ОЦЕНКА НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ ШЕЛКОНОСНОСТИ КОКОНОВ ПО ТОЛЩИНЕ ИХ ОБОЛОЧКИ

Mirsaatov Ravshanbek Muminovich
доктор технических наук, профессор, Ташкентский государственный транспортный университет, Республика Узбекистан

Аннотация. В статье предложены методики расчета расширенной неопределенности при определении шелконосности коконов тутового шелкопряда по толщине их оболочки. Для определения качественных параметров шелковичных коконов предложены применение неразрушающие статистические методы. В результате этого получают сигналы, анализируя и обрабатывая которые при помощи математических методов и программным обеспечением компьютера, можно определить такие качественные параметры как, объемную жесткость образца коконов, шелконосность коконов, степени зрелости коконов, толщину и плотности оболочки коконов. Приведены оценки расширенной неопределенности, рассчитанные на основе результатов исследования коконов тутового шелкопряда урожая 2024-2025 гг. Приведено статистическое исследование взаимосвязи между средними значениями шелконосности коконов и расширенной неопределенностью при их определении.

Ключевые слова: кокон, шелконосность, толщине коконов, неопределенность.

Повышение качества коконов в значительной мере предопределяет степень разматываемости шелковой массы их оболочек, выход шелка-сырца, производительность кокономотального оборудования и труда, и в конечном итоге повысит доходы шелководов и рентабельность отрасли.

Повышение производительности труда при обеспечении высокой урожайности и улучшения технологии производственных процессов, а также точность измерения и оценки качественных характеристик коконов без их взрезки остаётся одной из основных задач шелководства не только в Узбекистане, но и во всех шелководческих странах.

По форме различают коконы шарообразные, овальные, без перехвата, со слабым и глубоким перехватом, цилиндрические, остроконечные с одним или двумя заостренными концами. Такое не совсем точное разделение коконов по группам дает лишь самое общее представление об их форме.

Шелконосность, степень зрелости, толщина оболочки и плотность оболочки являются основными качественными показателями шелковичных

коконов, от их точного определения зависят основные технологические показатели коконной продукции – выход шелка-сырца, разматываемость, выход шелкопродуктов.

До настоящего времени шелконосность определяют на производстве разрушающим методом, взрезая пробу коконов, взвешивая оболочки, и далее берут отношение их массы в процентах к полному весу кокона.

В современной метрологической практике наряду с оценкой доверительных границ погрешности измерений все шире используется понятие "неопределенность результата измерения". Это понятие учитывает не только вариативность измеряемого показателя, но и влияние различных факторов на результаты измерения.

Процесс оценивания и выражения значения измеряемой величины и

неизбежно сопровождающую ее неопределенность можно представить в виде следующих восьми этапов: описание измеряемой величины и составление его модели; определение оцененных значений входных величин; оценивание стандартной неопределенности; анализ корреляций; расчет оценки выходной величины; оценивание суммарной стандартной неопределенности; оценивание расширенной неопределенности и составление отчета о неопределенности.

Для повышения качества шелкового сырья имеет большое значение и считается необходимым контроль качества на всех этапах его производства. Отсутствие необходимых технических средств на основных процессах в гренопроизводстве, выкормке шелкопряда, на базах первичной обработки коконов и несовершенная технология не позволяют вывести отрасль на более высокий уровень. Одним из важных путей повышения народно- хозяйственного значения отрасли считается усовершенствование технологии производства грены и коконов тутового шелкопряда на основе комплексной механизации и автоматизации основных процессов в шелководстве. В связи с этим актуальными задачами являются решение научных и практических вопросов увеличения производства коконного сырья, повышение его качества и разработка новых методов контроля качественных параметров шелковичных коконов и создание на их основе приборов и устройств.

В связи с этим настоящая работа посвящена оценке неопределенности при измерении шелконосности на основе результатов исследования коконов тутового шелкопряда урожая 2024-2025 гг.

Нами предложены статистические методы для определения качественных параметров коконов без их взрезки и компьютерные программы для расчета параметров коконов. Один из основных и объективных показателей качества шелковичных коконов это шелконосность, определяемая как процентное отношение массы оболочки к массе кокона. Она является основным и

объективным признакам, характеризующим качество живых коконов при приемке от заготовителей.

Шелконосность зависит от породы шелкопряда, но сильно изменяется от условий выкормки и содержания гусениц.

Шелконосность определяют с помощью технических или аналитических весов с последующим вычислением процентов по формулам ГОСТа. На производстве на этом процессе используется ручной труд и практически не применяется приборы для непосредственного измерения шелконосности коконов.

