UDK 677.021.1:006.91

YIGIRUV MAHSULOTLARI NAMLIGINI O‘LCHASHDA BOSQICH O‘RTACHASI NOANIQLIGINI BAHOLASH

M.B. Jumayeva
Namangan davlat texnika universiteti

Annotatsiya. Maqolada yigiruv korxonasining texnologik bosqichlarida namlik o‘lchash natijalari o‘rtachasining kengaytirilgan noaniqligini JCGM 100:2008 (GUM) bo‘yicha baholash uslubi bayon etilgan. Namlik o‘lchagich bilan olingan bitta natija uchun oltita komponentli noaniqlik byudjeti tuzilgan va W = (7,89 ± 0,19) %, k = 2,04 natija olingan. Bosqich o‘rtachasi uchun noaniqlik tasodifiy va o‘rtachalashda kamaymaydigan umumiy tizimli tashkil etuvchilarga ajratilgan holda $U(\bar{W}) = k\cdot\sqrt{(s^2/n + u^2_{um})}$ ifodasi bilan hisoblash uslubi ishlab chiqilgan. «Barkas teks GROUP» MCHJning 18 bosqichi (540 natija) bo‘yicha kalibrlash bosqich o‘rtachasi noaniqligini 2,3–5,4 marta kamaytirishi, umumiy tashkil etuvchini √n ga bo‘lish esa noaniqlikni pasport holatida 78 % gacha kamaytirib ko‘rsatishi aniqlangan.

Kalit so‘zlar: namlik, yigiruv, o‘lchash noaniqligi, GUM, noaniqlik byudjeti, bosqich o‘rtachasi, tizimli tashkil etuvchi, kalibrlash, muvofiqlikni baholash.

ОЦЕНИВАНИЕ НЕОПРЕДЕЛЁННОСТИ СРЕДНЕГО ПО ПЕРЕХОДУ ПРИ ИЗМЕРЕНИИ ВЛАЖНОСТИ ПРОДУКЦИИ ПРЯДЕНИЯ

М.Б. Джумаева, О.Ш. Хакимов
Наманганский государственный технический университет

Аннотация. В статье изложена методика оценивания расширенной неопределённости среднего значения результатов измерения влажности на технологических переходах прядильного предприятия в соответствии с JCGM 100:2008 (GUM). Для единичного результата, полученного влагомером, составлен бюджет неопределённости из шести составляющих: W = (7,89 ± 0,19) %, k = 2,04. Разработана методика расчёта неопределённости среднего по переходу $U(\bar{W}) = k\cdot\sqrt{(s^2/n + u^2_{об})}$ с разделением случайных составляющих и общих систематических составляющих, не уменьшающихся при усреднении. По данным 18 переходов ООО «Barkas teks GROUP» (540 результатов) показано, что калибровка влагомера снижает неопределённость среднего в 2,3–5,4 раза, а деление общей составляющей на √n занижает неопределённость по паспортной точности до 78 %.

Ключевые слова: влажность, прядение, неопределённость измерений, GUM, бюджет неопределённости, среднее по переходу, систематическая составляющая, калибровка, оценка соответствия.

EVALUATION OF THE UNCERTAINTY OF THE STAGE MEAN IN MOISTURE MEASUREMENT OF SPINNING PRODUCTS

M.B. Jumayeva, O.Sh. Khakimov
Namangan State Technical University

Abstract. The paper presents a procedure for evaluating the expanded uncertainty of the mean moisture content at the process stages of a spinning mill in accordance with JCGM 100:2008 (GUM). A six-component uncertainty budget is compiled for a single moisture-meter

result, giving W = (7.89 ± 0.19) %, k = 2.04. A procedure is developed for the uncertainty of the stage mean, $U(\bar{W}) = k\cdot\sqrt{(s^2/n + u^2_c)}$, which separates random components from common systematic components that do not decrease with averaging. Data from 18 stages of Barkas teks GROUP LLC (540 results) show that moisture-meter calibration reduces the uncertainty of the stage mean by a factor of 2.3–5.4, while dividing the common component by √n understates the uncertainty based on the manufacturer's accuracy by up to 78 %.

Keywords: moisture content, spinning, measurement uncertainty, GUM, uncertainty budget, stage mean, systematic component, calibration, conformity assessment.

