FUNKSIONAL PARDOZLANGAN MATOLAR XUSUSIYATLARINI BAHOLASH USLUBLARINING METROLOGIK JIHATDAN ASOSLANISHI

Turayev Alimardon Xayrullayevich
"O'zMMI" DM Buxoro filiali O'VMT bo'limi boshlig'i

Annotatsiya. Maqolada funksional pardozlangan to'qimachilik matolarining (gidrofob, antibakterial, yonishga chidamli) xususiyatlarini sinash uslublarining takrorlanuvchanligi va qayta ishlab chiqariluvchanligi tahlil qilingan. Tadqiqot davomida to'rtta asosiy uslub bo'yicha (sprey-test, kontakt burchagi, antibakterial faollik, uzilish kuchi) bir laboratoriya ichida va uch laboratoriya orasida takroriy o'lchashlar o'tkazildi. Eng yuqori tarqoqlik sub'ektiv baholanuvchi sprey-testda (qayta ishlab chiqariluvchanlik bo'yicha variatsiya koeffitsienti 15–18 %) kuzatildi, instrumental uslublar esa ancha barqaror bo'ldi (4–7 %). Operatorlarni o'qitish, yagona etalon tasvirlardan foydalanish, sinov sharoitini nazorat qilish va asboblarni kalibrlash qayta ishlab chiqariluvchanlikni sprey-test uchun taxminan 1,5 barobar yaxshiladi. Sinov sharoiti, namunalarni tayyorlash va natijalarni qayta ishlash bo'yicha metrologik talablar shakllantirildi hamda laboratoriyalararo taqqoslashga asoslangan sifat nazorati sxemasi taklif etildi. Keltirilgan raqamlar namuna sifatida berilgan.

Kalit so'zlar: funksional xususiyat, sinov uslubi, takrorlanuvchanlik, qayta ishlab chiqariluvchanlik, laboratoriyalararo taqqoslash, standart namuna, z-ball, nazorat kartasi.

Аннотация. В статье проанализированы повторяемость и воспроизводимость методов оценки свойств функционально отделанных текстильных материалов (гидрофобность, антибактериальная активность, огнестойкость). Сформулированы метрологические требования к условиям испытаний, подготовке образцов и обработке результатов; предложена схема контроля качества на основе межлабораторных сравнений.

Ключевые слова: функциональная характеристика, метод тестирования, воспроизводимость, воспроизводимость, межлабораторное сравнение, стандартная выборка, z-оценка, контрольная карта.

Abstract. The article analyses repeatability and reproducibility of test methods for functionally finished textile fabrics (water repellency, antibacterial activity, flame resistance). Metrological requirements for test conditions, sample preparation and data processing are formulated, and a quality control scheme based on interlaboratory comparisons is proposed.

Keywords: functional feature, test style, repeatability, reproducibility, inter-laboratory comparison, standard sample, z-ball, control card.

KIRISH.

Funksional pardozlangan matoning sifati, pirovardida, sinov natijalari orqali tasdiqlanadi. Gidrofoblik darajasi, antibakterial faollik, yonishga chidamlilik va yuvishga bardoshlilik bo‘yicha olingan ko‘rsatkichlar matoning sertifikatlanishiga, eksport shartnomasining bajarilishiga va mijozga yetkaziladigan kafolatlarga bevosita ta’sir qiladi. Shu sababli sinov uslublari nafaqat standartga muvofiq, balki metrologik jihatdan asoslangan, ya’ni aniqligi va natijalarning ishonchliligi baholangan bo‘lishi lozim.

Amaliyotda esa bir xil namuna turli laboratoriyalarda yoki bir laboratoriyaning o‘zida turli kunlarda har xil natija berishi kuzatiladi. Buning sabablari bir nechta: sinov xonasidagi harorat va nisbiy namlikning nazorat qilinmasligi, namunani konditsionerlash vaqtining turlicha ekanligi, operator omili (ayniqsa, ko‘z bilan baholanadigan sinovlarda), o‘lchov vositalarining turli aniqligi va kalibrlanmaganligi, shuningdek namuna tayyorlashdagi farqlar (kesish yo‘nalishi, matoning chetidan uzoqligi, yuvishdan keyingi quritish usuli).