Разработанный неразрушаюшие способ определения шелконосности основан по толщине оболочки коконов, выбирается по 10-15 коконов из сдаваемых партий живых коконов, измеряется толщина оболочки и шелконосность этого образца. По этим данным строится выражение вида

$$Ш = k \cdot T + b \qquad (1.1)$$

где k – коэффициент пропорциональности;

b – свободный член;

T – толщина коконов, мм.

где “Ш” - шелконосность, “T” –продольная толщина каждого из 10-15 штук оболочок коконов, «k» и «b» – коэффициенты зависящие от породы коконов, а потом по этой прямой определяется шелконосность, и подставляя ее значение в номограмму (рис. 1).

Соотношение x и y линейное, если прямая линия, проведенная через центральную часть скопления точек, дает наиболее подходящую аппроксимацию наблюдаемого соотношения.

Можно измерить, как близко находятся наблюдения к прямой линии, которая лучше всего описывает их линейное соотношение путем вычисления коэффициента корреляции Пирсона, обычно называемого просто коэффициентом корреляции.

Пусть $(x_1.y_1)$, $(x_2,y_2),\ldots,(x_n,y_n)$ - выборка из n наблюдений пары переменных (X, Y)(Таблица 1.1.).

где $\overline{X},\overline{Y}$ - выборочные средние, определяющиеся следующим образом:

$$\overline{X} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} X_i = 0.2368 \qquad (1.2)$$

$$\overline{Y} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} Y_i = 13.6873 \qquad (1.3)$$

Выборочный коэффициент корреляции r определяется как:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^{n}(X_i-\bar{X})(Y_i-\bar{Y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n}(X_i-\bar{X})^2 \sum_{i=1}^{n}(Y_i-\bar{Y})^2}} = \frac{8.142}{\sqrt{66.317}} = 0.99 \qquad (1.4)$$

Таблица 1.1.

№	Швз,%	Т(обол), мм
1	20,3	0,351
2	20,0	0,345
3	21,0	0,365
4	20,2	0,347
5	20,6	0,356
6	21,1	0,369
7	20,2	0,346
8	20,9	0,363
9	21,0	0,365
10	20,1	0,346
11	20,3	0,348
12	21,0	0,365
13	20,7	0,362
14	20,4	0,355
15	20,5	0,359

Исходными данными для оценивания стандартной неопределенности по типу А являются результаты многократных измерений x_{i1} ,... x_{in} ; $i = 1$, ..., m. На основании полученных результатов рассчитывается среднее арифметическое $\bar{x}_i$ по формуле (1.5), которое является оценкой входной величины X_i ,

$$\bar{x}_i = \frac{1}{n}\sum_{g=1}^{n} x_{ig} \; . \qquad (1.5)$$

Стандартная неопределенность, связанная с оценкой $\bar{x}$ является экспериментальным стандартным отклонением среднего значения и равна положительному квадратному корню из экспериментальной дисперсии среднего значения.

Стандартная неопределенность $u(x_i)$ вычисляется по формуле

$$u(x_i) = u_A(x_i) = \sqrt{\frac{1}{n(n-1)}\sum_{g=1}^{n}\left(x_{ig} - \bar{x}_i\right)^2} \; . \qquad (1.6)$$

для результата измерения $x_i = \bar{x}_i$, вычисленного как среднее арифметическое.

Исходными данными для оценивания стандартной неопределенности по типу В является следующая априорная информация:

– данные предшествовавших измерений величин, входящих в уравнение измерения;

– сведения о виде распределения вероятностей;

– данные, основанные на опыте исследователя или общих знаниях о поведении и свойствах соответствующих приборов и материалов;

– неопределенности констант и справочных данных;

– данные поверки, калибровки, сведения изготовителя о приборе и др.

Если оценка x_i берется из спецификации изготовителя, свидетельства о поверке, справочника или другого источника, то неопределенность обычно дается как интервал $\pm a$ отклонения входной величины от ее оценки. Имеющуюся информацию о величинах x_i необходимо правильно описать с помощью функции распределения вероятностей. Для определения стандартной неопределенности входных величин необходимо воспользоваться законом распределения вероятностей x_i.

Расчет стандартной неопределенности выходной величины. Стандартная неопределенность выходной величины Y представляет собой стандартное отклонение оценки выходной величины или результата измерения и характеризует разброс значений, которые могут быть с достаточным основанием приписаны измеряемой величине. Определяется суммированием стандартной неопределенности входных величин $u(x_i)$ и является суммарной, или комбинированной стандартной неопределенностью, обозначаемой $u_c(y)$.