Kirish

Tola va ip namligi yigiruv jarayonining texnologik barqarorligini va tayyor mahsulotning tijorat massasini belgilovchi ko‘rsatkichdir. Namlik me’yordan past bo‘lsa, tola mo‘rtlashadi, elektrlanadi va uzilishlar soni ortadi; me’yordan yuqori bo‘lsa, tola tarash va cho‘zish organlariga yopishadi, partiya massasi esa suv hisobiga oshib ketadi. Shu sababli yigiruv korxonalarida namlik har bir texnologik o‘tishda nazorat qilinadi va bosqich o‘rtachasi reglament chegaralari bilan solishtiriladi.

Kundalik nazoratda tezkor elektr qarshilik namlik o‘lchagichlari qo‘llanadi, ularning metrologik kuzatuvchanligi esa massa birligiga asoslangan quritib tortish usuli orqali ta’minlanadi [7]. O‘lchash natijasi asosida muvofiqlik to‘g‘risida qaror qabul qilinganda o‘lchash noaniqligini hisobga olish ISO/IEC 17025 va JCGM 106:2012 talabidir [3, 5, 6]. Biroq korxona amaliyotida ikki yondashuv uchraydi: noaniqlik umuman hisobga olinmaydi yoki bitta natijaning to‘liq noaniqligi o‘rtacha uchun √n ga bo‘linadi. Ikkinchi yondashuv tashqi tomondan GUM ga mos ko‘rinsa-da, barcha natijalarga bir xil yo‘nalishda ta’sir qiluvchi tizimli tashkil etuvchilarni ham o‘rtachalash bilan kamaytirib yuboradi. GUM ning 5.2-bandiga ko‘ra o‘zaro to‘liq korrelyatsiyalangan kattaliklarning noaniqligi o‘rtachalashda kamaymaydi [1].

Yengil sanoat materiallarida namlik o‘lchash noaniqligi muallifning oldingi ishlarida charm, trikotaj mato va don misolida baholangan [8–11]. Ushbu ishning maqsadi – yigiruv mahsulotlari uchun bitta natija noaniqligi byudjetini tuzish va uning asosida bosqich o‘rtachasining kengaytirilgan noaniqligini tasodifiy va umumiy tizimli tashkil etuvchilarga ajratib hisoblash uslubini ishlab chiqish.

Tadqiqot obyekti va usullari

Tadqiqot «Barkas teks GROUP» MCHJning karda (K1–K8) va pnevmomexanik (P1–P10) yigiruv zanjirlarida o‘tkazildi. Har bir bosqichdan 30 tadan, jami 540 ta namlik o‘lchash natijasi olindi. Tezkor o‘lchash MS-C namlik o‘lchagichida (diskretligi 0,1 %, pasport aniqligi ±0,5 %), mos yozuv o‘lchashlari esa quritib tortish usulida GOST 6611.4-73 bo‘yicha (105 ± 2) °C haroratda, Mettler-Toledo AB104-S analitik tarozisi (d = 0,1 mg) yordamida bajarildi [7, 12].

Namlik o‘lchagich quritib tortish usuliga nisbatan ikki tajribada kalibrlandi. A tajribada 6–10 % oralig‘ini qamrab oluvchi 10 ta namuna ikki qismga bo‘linib, bir qismi namlik o‘lchagichda uch marta, ikkinchisi quritib tortish usulida o‘lchandi. B tajribada bitta namuna namlik o‘lchagichda 10 marta ketma-ket o‘lchandi va takrorlanuvchanlik standart og‘ishi s_r = 0,0949 % aniqlandi.

Bitta natijaning o‘lchash modeli qo‘shiluvchi ko‘rinishda olindi:

$$W=\overline{W}_{ko‘r}+\Delta, \qquad \overline{W}_{ko‘r}=\frac{x_1+x_2+x_3}{3}, \qquad \Delta=-\overline{\Delta} \qquad (1)$$

bu yerda W – tuzatilgan natija, %; $\bar{W}_{ko‘r}$ – namlik o‘lchagich uch o‘qishining o‘rtachasi, %; Δ – kalibrlash tuzatmasi, %; $\bar{\Delta}$ – A tajribadagi o‘rtacha chetlanish, %. Sezgirlik koeffitsiyentlari birga teng.

