффекта ткани.

На основании вышеизложенного анализа можно сказать, что при массовой доле микросфер Cu_2O в структурной цветной печатной пасте, равной 3,0 %, возможно формирование фотонной кристаллической цветной структуры с хорошей целостностью и чётким структурным цветовым эффектом на текстильной основе.

При печати структурных цветных узоров на основе микросфер Cu_2O было изучено влияние различных соотношений связующего PDMS. Морфология поверхности полученных структурных цветных узоров и внутреннее расположение микросфер были исследованы, результаты приведены ниже (см. рисунки 9–10).

В случаях, когда доля связующего составляет от 5,0 % до 10,0 %, поверхность ткани полностью покрыта фотонным кристаллическим структурным цветом, структура переплетения ткани отчётливо видна и формируется яркий структурный цвет. При содержании связующего более 10,0 % структурный цвет на поверхности ткани сохраняется, но появляется слегка побелевший оттенок. Когда доля связующего достигает 25,0 %, фотонный кристаллический структурный цвет приобретает полностью побелевший вид.

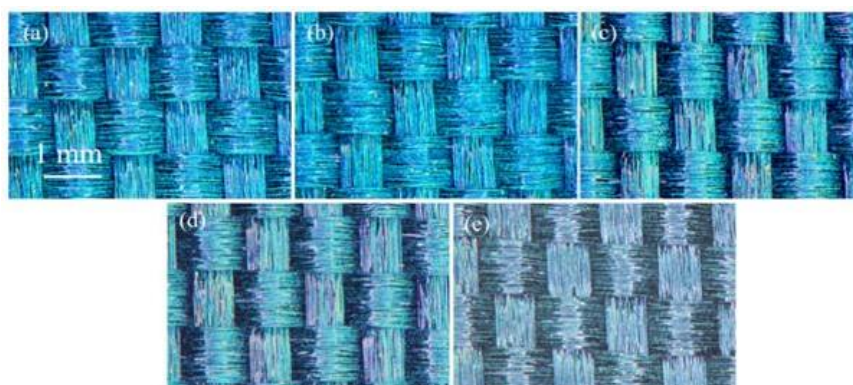


Рисунок 9. Видеомикроскопические изображения фотонных кристаллических структурных цветов, полученных при различных соотношениях связующего вещества: (a) 5,0%; (b) 10,0%; (c) 15,0%; (d) 20,0%; (e) 25,0%

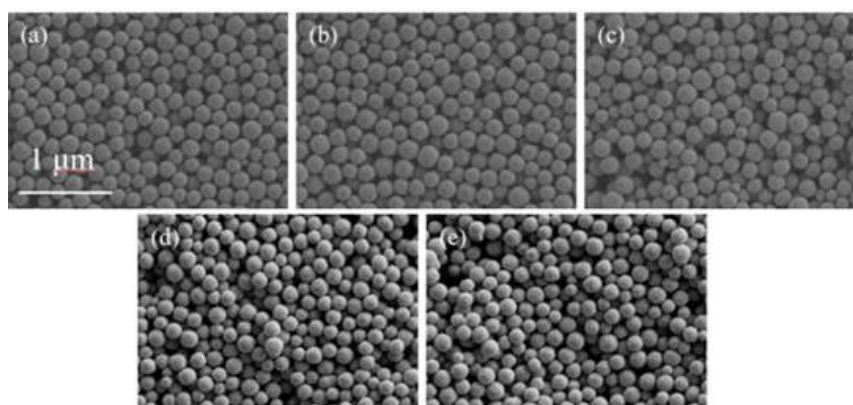


Рисунок 10. FESEM-изображения фотонных кристаллических структурных цветов, полученных при различных соотношениях связующего вещества: (a) 5,0%; (b) 10,0%; (c) 15,0%; (d) 20,0%; (e) 25,0%.

В полученной фотонной кристаллической структуре расположение микросфер показано на рисунке 10. Согласно изображению, при содержании связующего вещества от 5,0 % до 10,0 % микросферы располагаются упорядоченно и плотно связаны между собой, что обеспечивает чёткий и яркий структурный цвет. При содержании связующего вещества от 15,0 % до 20,0 % расположение микросфер становится относительно неупорядоченным,

что влияет на формирование фотонного кристаллического структурного цвета. Когда количество связующего достигает 25,0 %, его избыток нарушает упорядоченное расположение микросфер, и структурный цветовой эффект ухудшается.

В заключение можно сказать, что количество связующего вещества в системе оказывает влияние на расположение микросфер в процессе печати. В структурной цветной печатной пасте на основе микросфер Cu_2O при содержании связующего от 5,0 % до 10,0 % возможно формирование фотонной кристаллической цветной структуры с хорошим структурным цветовым эффектом на текстильной основе.