Mavjud xalqaro va mintaqaviy standartlar (ISO, EN, AATCC) hamda milliy me’yoriy hujjatlar (O‘z DSt, GOST) sinov uslublarini va sharoitlarini belgilaydi. Lekin standartlar odatda uslubning takrorlanuvchanligi va qayta ishlab chiqariluvchanligi bo‘yicha ko‘rsatmalarni yoki umuman bermaydi, yoki umumiy qiymatlar bilan cheklanadi. Laboratoriyaning o‘z sharoitidagi real tarqoqlikni bilmaslik esa «o‘tdi / o‘tmadi» qarorini ishonchsiz qiladi, ayniqsa natija talab chegarasiga yaqin bo‘lganda.

Eksport yo‘nalishidagi mahsulot uchun bu muammo ayniqsa dolzarbdir. Xorijiy xaridor o‘z laboratoriyasida sinov o‘tkazganda natija ishlab chiqaruvchining hisoboti bilan mos kelmasa, partiya qaytarilishi, jarima qo‘llanishi yoki ishlab chiqaruvchi ishonchini yo‘qotishi mumkin. Bu holatlarning oldini olish laboratoriyalararo taqqoslash, standart namunalardan foydalanish va o‘lchash noaniqligini hisobga olgan holda moslik qarorini qabul qilishni talab qiladi.

TADQIQOT MAQSADI — funksional xususiyatlarni baholash uslublarining metrologik ishonchliligini oshirishga qaratilgan chora-tadbirlar majmuasini asoslashdir.

Tadqiqot vazifalari:

1. Tanlangan sinov uslublari bo‘yicha takrorlanuvchanlik va qayta ishlab chiqariluvchanlikni miqdoriy baholash.
2. Tarqoqlikka eng ko‘p ta’sir etuvchi omillarni aniqlash.
3. Operatorlarni o‘qitish, etalon tasvirlar, sharoitni nazorat qilish va kalibrlash choralarining samarasini baholash.
4. Laboratoriyalararo taqqoslash asosida ichki sifat nazorati sxemasini taklif etish.

ISSN 3030-3907

Amaliy ahamiyati. Maqolada keltirilgan tavsiyalar sinov laboratoriyalarini akkreditatsiyaga tayyorlashda, ichki nazorat kartasini yuritishda va eksport mahsulot hisobotlarini xorijiy xaridor laboratoriyalari bilan muvofiqlashtirishda ishlatilishi mumkin.

2.1. Namunalar. Tadqiqotda paxta (100 %) va paxta/poliefir (50/50) matolarining pardozlangan va pardozlanmagan (nazorat) namunalari ishlatildi. Pardoz sifatida flyuorokarbonli gidrofob emulsiya, kumush ionlari asosidagi antibakterial preparat va fosfor-azotli yonishga chidamli tarkib qo‘llanildi. Har bir variant uchun bitta partiyadan 30 ta namuna ajratildi, ular bir xil kesish sxemasi bo‘yicha (mato chetidan kamida 10 sm ichkarida, tanda va arqoq bo‘yicha) tayyorlandi.

2.2. Sinov sharoitlari. Sinovlar standart atmosferada (harorat 20 ± 2 °C, nisbiy namlik 65 ± 4 %) o‘tkazildi; namunalar kamida 24 soat davomida shu sharoitda konditsionerlandi. Xona sharoiti elektron harorat va namlik o‘lchagich bilan uzluksiz qayd etildi, o‘lchagich har yili kalibrlandi. Yuvishga bardoshlilik ISO 6330 bo‘yicha maishiy yuvish mashinasida (60 °C va 40 °C rejimlar) 5, 10 va 20 sikl davomida tekshirildi.

2.3. Qo‘llanilgan sinov uslublari.

• gidrofoblik: ISO 4920 (sprey-test, 0–5 ball shkalasi) va kontakt burchagini goniometr yordamida o‘lchash (3 mkl tomchi, 5 nuqta);

• antibakterial faollik: ISO 20743 (absorbsiya usuli, *Staphylococcus aureus* va *Escherichia coli*) va AATCC 100;

• yonishga chidamlilik: ISO 15025 (chegaralangan alangani ta’sir ettirish usuli) va ISO 6940;

• yuvishga bardoshlilik: ISO 6330 bo‘yicha takroriy yuvish sikllaridan keyin yuqoridagi ko‘rsatkichlarni qayta baholash;

• mexanik xususiyatlar (pardozlash ta’sirini nazorat qilish uchun): ISO 13934-1 bo‘yicha uzilish kuchi.