Standart noaniqliklar quyidagicha baholandi. Takrorlanuvchanlik (A tur), displey diskretligi (B tur, to‘g‘ri burchakli taqsimot) va kalibrlash tuzatmasi (A tur):

$$u_1=\frac{s_r}{\sqrt{N}}=\frac{0{,}0949}{\sqrt{3}}=0{,}0548\ \%, \qquad u_2=\frac{d}{2\sqrt{3}}=0{,}0289\ \%, \qquad u_3=\frac{s(\Delta)}{\sqrt{n_k}}=\frac{0{,}0831}{\sqrt{10}}=0{,}0263\ \% \qquad (2)$$

bu yerda N = 3 – joriy natijadagi o‘qishlar soni; d = 0,1 % – displey diskretligi; s(Δ) – A tajribadagi chetlanishlarning standart og‘ishi, %; n_k = 10 – kalibrlash namunalari soni.

Mos yozuv usulidagi tarozi noaniqligi u(m) = 0,155 mg namlikka $W = 100(m_1 - m_2)/m_1$ formulaning sezgirlik koeffitsiyentlari orqali o‘tkazildi:

$$u_4 = u(m)\sqrt{\left(\frac{100\,m_2}{m_1^2}\right)^2 + \left(\frac{100}{m_1}\right)^2} = 0{,}000155 \cdot \sqrt{16{,}81^2 + 18{,}25^2} = 0{,}0039\ \% \qquad (3)$$

bu yerda m_1 = 5,478 g va m_2 = 5,043 g – kalibrlash namunalarining o‘rtacha nam va quruq massalari.

Namuna (matritsa) ta’siri A tajribadagi chetlanishlar dispersiyasidan boshqa komponentlarni ayirish orqali qoldiq dispersiya sifatida ajratildi:

$$u_5 = \sqrt{s^2(\Delta) - u_1^2 - u_4^2 - u_{qn}^2} = 0{,}0613\ \% \qquad (4)$$

bu yerda u_{qn} = 0,0115 % – sovitish va tortishda qayta namlanish komponenti. Quritish yakunining noaniqligi doimiy massa mezoni 0,05 % asosida $u_6 = 0{,}05/\sqrt{3} = 0{,}0289$ % deb olindi.

Yig‘indi standart noaniqlik, samarali erkinlik darajasi va kengaytirilgan noaniqlik GUM bo‘yicha hisoblandi [1, 4]:

$$u_c = \sqrt{\sum_{i=1}^{6} u_i^2}, \qquad \nu_{eff} = \frac{u_c^4}{\sum_i u_i^4/\nu_i}, \qquad U = t_{0{,}975}(\nu_{eff}) \cdot u_c \qquad (5)$$

Bosqich o‘rtachasining noaniqligi. Muvofiqlik qarori bosqichdagi n ta natijaning o‘rtachasiga nisbatan qabul qilinadi. O‘rtacha uchun model

$$\overline{W} = \frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n}\left(W_{ko‘r,j} + \Delta + \delta_6 + \delta_4\right) = \frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n} W_{ko‘r,j} + \Delta + \delta_6 + \delta_4 \qquad (6)$$

ko‘rinishida yoziladi, bu yerda δ_6 va δ_4 – quritish yakuni va tarozi bilan bog‘liq, barcha natijalar uchun umumiy bo‘lgan tuzatmalar (kutilma qiymati nol). Takrorlanuvchanlik, diskretlik va namuna ta’siri har bir natija uchun mustaqil bo‘lib, bosqich ichidagi standart og‘ish s tarkibiga kiradi. Kalibrlash tuzatmasi Δ, δ_6 va δ_4 esa barcha n natijaga bir xil qo‘shiladi, ya’ni ular natijalar o‘rtasida to‘liq korrelyatsiyalangan (r = 1). GUM ning (16) formulasiga [1] ko‘ra n ta bir xil, har biri 1/n sezgirlikka ega to‘liq korrelyatsiyalangan hadning yig‘indi noaniqligi $\left(\sum_{j=1}^{n}\frac{1}{n}u\right)^2 = u^2$ ga teng va n ga bog‘liq emas. Natijada bosqich o‘rtachasining kengaytirilgan noaniqligi uchun quyidagi ifoda olinadi:

$$U(\overline{W}) = k\sqrt{\frac{s^2}{n} + u_{um}^2}, \qquad u_{um} = \sqrt{u_3^2 + u_4^2 + u_6^2} \qquad (7)$$