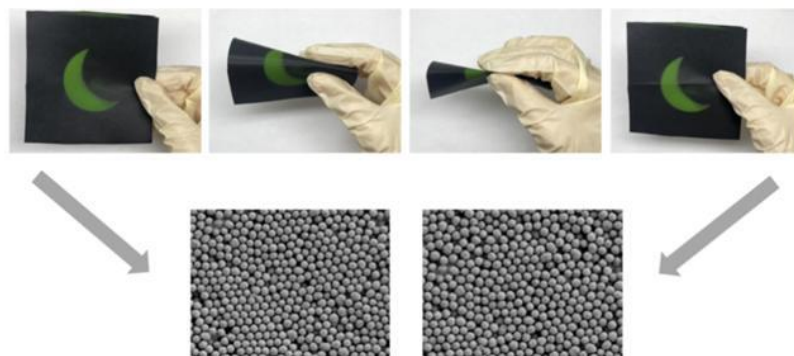


Рисунок 11. Процесс искусственного изгибания фотонного кристалла оксида меди и соответствующие цифровые фотографии (вверху), а также FESEM-изображения (внизу)

В результате испытания на изгиб было установлено, что фотонная кристаллическая структура Cu_2O демонстрирует яркий и привлекательный эффект устойчивости структурного цветного узора (см. рисунок 11). На FESEM-изображениях видно, что микросферы расположены регулярно и упорядоченно; после изгибания структурный цвет остался неизменным, на местах изгиба не наблюдалось никаких признаков расслоения, а упорядоченное расположение микросфер также не было нарушено. Добавление связующего вещества PDMS значительно повысило стабильность между цветообразующей структурой фотонного кристалла Cu_2O и основным слоем. Это затрудняет отделение структуры от основы в процессе изгибания и демонстрирует превосходную прочность и устойчивость цветообразующей структуры.

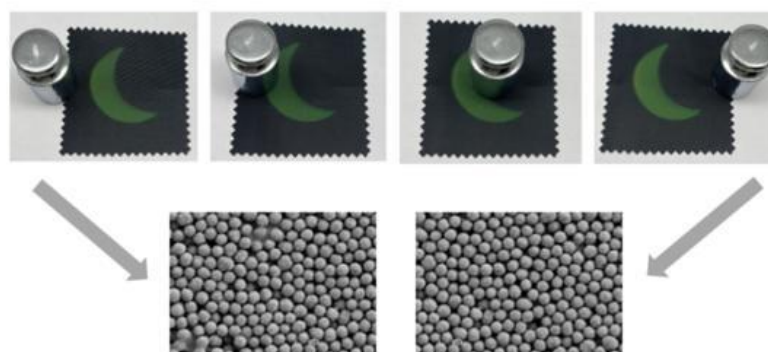


Рисунок 12. Процесс испытания фотонного кристалла оксида меди на трение и соответствующие цифровые фотографии (вверху), а также FESEM-изображения (внизу)

Оценка устойчивости структурного цветного узора: для оценки устойчивости структурного цветного узора было проведено испытание на трение (см. рисунок 12). Как видно, фотонная кристаллическая структура Cu_2O после трения практически не разрушилась, то есть структурный цветной узор сохранил своё состояние. Это объясняется тем, что добавленный к оксиду меди связующий PDMS укрепил связь между фотонным кристаллом Cu_2O и основным слоем. FESEM-изображения подтверждают эту прочность благодаря плотному и упорядоченному расположению микросфер. Таким образом, добавление PDMS усилило сцепление цветообразующей структуры фотонного кристалла Cu_2O с основным слоем, что снизило вероятность её отделения в процессе трения. В результате доказано, что структурный цветной узор обладает высокой степенью прочности.

Как показано с помощью сканирующего электронного микроскопа (SEM), поверхность ткани после покрытия оксидом меди была исследована для анализа морфологии (см. рисунок 13). В различных условиях были синтезированы четыре типа микросфер оксида меди с размерами 165 нм, 210 нм, 240 нм и 275 нм. Изображение в верхнем правом углу соответствует проявлению различных цветов микросфер оксида меди в чашке Петри. Микросферы оксида меди обладают гладкой поверхностью, отличной сферичностью и одинаковым размером.