Применяемый для суммирования метод в терминах концепции неопределенности называется законом распределения неопределенностей, или корнем из суммы квадратов.

В случае некоррелированных входных величин суммарная стандартная неопределенность рассчитывается по формуле

$$u_c(y) = \sqrt{\sum_{i=1}^{N} \left(\frac{\partial f}{\partial x_i} \right)^2 u^2(x_i)}, \qquad (1.7)$$

где $\frac{\partial f}{\partial x_i}$ – частная производная функции f по аргументу x_i; $u(x_i)$ – стандартная неопределенность, оцененная по типу А или В.

В случае коррелированных входных величин

$$u_c(y) = \sqrt{\sum_{i=1}^{N} \sum_{j=1}^{N} \frac{\partial f}{\partial x_i} \frac{\partial f}{\partial x_j} u(x_i, x_j)} = \sqrt{\sum_{i=1}^{N} \left(\frac{\partial f}{\partial x_i} \right)^2 u^2(x_i) + 2 \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i=1}^{N} \frac{\partial f}{\partial x_i} \frac{\partial f}{\partial x_j} u(x_i, x_j)}, \qquad (1.8)$$

где $u(x_i, x_j)$ определяется по формуле (1.5).

Частные производные называются коэффициентом чувствительности c_i и показывают, как выходная величина y изменяется с изменением значения входных оценок x_i: $c_i = \frac{\partial f}{\partial x_i}$.

С учетом c_i формулы преобразуются в следующие выражения:

– в случае некоррелированных входных величин

$$u_c(y) = \sqrt{\sum_{i=1}^{N} (c_i)^2 u^2(x_i)} = \sqrt{\sum_{i=1}^{N} u_i^{\,2}(y)}\,, \qquad (1.9)$$

– в случае коррелированных входных величин

$$u_c(y) = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^{N} c_i^{\,2} u^2(x_i) + 2\sum_{i=1}^{N-1}\sum_{j=i+1}^{N} c_i c_j u(x_i) u(x_j) r(x_i, x_j)}}{\sqrt{\sum_{i=1}^{N} u_i^{\,2}(y) + 2\sum_{i=1}^{N-1}\sum_{j=i+1}^{N} u_i(y) u_j(y) r(x_i, x_j)}}\,, \qquad (1.10)$$

где $r(x_i, x_j)$ определяется по формуле (1.2).

Величина $u_i(y)$ $(i = 1,\ 2,\ \ldots\ N)$ является вкладом в стандартную неопределенность, связанную с оценкой y выходной величины, которая получается из стандартной неопределенности, связанной с оценкой входной величины x_i, по следующей формуле:

$$u_i(y) = c_i u(x_i)\,. \qquad (1.11)$$

Во многих случаях общие выражения для суммирования неопределенностей сокращаются до гораздо более простых формул.

Так, если функция модели f является суммой или разностью некоррелированных входных величин X_i, например $y = (x_1 + x_2 + \ldots)$, то суммарная стандартная неопределенность $u_c(y)$ определяется выражением:

$$u_c(y) = \sqrt{u^2(x_1) + u^2(x_2) + \ldots.} \qquad (1.12)$$

Если функция модели f является произведением или отношением некоррелированных входных величин X_i, то суммарная стандартная неопределенность $u_c(y)$ определяется выражением:

$$\frac{u_c(y)}{y} = \sqrt{\left(\frac{u(x_1)}{x_1}\right)^2 + \left(\frac{u(x_2)}{x_2}\right)^2 + \ldots}\,. \qquad (1.13)$$

где $(u(x_i)/x_i)$ – неопределенности параметров, выраженные в виде относительных стандартных отклонений.

Реализация предложенного метода и результаты определения шелконосности коконов по толщина их оболочки приведены в таблице 1.2.

Таблица 1.2.