bu yerda s – bosqich ichidagi standart og‘ish, %; n – bosqichdagi natijalar soni; u_{um} – o‘rtachalashda kamaymaydigan umumiy tizimli noaniqlik, %; k = 2. Kalibrlangan holatda $u_{um} = \sqrt{(0{,}0263^2 + 0{,}0039^2 + 0{,}0289^2)} = 0{,}0392$ %. Namlik o‘lchagich kalibrlanmagan bo‘lsa, ishlab chiqaruvchi aniqligi ±0,5 % to‘g‘ri burchakli taqsimot chegarasi deb qaraladi va $u_{um} = 0{,}5/\sqrt{3} = 0{,}2887$ % olinadi: pasport aniqligi asbobning barcha natijalariga bir xil ta’sir qiluvchi tizimli xato chegarasini ifodalaydi.

Taqqoslash uchun amaliyotda uchraydigan noto‘g‘ri yondashuv bo‘yicha ham hisob bajarildi, unda u_{um} ham √n ga bo‘linadi: $U' = k\cdot\sqrt{(s^2/n + u_{um}^2/n)}$. Noaniqlikning talab oralig‘iga nisbatan yetarliligi metrologik zaxira bilan baholandi:

$$Z = \frac{U(\overline{W})}{(TU - TL)/2} \cdot 100\ \% \le 20\ \% \qquad (8)$$

bu yerda TL, TU – reglamentning quyi va yuqori chegaralari, %. (7) ifoda korxona uchun ishlab chiqilgan TSh 00-2026 texnik shartining 7.3-bandiga kiritilgan [13].

Natijalar va ularning muhokamasi

Kalibrlangan namlik o‘lchagich bilan olingan bitta natijaning noaniqlik byudjeti 1-jadvalda keltirilgan.

1-jadval

Kalibrlangan namlik o‘lchagich bilan bitta natijani o‘lchash noaniqligi byudjeti

Noaniqlik manbai	Belgi	Turi, taqsimot	u_i, %	Ulush, %	ν_i
Takrorlanuvchanlik	u_1	A, normal	0,0548	32,9	9
Displey diskretligi	u_2	B, to‘g‘ri burchakli	0,0289	9,1	∞
Kalibrlash tuzatmasi	u_3	A, normal	0,0263	7,6	9
Tarozi (mos yozuv usuli)	u_4	B, to‘g‘ri burchakli	0,0039	0,2	∞
Namuna (matritsa) ta’siri	u_5	A, normal	0,0613	41,1	≈ 9
Quritish yakuni	u_6	B, to‘g‘ri burchakli	0,0289	9,1	∞
Yig‘indi standart noaniqlik	u_c	–	0,0955	100	32
Kengaytirilgan noaniqlik (P ≈ 95 %)	U	k = 2,04	0,19	–	–

1-jadvalga ko‘ra natija W = (7,89 ± 0,19) %, k = 2,04, P ≈ 95 % ko‘rinishida bayon qilinadi. Yig‘indi dispersiyaning 74,0 % ini namuna ta’siri (41,1 %) va takrorlanuvchanlik (32,9 %) tashkil etadi, tarozining ulushi esa 0,2 %. Demak, bitta natija noaniqligini kamaytirish uchun tarozini almashtirish samarasiz; o‘qishlar sonini 3 tadan 5 taga oshirish U ni 0,18 % gacha kamaytiradi, mahsulot turlari bo‘yicha alohida kalibrlash esa eng katta ulushli u_5 komponentini qisqartiradi. Kalibrlash tuzatmasi $\bar{\Delta}$ = +0,0076 % uning standart noaniqligidan (0,0263 %) bir necha marta kichik va statistik ahamiyatsiz (p = 0,78), lekin tuzatma noaniqligi byudjetda saqlanadi: xato tuzatma bilan bartaraf etiladi, tuzatmaning noaniqligi esa qoladi [1, 2]. Kalibrlanmagan holatda xuddi shu natija uchun u_c = 0,295 %, U = 0,59 %, ya’ni kalibrlangan holatdagidan uch barobardan ortiq katta.

Bosqich o‘rtachalarining (7) ifoda bo‘yicha hisoblangan kengaytirilgan noaniqligi va metrologik zaxirasi 2-jadvalda keltirilgan.