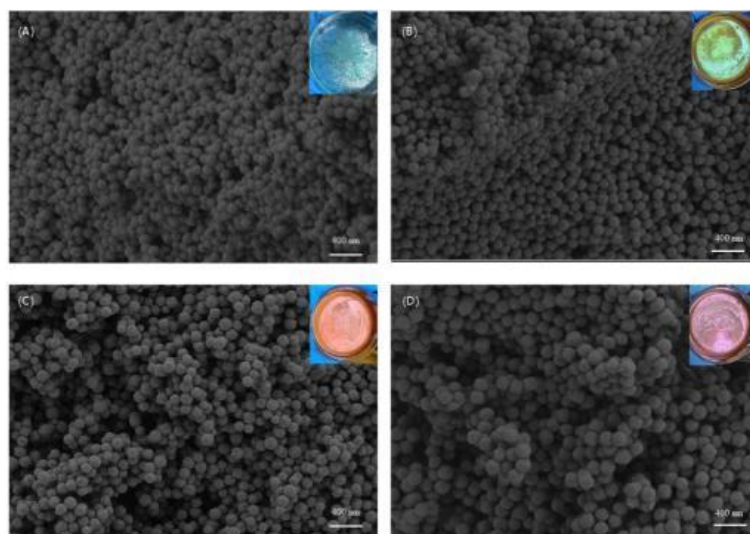


Рисунок 13. SEM-изображения микросфер Cu_2O различных размеров: А) 165 нм, В) 210 нм, С) 240 нм, D) 275 нм.

Из-за фотонных запрещённых линий, присутствующих в самом фотонном кристалле, свет определённой длины волны не может распространяться и отражается, что приводит к интерференционной дифракции в периодической среде. Если длина волны находится в видимой области, человеческий глаз способен воспринимать яркие структурные цвета. В фотонных кристаллах принцип образования цвета соответствует закону дифракции Брегга. Его можно выразить в виде уравнения (1).

$$m\lambda = 2d_{\text{мл}}(n^2 - \sin^2 \theta)^{\frac{1}{2}} \quad (1)$$

здесь:

m — порядок дифракции по Бреггу;

λ — длина волны дифракции, нм;

d — межплоскостное расстояние, нм;

n — средний эффективный показатель преломления;

θ — угол падения света, градус.

Максимальная отражённая длина волны структурного цвета в фотонном кристалле тесно связана с межплоскостным расстоянием кристалла, показателем преломления материала и углом падения света. Таким образом, фотонное структурное пространство можно эффективно регулировать путём изменения периодической структуры в фотонном кристалле, показателя преломления материала и размера частиц фотонного кристалла (см. рисунок 14).

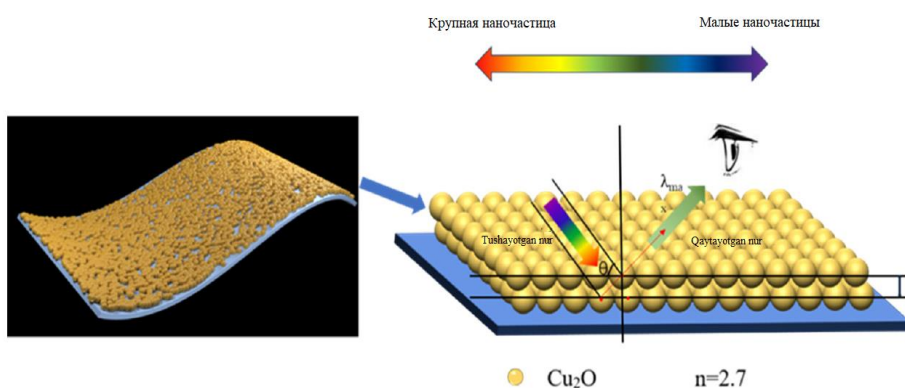


Рисунок 14. Структурная цветовая схема.

Цвет структурно окрашенной ткани изменяется от фиолетового к синему, зелёному, жёлто-зелёному и тёмно-оранжевому по мере увеличения диаметра частиц Cu_2O от 165 нм до 210 нм, 240 нм и 275 нм. Схема структурных цветов приведена на рисунке 15 (см. рисунок 15).

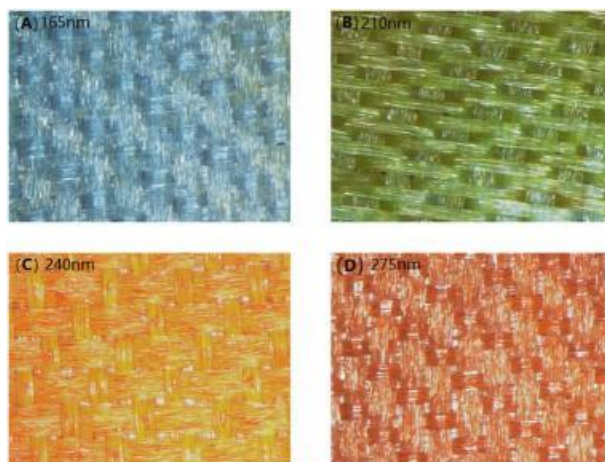


Рисунок 15. Фотографии структурно окрашенных тканей: (A) 165 нм, (B) 210 нм, (C) 240 нм, (D) 275 нм

Из кривых линий отражения структурно окрашенной ткани видно, что в процессе синтеза Cu_2O путём регулирования соотношения цитрата и ионов

Cu^{2+} можно получить четыре типа микросфер Cu_2O различного диаметра (см. рисунок 16). Ткани, обработанные распылением микросфер Cu_2O разных размеров, демонстрируют различные цвета. Для ткани, покрытой микросферами оксида меди диаметром 275 нм, степень отражения света превысила 80 %, а длина волны отражённого света находилась в диапазоне 650–700 нм.