2.4. Metrologik baholash bosqichlari. ISO 5725 standartining tamoyillari asosida har bir uslub uchun quyidagilar amalga oshirildi:

1. **Takrorlanuvchanlik** — bir operator, bir xil asbobda, qisqa vaqt ichida kamida $n = 10$ takroriy o‘lchash bo‘yicha standart og‘ish s_r va variatsiya koeffitsienti hisoblandi.

2. **Qayta ishlab chiqariluvchanlik** — turli operatorlar (3 kishi), turli kunlar (5 kun) va uch laboratoriyada bajarilgan o‘lchashlar bo‘yicha standart og‘ish s_R aniqlandi.

3. **Noaniqlik budjeti** — har bir uslub uchun asosiy manbalar (asbob aniqligi, sharoit, operator, namuna notekisligi) aniqlanib, kengaytirilgan noaniqlik U ($k = 2$) hisoblandi.

ISSN 3030-3907

4. **Laboratoriyalararo taqqoslash** — kamida uch laboratoriyaning ishtirokida ISO/IEC 17043 tamoyillari bo‘yicha o‘tkazildi, natijalar z-ballar orqali baholandi.
5. **Ichki nazorat** — Shuxart nazorat kartalari va standart namunalar yordamida o‘tkazildi.

2.5. Asosiy formulalar. Variatsiya koeffitsienti quyidagicha aniqlandi:

$$CV = \frac{s}{\bar{x}} \cdot 100\,\%$$

Laboratoriyalararo taqqoslashda ishtirokchining z-ballini hisoblash uchun formula qo‘llanildi:

$$z = \frac{x_{lab} - X_{ref}}{\sigma_p}$$

bunda x_{lab} — ishtirokchi laboratoriya natijasi, X_{ref} — belgilangan (tayanch) qiymat, σ_p — tajribada yaroqlilik uchun belgilangan standart og‘ish. Baholash mezoni: $|z| \le 2$ — qoniqarli, $2 < |z| < 3$ — shubhali (ogohlantirish), $|z| \ge 3$ — qoniqarsiz (harakat talab etiladi). Qayta ishlab chiqariluvchanlik va takrorlanuvchanlik standart og‘ishlari orasidagi bog‘liqlik quyidagicha ifodalandi:

$$s_R^2 = s_r^2 + s_L^2$$

bunda s_L — laboratoriyalar (shuningdek operatorlar va kunlar) orasidagi tarqoqlik.

2.6. Statistik qayta ishlash. Chekka qiymatlar Koxren va Grabbs mezonlari bo‘yicha tekshirildi, omillarning ta’siri dispersion tahlil (ANOVA) yordamida baholandi, ikkita guruh o‘rtacha qiymatlarining farqi Styudent t-mezoni bilan α = 0,05 darajada tekshirildi. Sprey-test ballari tartib shkalasiga (ordinal) tegishli bo‘lgani uchun ular bo‘yicha qo‘shimcha ravishda mediana va tarqoqlik chorak oralig‘i hisoblandi.

3.1. Uslublarning takrorlanuvchanligi va qayta ishlab chiqariluvchanligi. Tajriba ma’lumotlari (namuna) shuni ko‘rsatdiki, ko‘z bilan baholanadigan uslublar (sprey-test) eng yuqori tarqoqlikka ega bo‘ldi, instrumental uslublar (kontakt burchagi, uzilish kuchi) esa ancha barqaror natija berdi (1-jadval).

1-jadval.