2-jadval

Bosqich o‘rtachasining kengaytirilgan noaniqligi va metrologik zaxirasi (n = 30, k = 2)

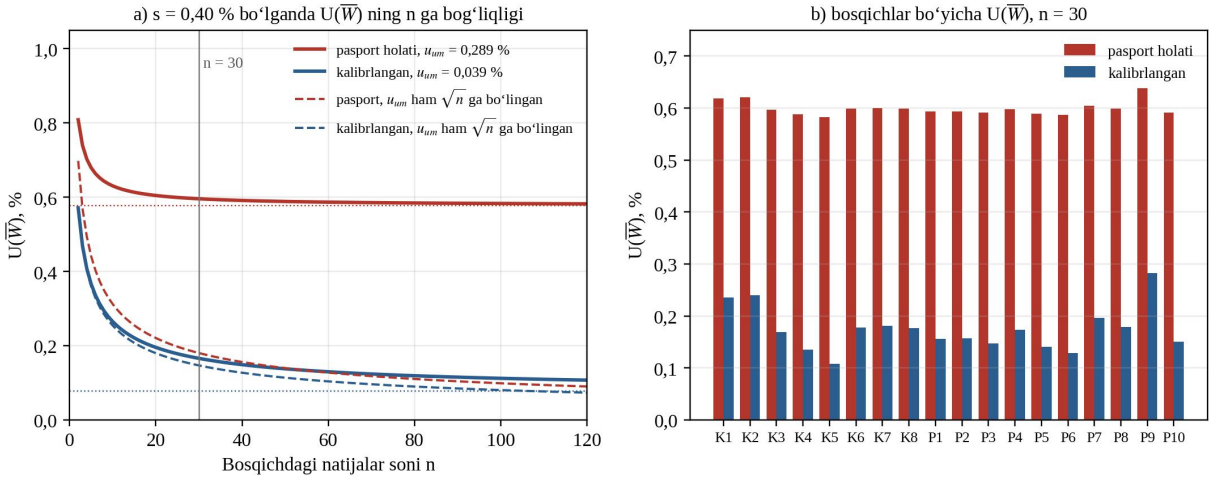
Kod	$\bar{W}$, %	s, %	TL–TU, %	U, % (pasport)	U, % (kalibr.)	Nisbat	Z, % (pasport)	Z, % (kalibr.)
K1	5,330	0,608	6,0–9,0	0,619	0,235	2,6	41,2	15,7
K2	5,193	0,621	5,5–8,5	0,620	0,240	2,6	41,4	16,0
K3	4,923	0,411	7,0–10,0	0,597	0,169	3,5	39,8	11,3
K4	4,867	0,302	6,5–9,5	0,588	0,135	4,3	39,2	9,0
K5	4,807	0,203	6,0–9,5	0,582	0,108	5,4	33,3	6,2
K6	5,057	0,436	9,0–14,0	0,599	0,177	3,4	24,0	7,1
K7	11,633	0,447	8,5–13,0	0,600	0,181	3,3	26,7	8,0
K8	5,973	0,435	7,0–11,0	0,599	0,177	3,4	29,9	8,9
P1	5,017	0,370	5,0–8,0	0,593	0,156	3,8	39,5	10,4
P2	5,057	0,372	6,0–9,0	0,593	0,157	3,8	39,5	10,5
P3	4,967	0,342	6,0–9,0	0,591	0,147	4,0	39,4	9,8
P4	5,017	0,423	6,5–9,5	0,598	0,173	3,5	39,8	11,5
P5	5,023	0,318	6,0–9,5	0,589	0,140	4,2	33,7	8,0
P6	4,923	0,280	–	0,586	0,129	4,6	–	–
P7	5,187	0,493	–	0,605	0,196	3,1	–	–
P8	5,333	0,441	9,0–14,0	0,599	0,179	3,3	24,0	7,2
P9	12,353	0,743	8,5–13,0	0,638	0,282	2,3	28,4	12,6
P10	5,007	0,352	7,0–11,0	0,592	0,151	3,9	29,6	7,5

2-jadvaldan ko‘rinadiki, pasport holatida bosqich o‘rtachasining kengaytirilgan noaniqligi 0,58–0,64 % oralig‘ida bo‘lib, bosqichlar orasida deyarli farq qilmaydi: uni umumiy tizimli tashkil etuvchi $2u_{um}$ = 0,577 % belgilaydi, tarqoqlik hissasi esa ikkinchi darajali. Kalibrlangan

holatda U = 0,11–0,28 % bo‘lib, asosan bosqich ichidagi tarqoqlik s ga bog‘liq. Kalibrlash bosqich o‘rtachasi noaniqligini 2,3–5,4 marta kamaytiradi; eng katta samara s kichik bo‘lgan bosqichlarda (K5, P6, K4) kuzatiladi. P6 va P7 bosqichlarida reglament chegarasi bo‘lmagani uchun Z hisoblanmagan.