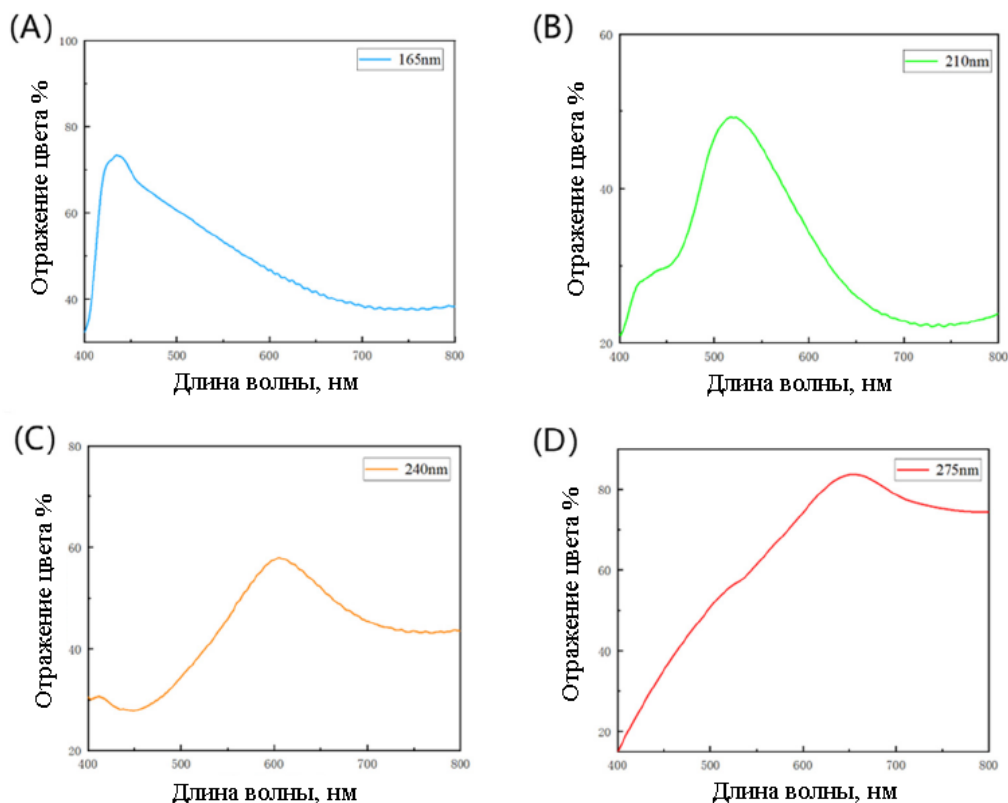


Рисунок 16. Кривые линии отражения структурно окрашенных тканей с микросферами оксида меди различного размера: А) 165 нм, В) 210 нм, С) 240 нм, D) 275 нм

Для дополнительного подтверждения стойкости структурно окрашенной ткани были проведены испытания на трение, светостойкость, устойчивость к стирке и изгиб..

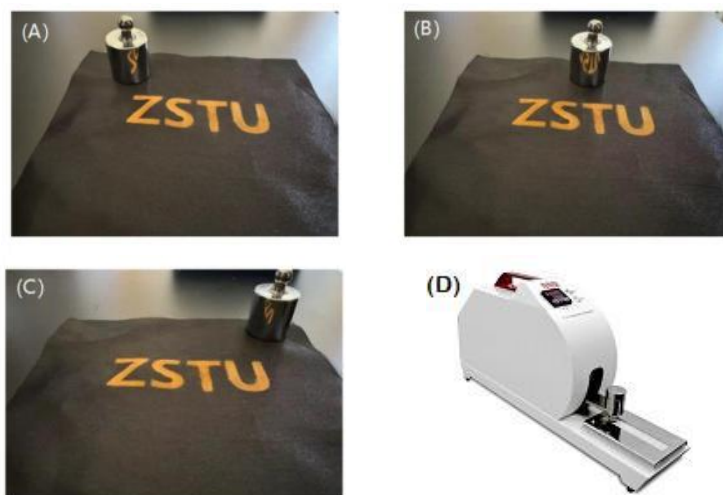


Рисунок 17. Испытания на стойкость к трению и прочности окраски: а) ткань, б) ткань во время трения, с) ткань после трения, d) прибор Crockmeter TF411.