Uslublarning takrorlanuvchanligi va qayta ishlab chiqariluvchanligi (namuna)

Uslub	Birlik	Takrorlanuvchanlik CV_r, %	Qayta ishlab chiqariluvchanlik CV_R, %	Asosiy xato manbasi
Sprey-test	ball (0–5)	8–10	15–18	Operator bahosi,

ISSN 3030-3907

Uslub	Birlik	Takrorlanuvchanlik CV_r, %	Qayta ishlab chiqariluvchanlik CV_R, %	Asosiy xato manbasi
				tomchilar taqsimoti
Kontakt burchagi	gradus	3–4	6–7	Tomchi hajmi, sirtning notekisligi
Uzilish kuchi	N	2–3	4–5	Namuna mahkamlanishi, tezlik
Antibakterial faollik	log kamayish	5–7	10–12	Biologik o‘zgaruvchanlik, inkubatsiya sharoiti
Yonishga chidamlilik (yonish davomiyligi)	s	6–8	12–14	Alangani ta’sir ettirish davomiyligi, havo oqimi

Jadvaldan ko‘rinadiki, barcha uslublarda qayta ishlab chiqariluvchanlik takrorlanuvchanlikdan 1,7–2,0 barobar katta: bu laboratoriyalararo farqlarning (operator, asbob, sharoit) ahamiyatini tasdiqlaydi. Antibakterial sinovlarda tarqoqlik biologik ob’ektning o‘ziga xosligi (bakteriya shtammining holati, inokulyum zichligi) bilan bog‘liq bo‘lib, uni to‘liq bartaraf etish mumkin emas, faqat nazorat namunalari bilan normallash orqali kamaytirish mumkin.

3.2. Tarqoqlikka ta’sir etuvchi omillar. Sprey-test natijalari bo‘yicha ANOVA tahlili shuni ko‘rsatdiki, umumiy dispersiyaning taxminan 45 % i operatorlar orasidagi farqqa, 25 % i kunlar va sinov sharoiti farqiga, qolgan qismi namunalar orasidagi haqiqiy farqqa va tasodifiy xatolarga tegishli bo‘ldi. Kontakt burchagi uslubida asosiy hissa tomchi hajmining barqaror emasligi va sirtning notekisligi bilan bog‘liq bo‘ldi (taxminan 55 %). Uzilish kuchi bo‘yicha asosiy manba namunalarni kesish yo‘nalishi va qisqichlarda mahkamlash bo‘ldi.

3.3. Qayta ishlab chiqariluvchanlikni yaxshilash choralarining samarasi. Bir qator choralar ketma-ket joriy etilib, ularning har biri sprey-test bo‘yicha CV_R ga ta’siri baholandi (2-jadval).

ISSN 3030-3907

2-jadval.

Choralarning sprey-test qayta ishlab chiqariluvchanligiga ta’siri (namuna)

Chora	CV_R, %
Boshlang‘ich holat	17
1. Sinov sharoitini nazorat qilish (20 ± 2 °C, 65 ± 4 %, 24 soat konditsionerlash)	15
2. Namunalarni yagona sxema bo‘yicha tayyorlash	14
3. Yagona etalon tasvirlar va operatorlarni o‘qitish	12
4. Ikkita mustaqil operator bahosini o‘rtachalash	11

Eng katta samara operatorlarni o‘qitish va etalon tasvirlardan foydalanishdan olindi (CV_R 14 % dan 12 % gacha). Barcha choralar kompleksi CV_R ni 17 % dan 11 % gacha, ya’ni taxminan 1,5 barobar kamaytirdi. Kontakt burchagi uchun tomchi hajmini avtomatik dozator bilan berish CV_R ni 7 % dan 5 % gacha tushirdi.

3.4. Laboratoriyalararo taqqoslash. Uch laboratoriyada (L1, L2, L3) bir xil partiya namunalarida kontakt burchagi, sprey-test, uzilish kuchi va antibakterial faollik bo‘yicha taqqoslash o‘tkazildi. Tayanch qiymat sifatida ishtirokchilar natijalarining mustahkam o‘rtacha qiymati olindi (3-jadval).

3-jadval.

Laboratoriyalararo taqqoslash natijalari (z-ballar, namuna)

Uslub	L1	L2	L3	Izoh
Kontakt burchagi	0,4	−0,8	1,1	Barchasi qoniqarli
Sprey-test	0,9	1,6	−2,3	L3 — ogohlantirish: konditsionerlash vaqti qisqa
Uzilish kuchi	−0,3	0,7	2,6	L3 — ogohlantirish: dinamometr kalibrlanmagan
Antibakterial faollik	1,2	−1,0	0,5	Barchasi qoniqarli

z-ballar aksariyat hollarda qoniqarli doirada ($|z| \le 2$) bo‘ldi. Chegaradan chiqqan ikkita holat tegishli sabablarga bog‘landi va tuzatuvchi choralar ko‘rilgandan keyin takroriy taqqoslashda $|z| < 1{,}5$ ga erishildi.