Metrologik zaxira pasport noaniqligi bilan barcha 16 bosqichda 20 % mezonidan yuqori (24,0–41,4 %), kalibrlangan noaniqlik bilan esa 6,2–16,0 %. Demak, mavjud talab oraliqlari uchun kalibrlanmagan namlik o‘lchagich yetarli metrologik zaxiraga ega emas, kalibrlangan asbob esa barcha bosqichlarda mezonni qanoatlantiradi. Bu xulosa muvofiqlik qaroriga bevosita ta’sir qiladi: qabul zonasi [TL + U; TU − U] ning kengligi pasport holatida, masalan, K2 bosqichida 3,0 % dan 1,76 % gacha torayadi, kalibrlangan holatda esa 2,52 % bo‘lib qoladi.

U($\bar{W}$) ning natijalar soniga bog‘liqligi va bosqichlar bo‘yicha qiymatlari 1-rasmda ko‘rsatilgan.



1-rasm. Bosqich o‘rtachasi kengaytirilgan noaniqligining natijalar soniga bog‘liqligi (a) va bosqichlar bo‘yicha qiymatlari (b)

1-rasm, a dan ko‘rinadiki, n ortishi bilan U($\bar{W}$) cheksiz kamaymaydi va $2u_{um}$ chegaraviy qiymatga intiladi. Tarqoqlik hissasi umumiy tashkil etuvchiga teng bo‘ladigan natijalar soni $n^* = (s/u_{um})^2$ bilan aniqlanadi. s = 0,40 % bo‘lganda pasport holatida $n^* \approx 2$, ya’ni bosqichdagi namunalar sonini 30 tadan 100 taga oshirish U ni atigi 0,596 % dan 0,583 % gacha kamaytiradi. Kalibrlangan holatda $n^* \approx 104$ va namunalar sonini oshirish samarali bo‘lib qoladi (n = 30 da 0,166 %, n = 100 da 0,112 %). Bundan amaliy xulosa kelib chiqadi: kalibrlanmagan asbob bilan namunalar sonini ko‘paytirish metrologik zaxirani yaxshilamaydi, birinchi navbatda asbobni kalibrlash kerak.

Umumiy tashkil etuvchini ham √n ga bo‘lish (1-rasm, a dagi uzuq chiziqlar) noaniqlikni kamaytirib ko‘rsatadi. Kalibrlangan holatda bu kamaytirish 2-jadvaldagi bosqichlar uchun 4–30 % ni tashkil etadi va s qancha kichik bo‘lsa, shuncha katta bo‘ladi. Pasport holatida xato keskin: masalan, K5 bosqichi uchun noto‘g‘ri hisob U′ = 0,129 % beradi, to‘g‘ri qiymat esa 0,582 %, ya’ni noaniqlik 78 % ga kamaytirib ko‘rsatiladi. Bunday baho bilan metrologik zaxira Z = 7,4 % bo‘lib chiqadi va o‘lchash tizimi yetarli aniq deb noto‘g‘ri xulosa qilinadi, iste’molchi xavfi esa amalda yashirin holda oshadi [3].

Taklif etilgan uslubning cheklovi shundaki, kalibrlangan byudjet kalibrlash oralig‘i (6,27–9,51 %) ichidagi natijalar uchun amal qiladi. Korxonaning aksariyat bosqichlarida o‘rtacha namlik 5 % atrofida bo‘lgani uchun rasmiy qarorlar hozircha pasport noaniqligi bilan qabul qilinadi; kalibrlash oralig‘ini 4–14 % gacha kengaytirish keyingi bosqich vazifasi hisoblanadi. Uslub «Namlik ma’lumotlari nazorati» dasturiy vositasida va Excel hisoblash shablonida amalga oshirilgan.