Испытание на трение было проведено в соответствии с международным стандартом ISO 105-X12:2001 «Определение стойкости окраски тканей к трению». Для оценки устойчивости образца ткани к трению использовался лабораторный прибор Crockmeter TF411 (см. рисунок 17). После испытания на поверхности образца ткани не обнаружено явных царапин или повреждений, цвет остался неизменным. Уровень стойкости к трению был подтверждён как 5-й класс, что свидетельствует о том, что ткань обладает достаточной устойчивостью к трению и соответствует стандартам повседневного использования.

Согласно китайскому стандарту GB/T 8427-2019 «Испытание стойкости окраски тканей к искусственному свету: дуга ксенона» была проверена светостойкость образца ткани (см. рисунок 18). Установлено, что структурный цвет на поверхности подготовленной хлопково-полиэстерной ткани обладает отличной устойчивостью к выцветанию, соответствующей уровню 6 баллов.

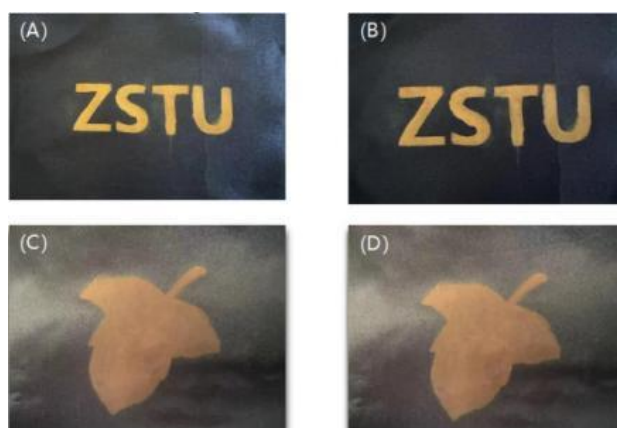


Рисунок 18. Сравнение после испытаний на светостойкость: а) ткань, б) ткань после испытания на светостойкость, с) ткань, д) ткань после испытания на светостойкость

Независимо от стирки на высокой скорости или промывания под высоким давлением, образцы хлопково-полиэстерной ткани с поверхностным структурным цветом не изменили окраску. Согласно стандарту GB/T 3921, подготовленная хлопково-полиэстерная ткань с поверхностным структурным цветом также обладает хорошей устойчивостью к стирке (см. рисунок 19).



Рисунок 19. Сравнение после испытаний на стойкость к стирке: (А) ткань, (В) ткань во время испытания на стойкость к стирке, (С) ткань после испытания на стойкость к стирке.

Ниже приведено сравнение затрат в существующем производственном процессе при использовании метода сублимационной печати и термопечати на ткань, а также предлагаемого нами метода нанесения структурного цвета на ткань путём распыления оксида меди.

На основе годового объёма производства и разницы в затратах экономическая эффективность выражается следующим образом:

$$E_э = Q \cdot X_1 - Q \cdot X_2 \quad (2)$$

здесь:

$E_э$ - экономическая эффективность

Q - годовой объём производства

X_1 – себестоимость по традиционной сублимационной технологии

X_2 - себестоимость по технологии структурной окраски (на основе Cu_2O).

$$E_э = Q \cdot X_1 - Q \cdot X_2 = 87\,360 \cdot 32\,520 - 87\,360 \cdot 28\,710 = 332\,409\,600 \text{ сум}$$

По результатам сравнения установлено, что технология структурного окрашивания снижает себестоимость по сравнению с методом сублимационной печати. Себестоимость одного квадратного метра продукции составляет 28 710 сумов, что на 3 810 сумов дешевле по сравнению с 32 520 сумами при сублимационной печати. При годовом объёме производства 87 360 м² общая экономия достигает 332 409 600 сумов. Этот показатель позволяет сэкономить себестоимость на 11,72 %.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе проведённого исследования были сформулированы следующие общие выводы и практические рекомендации:

1. Обоснованы параметры производства продукции, соответствующей требованиям потребителей, экологически безопасной и обладающей повышенным блеском для хлопчатобумажных и смешанных тканей.

2. С помощью двухступенчатого метода восстановления синтезированы монодисперсные микросферы Cu_2O в диапазоне 190–275 нм, что подтверждено анализами XRD, FTIR, SEM и EDS.

3. На поверхности хлопковых, шёлковых, полиэстерных и нейлоновых тканей с использованием связующего PVA были нанесены микросферы Cu_2O , создавшие структурно окрашенные ткани. Механические испытания показали снижение прочности у тканей из 100 % хлопка, тогда как для шёлковых, полиэстерных и нейлоновых смесей наблюдалась дополнительная прочность.