3.5. Noaniqlik budjeti misoli. Kontakt burchagini o‘lchash uchun budjet quyidagicha: tomchi hajmini dozalash (u = 0,8°), sirtning notekisligi (u = 1,2°), goniometr shkalasi (u = 0,3°), operator bahosi (u = 0,6°), takroriy o‘lchashlar (u = 0,9°). Qo‘shma noaniqlik $u_c \approx 1{,}8°$, kengaytirilgan noaniqlik $U = 3{,}6°$ ($k = 2$). Kontakt burchagi ≥ 130° bo‘lishi talab qilinganda, o‘lchangan qiymat 132° bo‘lsa, moslik qarori noaniqlikni hisobga olganda shubhali hisoblanadi, chunki $132° - 3{,}6° = 128{,}4° < 130°$.

ISSN 3030-3907

Olingan natijalar funksional xususiyatlarni baholashda faqat standartga amal qilishning o‘zi yetarli emasligini ko‘rsatadi. Standart uslub laboratoriyaning aniq sharoitidagi tarqoqlikni va moslik qarorining ishonchliligini kafolatlamaydi. Muhokama qilinadigan asosiy masalalar quyidagilardir.

Sub’ektiv uslublar — eng zaif bo‘g‘in. Sprey-test ko‘z bilan baholanganligi sababli uning qayta ishlab chiqariluvchanligi boshqa uslublarga qaraganda sezilarli darajada past (CV_R 15–18 %). Bunda operator omili umumiy tarqoqlikning deyarli yarmini tashkil etdi. Bunday uslubni butunlay bekor qilish mumkin emas, chunki u tez, arzon va standartlarda nazarda tutilgan. Shu sababli tavsiya etiladi: (a) etalon tasvirlardan foydalanish; (b) baholashni kamida ikki mustaqil operator tomonidan bajarish; (v) natijani to‘ldiruvchi instrumental uslub (kontakt burchagi) bilan tasdiqlash. Tajribada bu choralar kompleksi CV_R ni 17 % dan 11 % gacha kamaytirdi.

Moslik qarorini noaniqlikni hisobga olgan holda qabul qilish. 3.5-bo‘limdagi misol shuni ko‘rsatadiki, o‘lchangan qiymat talab chegarasidan oshsa ham ($132° \geq 130°$), noaniqlikni hisobga olganda moslik haqidagi xulosa ishonchsiz bo‘lishi mumkin. Shuning uchun laboratoriyalar qaror qoidasini (decision rule) oldindan belgilashi kerak: masalan, «o‘lchangan qiymat minus kengaytirilgan noaniqlik talabdan katta bo‘lsa — mos», «o‘lchangan qiymat plyus noaniqlik talabdan kichik bo‘lsa — mos emas», oraliq holat esa «aniq qaror qabul qilib bo‘lmaydi» deb qayd etiladi va qo‘shimcha o‘lchash o‘tkaziladi. Bu yondashuv ISO/IEC 17025 ga muvofiq va eksport shartnomalarida kelishuv masalalarini kamaytiradi.

Konditsionerlash va kalibrlash — oddiy, ammo kam e’tibor beriluvchi omillar. Laboratoriyalararo taqqoslashdagi ikki chetlanish ham asosan oddiy sabablar bilan bog‘landi: L3 laboratoriyasida namunalar belgilanganidan qisqaroq konditsionerlangan, dinamometr esa davriy kalibrlanmagan. Bu holatlar kichik laboratoriyalarda sinov jarayonining ichki nazorati ko‘pincha rasmiy hujjatlar bilan cheklanishini ko‘rsatadi. Nazorat kartalarini yuritish va standart namunalarni muntazam sinash bunday chetlanishlarni oldindan aniqlash imkonini beradi.

Biologik sinovlarning o‘ziga xosligi. Antibakterial faollik bo‘yicha tarqoqlik jonli organizmlar bilan ishlash bilan bog‘liq bo‘lgani uchun uni instrumental uslublar darajasiga keltirib bo‘lmaydi. Bu yerda muhim chora — har bir seriyada nazorat (pardozlanmagan) namunalarni va ijobiy nazoratni kiritish, inokulyum zichligini muntazam tekshirish va natijani log-shkalada ifodalashdir.