Xulosa

1. Yigiruv mahsulotlari namligini kalibrlangan namlik o‘lchagich bilan o‘lchashning oltita komponentli noaniqlik byudjeti tuzildi: W = (7,89 ± 0,19) %, k = 2,04, P ≈ 95 %. Yig‘indi dispersiyaning 74 % ini namuna ta’siri va takrorlanuvchanlik tashkil etadi, tarozining ulushi 0,2 %.
2. Bosqich o‘rtachasining kengaytirilgan noaniqligini tasodifiy va o‘rtachalashda kamaymaydigan umumiy tizimli tashkil etuvchilarga ajratib hisoblash uslubi ishlab chiqildi: $U(\bar{W}) = k\cdot\sqrt{(s^2/n + u^2_{um})}$, kalibrlangan holatda u_{um} = 0,0392 %, pasport holatida 0,2887 %.
3. «Barkas teks GROUP» MCHJning 18 bosqichi bo‘yicha kalibrlash bosqich o‘rtachasi noaniqligini 0,58–0,64 % dan 0,11–0,28 % gacha, ya’ni 2,3–5,4 marta kamaytiradi va metrologik zaxirani 24,0–41,4 % dan 6,2–16,0 % gacha yaxshilaydi.
4. Umumiy tizimli tashkil etuvchini √n ga bo‘lish noaniqlikni kalibrlangan holatda 4–30 %, pasport holatida 78 % gacha kamaytirib ko‘rsatadi. Kalibrlanmagan asbob bilan namunalar sonini oshirish noaniqlikni amalda kamaytirmaydi, chunki $U(\bar{W})$ $2u_{um}$ = 0,577 % qiymatga intiladi.

Adabiyotlar

1. JCGM 100:2008. Evaluation of measurement data – Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM). – Sèvres: BIPM, 2008. – 120 p.
2. JCGM 200:2012. International vocabulary of metrology – Basic and general concepts and associated terms (VIM). 3rd ed. – Sèvres: BIPM, 2012.
3. JCGM 106:2012. Evaluation of measurement data – The role of measurement uncertainty in conformity assessment. – Sèvres: BIPM, 2012.
4. EURACHEM/CITAC Guide. Quantifying Uncertainty in Analytical Measurement. 3rd ed. / Ed. by S.L.R. Ellison, A. Williams. – 2012. – 133 p.
5. ISO/IEC 17025:2017. General requirements for the competence of testing and calibration laboratories. – Geneva: ISO, 2017.
6. ILAC-G8:09/2019. Guidelines on Decision Rules and Statements of Conformity. – International Laboratory Accreditation Cooperation, 2019. – 9 p.
7. ГОСТ 6611.4-73. Нити текстильные. Методы определения влажности. – М.: Издательство стандартов, 1973.
8. Abdukayumov A., Xakimov O., Jumayeva M. Yengil sanoat korxonalari maxsulotlarida namlikni o‘lchash kuzatiluvchanlik va noaniqliklarini baholash to‘g‘risida // «Standart» ilmiy-texnik jurnali. – Toshkent, 2025. – № 4. – B. 8–11.
9. Jumayeva M.B. Trikotaj matosini namligini aniqlashdagi noaniqligini baholash // To‘qimachilik va moda sanoatida ilm-fan va innovatsiyalar ilmiy-texnika jurnali. – Namangan, 2026. – № 2. – B. 70–75.
10. Абдукаюмов А., Джумаева М., Хакимов О. Автоматизация оценивания неопределенности измерений влажности кожи // Научно-технический журнал «Standart». – Ташкент, 2026. – № 2. – С. 98–102.
11. Абдукаюмов А.А., Джумаева М., Хакимов О.Ш. Оценка неопределенности методов измерения влажности зерна «Тип В» // Эффективные системы менеджмента: стандартизация. Экономика данных. Кадровое и технологическое лидерство: сб. науч. ст. XIII Междунар. науч.-практ. форума (Казань, 26–28 марта 2026 г.). – Казань, 2026. – С. 184–188. – DOI: 10.21202/978-5-8399-0894-9_184-188.
12. Mettler-Toledo GmbH. Operating instructions. B-S line of balances AB-S, PB-S. – Greifensee: Mettler-Toledo, 2008. – 40 p.
13. TSh 00-2026. Yigiruv ishlab chiqarish jarayonining texnologik bosqichlarida tola-ip mahsulotlari namligini nazorat qilish. Texnik shart. – Namangan: «Barqaror innovatsiyalar spin-off» MChJ, 2026.