4. Результаты полнофакторного эксперимента показали необходимость баланса между яркостью (Y_1) и воздухопроницаемостью (Y_2). Оптимальными параметрами для яркости и воздухопроницаемости приняты: $x_1 = 3 \%$, $x_2 = 50 \%$, $x_3 = 100 \text{ г/м}^2$.

5. Изучена оптимизация концентрации оксида меди и соотношения связующего вещества. Установлен, что оптимальным результатом является содержание массовой доли микросфер 3,0 % и доля связующего вещества PDMS 5–10 %.

6. Размер микросфер (165–275 нм) является основным фактором управления цветовым спектром: при увеличении диаметра наблюдается смещение цвета от фиолетового к синему, зелёному и тёмно-оранжевому.

7. Механические испытания (изгиб, трение, стирка) подтвердили высокую стабильность фотонных кристаллических узоров Cu_2O .

8. Анализы SEM, EDS и XRD показали равномерное распределение микросфер Cu_2O на поверхности волокон и их монодисперсную форму в диапазоне 165–275 нм.

9. Экономические расчёты показали, что технология структурного окрашивания на основе Cu_2O снижает себестоимость по сравнению с сублимационной печатью. Себестоимость 1 м² продукции составляет 28 710 сумов, что на 3 810 сумов дешевле по сравнению с 32 520 сумами при сублимационной печати. При годовом объёме производства 87 360 м² общая экономия достигает 332 409 600 сумов, что соответствует снижению себестоимости на 11,72 %.

**SCIENTIFIC COUNCIL AWARDING SCIENTIFIC DEGREES
DSC.03/2025.27.12.T.15.03 AT NAMANGAN STATE TECHNICAL
UNIVERSITY**

NAMANGAN STATE TECHNICAL UNIVERSITY

IZATILLAEV MUZAFFARKHON

**APPLICATION OF INNOVATIVE TECHNOLOGIES TO ENHANCE THE
GLOSSINESS OF TEXTILE FABRICS**

**05.06.02 – Technology of textile materials and primary
processing of raw materials**

**DISSERTATION ABSTRACT OF THE DOCTOR OF PHILOSOPHY (PhD)
ON TECHNICAL SCIENCES**

Namangan – 2026

The theme of the Doctor of Philosophy dissertation in technical sciences is registered in the Higher Attestation Commission under the Ministry of Higher Education, Science and Innovation of the Republic of Uzbekistan under the number № B2020.4.PhD/T1979.

The dissertation was completed at the Namangan State Technical University.

Abstract of the dissertation posted in three languages (Uzbek, Russian, English (summary)) on the website of the Scientific Council at the Namangan State Technical University (namdtu_info@edu.uz) and on the educational information portal “ZiyoNET” (www.ziyo.net/uz).

Scientific supervisor:

Parpiev Khabibulla

candidate of technical science, associate professor

Official opponents:

Valiev Gulam

doctor of technical sciences, professor

Mukhtarov Jurabek

doctor of philosophy in technical sciences, associate professor

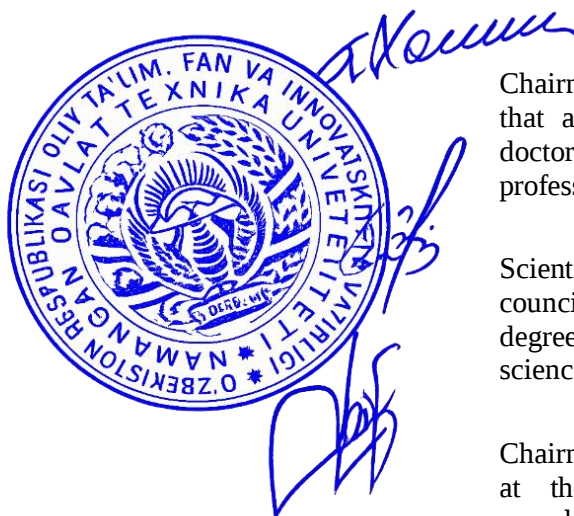
The leading organization:

Uzbek scientific research institute of natural fibers

The defense of the dissertation will be held at the scientific council No. DSc.03/2025.27.12.T.15.03 at the Namangan state technical university “2” May 2026 15:30 o'clock (Address: 17, Southern ring road street, Namangan city, 12th building. Tel. (998) 69-234-14-85, (998) 69-234-19-96, e-mail: namdtu_info@edu.uz, Namangan state technical university, 12 th building, 1st floor, scientific board room).