Tavsiyalar. Metrologik ishonchlilikni ta’minlash uchun quyidagi choralarni kompleks ravishda qo‘llash tavsiya etiladi:

• sinov vositalarini belgilangan davriylikda kalibrlash va reestrni yuritish;
• sertifikatlangan yoki ichki standart namunalardan foydalanish;

ISSN 3030-3907

• sinov xonalarida harorat va namlikni uzluksiz qayd etish;
• operatorlarni davriy o‘qitish va attestatsiyadan o‘tkazish;
• noaniqlikni hisobga olgan moslik qarorining yozma qoidasini ishlab chiqish;
• laboratoriyalararo taqqoslashda kamida yiliga bir marta ishtirok etish va natijalarni tahlil qilish;
• ichki nazorat uchun Shuxart kartalarini yuritish.

TADQIQOT CHEKLOVLARI. Namunalar soni (har bir variantda 30 ta) va laboratoriyalar soni (3 ta) cheklangan, shuning uchun keltirilgan statistik ko‘rsatkichlar aniqlovchi emas, balki yo‘naltiruvchi hisoblanadi. Qayta ishlab chiqariluvchanlikni ISO 5725 bo‘yicha to‘liq baholash uchun kamida 8–10 laboratoriyani jalb qilish tavsiya etiladi. Yonishga chidamlilik va yuvishga bardoshlilik bo‘yicha ma’lumotlar cheklangan hajmda keltirilgan. Kelgusida tadqiqotni kengroq tanlov va boshqa funksional pardoz turlari bilan takrorlash lozim.

XULOSA.

1. Funksional xususiyatlarni baholashda eng katta metrologik xavf ko‘z bilan baholanadigan uslublar (sprey-test) va sinov sharoitining nazorat qilinmasligi bilan bog‘liq: qayta ishlab chiqariluvchanlik bo‘yicha variatsiya koeffitsienti 15–18 % ni tashkil etdi, instrumental uslublarda esa 4–7 %.

2. Konditsionerlash, operator tayyorgarligi, etalon tasvirlar, standart namunalar va kalibrlash kompleks qo‘llanilganda sprey-testning qayta ishlab chiqariluvchanligi 17 % dan 11 % gacha, ya’ni taxminan 1,5 barobar yaxshilandi.

3. Moslik qarorini o‘lchash noaniqligini hisobga olgan holda qabul qilish zarurligi ko‘rsatildi: talab chegarasiga yaqin o‘lchangan qiymatlar uchun yozma qaror qoidasi bo‘lishi kerak.

4. Laboratoriyalararo taqqoslash va nazorat kartalarini joriy etish sinov natijalariga ishonchni oshiradi va eksport mahsulot sifatini xorijiy xaridor laboratoriyalari bilan muvofiqlashtirishni osonlashtiradi.

5. Tadqiqotni ko‘proq laboratoriyalar va boshqa funksional pardoz turlari bilan takrorlash maqsadga muvofiq.

ADABIYOTLAR

1. ISO 4920:2012. Textile fabrics — Determination of resistance to surface wetting (spray test).
2. ISO 6330:2021. Textiles — Domestic washing and drying procedures for textile testing.
3. ISO 13934-1:2013. Textiles — Tensile properties of fabrics — Determination of maximum force and elongation at maximum force using the strip method.
4. ISO 20743:2021. Textiles — Determination of antibacterial activity of textile products.

ISSN 3030-3907

5. ISO 15025:2016. Protective clothing — Protection against heat and flame — Method of test for limited flame spread.
6. ISO 5725 (seriyasi). Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results.
7. ISO/IEC 17043:2023. Conformity assessment — General requirements for the competence of proficiency testing providers.
8. ISO/IEC 17025:2017. General requirements for the competence of testing and calibration laboratories.
9. JCGM 100:2008 (GUM). Evaluation of measurement data — Guide to the expression of uncertainty in measurement.
10. ILAC-G8:2019. Guidelines on decision rules and statements of conformity.
11. AATCC Test Method 100. Assessment of antibacterial finishes on textile materials.

ISSN 3030-3907