The dissertation can be viewed at the information resource center of the Namangan state technical university (registration number No.159). (Address: 12, Namangan city, I.Karimov street, tel. (998) 69-234-14-85). e-mail: namdtu_info@edu.uz

The abstract of the dissertation was distributed on “16” April 2026.
(Report of the digital register No.88 dated “13” January 2026).



K.Xolikov

Chairman of the scientific council that awarding scientific degrees, doctor of technical sciences, professor

X.Bobojanov

Scientific secretary of the scientific council that awarding scientific degrees, doctor of technical sciences, associate professor

J.Yuldashev

Chairman of the scientific seminar at the scientific council that awarding scientific degrees, doctor of technical sciences, associate professor

INTRODUCTION (abstract of PhD thesis)

The relevance of the dissertation topic to the research work of the higher educational institution where the dissertation was completed. The dissertation research was carried out within the framework of the scientific research work plan of Namangan State Technical University AL-21122144 “Size of nanoparticles based on copper content and its application in antibacterial self-chromogenic cotton fiber materials” Uzbekistan-China international project (2023-2024).

The purpose of the research: To obtain a fabric with increased glossiness and structural color effect using new innovative technology.

The scientific novelty of the research is as follows:

an improved technology for increasing the structural gloss of textile fabrics by creating a micro-nano structure using copper oxide nanoparticles has been developed.

based on the improved technological approach to increasing the gloss of textile fabrics, the optimal values of the concentration of copper oxide nanoparticles have been determined using a regression mathematical model.

a method for color reflection from incident light by spraying copper oxide (Cu_2O) nanoparticles on the surface of textile fabrics with a pdms binder has been developed.

carrying out technical calculations of fabrics dyed on the basis of copper oxide, and assessing the brightness, gloss and aesthetic appearance of the color in the fabric.

The practical results of the study are as follows:

based on the relationship between the concentration of copper oxide, the percentage of polyester and the surface density of the fabric, optimal parameters were developed to increase the gloss of the fabric.

using models created in the matlab software environment, a graph of isolines was drawn and the effect of the structures formed on the surface of the fabric on gloss was visually analyzed.

based on the experimental results, the gloss level was achieved up to 86.55%, and the air permeability was 251 $\text{m}^3/\text{m}^2/\text{s}$, which is considered a high indicator from a practical point of view.

based on the results obtained, practical recommendations were developed for textile enterprises.

Implementation of research results: based on the results obtained from the study of textile materials woven from cotton and polyester yarns and treated using modern technological methods:

textile materials with enhanced structural gloss, achieved by forming a micro–nano structure on the fabric surface using copper oxide nanoparticles, have been implemented into production at “Art Soft Tex” LLC and “FabricTex” LLC in Namangan city (reference of the Association “Uztukimachisanoat” of the Republic of Uzbekistan, No. 02/06–105 dated January 22, 2026). As a result, it was determined that the optimal composition includes a microsphere mass fraction of 3.0% and a PDMS binder content of 5–10%. Additionally, the optimal parameters for brightness and air permeability were identified as $x_1 = 3\%$, $x_2 = 50\%$, and $x_3 =$

100 g/m². With an annual production volume of 87,360 m², the total economic efficiency amounted to 332,409,600 UZS.

Approbation of the research results. The results of the dissertation work were presented and discussed at 2 international and 4 national scientific-practical conferences.

Publication of research results. A total of 11 scientific works have been published on the topic of the dissertation, of which 5 articles have been published in scientific publications recommended for publication by the Higher Attestation Commission of the Republic of Uzbekistan on the main scientific results of Doctor of Philosophy (PhD) dissertations in technical sciences, including 5 in republican and 1 in foreign journals.

Structure and volume of the dissertation. The dissertation consists of an introduction, four chapters, a conclusion, a list of used literature and appendices. The volume of the dissertation is 117 pages.

E'LON QILINGAN ISHLAR RO'YXATI СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ LIST OF PUBLISHED WORKS

I bo'lim (I часть, part I)

1. Parpiyev X., Zhu Guocheng, G'afurov A.B., Turdiyev M., Izatillayev M.M., "Yog'on iplarda rangli fotonik kristallarni tayyorlash va hosil qilish mexanizmi" // Farg'ona politexnika instituti ilmiy - texnika jurnali. 2023 yil, Tom 27, Maxsus son, №19, 40-46 b. (05.00.00 №20)

2. Parpiyev X., Erkinov Z.E., Qayumov J.A., Zhu Guocheng, G'afurov A.B., Izatillayev M.M., "Nanotexnologiya asosida mis oksidi (Cu₂O) mikrosferalaridan foydalangan holda to'qimalarda strukturaviy ranglarni hosil qilish" // To'qimachilik va moda sanoatida ilm-fan va innovatsiyalar ilmiy texnika jurnali. 2025 yil, № 1, 99-104 b. (05.00.00 OAK Rayosatining 2025-yil 4-yanvardagi 366/4-sonli qarori NamTSI moda va ilm fan)

3. Parpiyev X., Zhu Guocheng, Erkinov Z.E., G'afurov A.B., Qayumov J.A., Izatillayev M.M., "Fotonik kristal strukturali xromogen uglerod va poliyester tolalari aralashmasidan iplar tayyorlash" // Farg'ona politexnika instituti ilmiy - texnika jurnali. 2025 yil, Tom 29, №1 68-78 b. (05.00.00 №20)

4. Izatillayev M.M., Parpiyev X., Erkinov Z.E., Qayumov J.A., G'afurov A.B., "Mis oksid mikrosferalarining to'qimachilik matolari yuzasida fotonik kristallar asosida strukturaviy rang hosil qilishi" // To'qimachilik va moda sanoatida ilm-fan va innovatsiyalar ilmiy texnika jurnali. 2025 yil, № 3, 252-257 b. (05.00.00 OAK Rayosatining 2025-yil 4-yanvardagi 366/4-sonli qarori NamTSI moda va ilm fan)

5. Parpiyev X., Chunxing Zhou, Qayumov J.A., Erkinov Z.E., G'afurov A.B., Izatillayev M.M., "Formation of copper oxide (Cu₂O) crystals on the surface of natural fibrous fabrics and study of their physical and mechanical properties" // Web

II bo'lim (II часть, part II)

1. Parpiyev X., G'afurov A.B., Izatillayev M.M., "Fotonik kristalli xromogen tuzilmalarni yaratish" //Tikuv-trikotaj sanoatida innovatsion texnologiyalar, ishlab chiqarishdagi muammo, tahlil va sohani rivojlanish istiqbollari mavzusidagi Respublika ilmiy amaliy konfrensiyasi. Namangan 2024 yil. 27-28 mart. 231-233 b.

2. Parpiyev X., G'afurov A.B., Izatillayev M.M., "To'qimachilik substratlarida fotonik kristalli strukturaning rang hosil qilish barqarorligi bo'yicha ilmiy ishlar" //Tikuv-trikotaj sanoatida innovatsion texnologiyalar, ishlab chiqarishdagi muammo, tahlil va sohani rivojlanish istiqbollari mavzusidagi Respublika ilmiy amaliy konfrensiyasi. Namangan 2024 yil. 27-28 mart. 234-236 b.

3. Parpiyev X., G'afurov A.B., Izatillayev M.M., "Создание фотонно-кристаллических хромогенных структур" // «Витебский государственный технологический университет» 57-я Международная научно-техническая конференция преподавателей и студентов. Беларусь, Витебск. 18–19 апреля 2024 года. С. 451–452.

4. Parpiyev X., Qayumov J.A., Zhu Guocheng, G'afurov A.B., Izatillayev M.M., "Obtaining chromogenic structured yarns from a mixture of carbon and polyester fibers" // XVI "Actual Problems of Improving Farming Productivity and Agroecology" International Scientific-Practical Conference IPFA 2024, Volume 538, p. 04008

5. Parpiyev X., Zhu Guocheng, Erkinov Z.E., G'afurov A.B., Boboxonov A., Izatillayev M.M., "To'qimachilik mahsulotlari uchun Cu_2O fotonik kristallar orqali strukturaviy rang hosil qilish" // "Ilm-fan, texnologiya va sanoat integratsiyasi: muammo va yechimlar" Respublika ilmiy-amaliy konferensiyasi. Namangan 2025 yil. 16-17-aprel. 160-162 b.

6. Parpiyev X., Zhu Guocheng, Erkinov Z.E., Qayumov J.A., G'afurov A.B., Izatillayev M.M., "To'qimachilik mahsulotlari sirtida mis oksidi (Cu_2O) kristallarini hosil qilish" // "Ilm-fan, texnologiya va sanoat integratsiyasi: muammo va yechimlar" Respublika ilmiy-amaliy konferensiyasi. Namangan 2025 yil. 16-17-aprel. 163-166.

Avtoreferat “Namangan davlat texnika universiteti
ilmiy-texnika jurnali” tahriridan o‘tkazildi va o‘zbek, rus,
ingliz tillaridagi matnlari mosligi tekshirildi. (08.04.2026 yil).

Bosishga ruxsat etildi: 08.04.2026 yil.
Bichimi 60x84 1/16 , «Times New Roman»
Garniturada raqamli bosma usulida bosildi.
Shartli bosma tabog'i 3,25. Adadi: 70. Buyurtma: № 13
“NamDTU” bosmaxonasida chop etildi.
Namangan shahri, Janubiy aylanma yo‘li ko‘chasi, 17