№	М(кокон),г	М(обол),г	Швз, %	Т(обол), мм	Шфор, %
1	2,37	0,48	20,3	0,351	20,31
2	2,35	0,47	20,0	0,345	20,04
3	2,38	0,50	21,0	0,365	20,94
4	2,38	0,48	20,2	0,347	20,13
5	2,33	0,48	20,6	0,356	20,54
6	2,37	0,50	21,1	0,369	21,12
7	2,38	0,48	20,2	0,346	20,09
8	2,39	0,50	20,9	0,363	20,85
9	2,38	0,50	21,0	0,365	20,94
10	2,34	0,47	20,1	0,346	20,09
11	2,37	0,48	20,3	0,348	20,18
12	2,38	0,50	21,0	0,365	20,94
13	2,37	0,49	20,7	0,362	20,81
14	2,35	0,48	20,4	0,355	20,49
15	2,34	0,48	20,5	0,359	20,67
Среднее	2,365	0,486	20,546	0,356	20,543
u_A	0,005	0,003	0,100	0,002	0,098
u_B	0,00289	0,00289	0,000	0,00029	0,00000
u(x)	0,00557	0,004	0,100	0,002	0,098
Значение			20,547		20,543
c_{x1}			42,277		1,000
c_{x2}			-8,687		-42,269
u_B			2,415		0,003
u_c			0,238		0,173
U			0,5		0,3
Y			20,547 ± 0,5		20,543 ± 0,3

u_A - Стандартная неопределенность, оцениваемая по типу А;
u_B - Стандартная неопределенность, оцениваемая по типу В;
u(x) - стандартная неопределенность измерений;
c_x - коэффициент чувствительности;
u_B - Стандартная неопределенность, оцениваемая по типу В;
u_c - Суммарная стандартная неопределенность;
U - Расширенная неопределенность;
Y – Результат.

Результаты определения качественных параметров шелконосности коконов и оценки неопределенности экспериментальных измерений.

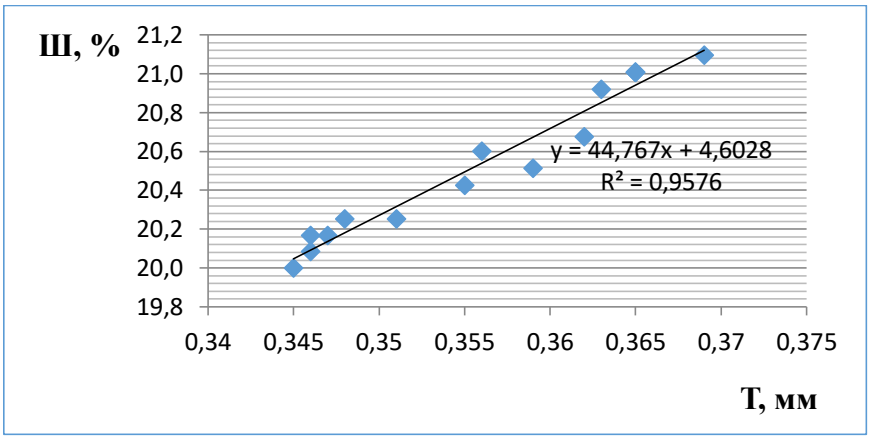


Рис. 1. Определения шелконосности коконов по толщина их оболочки коконов без их взрезки

Исследуя шелконосность можно судить о толщине оболочки и следовательно о качестве живых коконов. Таким образом по результатам измерения шелконосность можно без взрезки коконного сырья судить о перспективности новых пород тутового шелкопряда.

В работе предложены методики расчета расширенной неопределенности при испытаниях шелконосности по толщине коконов без их взрезки, проводимых согласно отраслевым стандартам, действующим на территории Республика Узбекистан.

По предложенным методикам рассчитаны оценки значений расширенной неопределенности при определении среднего значения шелконосности по толщине коконов без их взрезки 2024-2025 гг.

Установлен вид статистической взаимосвязи между средними значениями шелконосности по толщине коконов без их взрезки неопределенностью при их измерении.

Список литературы:

[1] R. M. Mirsaatov, G. Sh. Sultankhojaeva. Simulation modeling of the thermal treatment process of mulberry silkworm cocoons // Latin American Journal of Education – 2026. Vol. 6 Iss 2. – P. 523-532.

[2] Р. М. Мирсаатов, С. Б. Худойберганов. Математическое моделирование процесса термической обработки коконов тутового шелкопряда // O‘zbekiston milliy axborot agentligi – 2026. №3 (77). – С. 152-163.

[3] Burkhanov Sh.D., Mirsaatov R.M. Pilla hajmini aniqlashning tezkor usuli // AgroIlm.-Tashkent, 2010.-№3(15).-p.36.

[4] Р. М. Мирсаатов, Г.Ш. Султанходжаева. Первичная обработка коконов тутового шелкопряда с применением солнечной энергии / // АГРО ИЛМ. –2024. - №6 (104). – С. 91-94.

[5] Mirsaatov Ravshanbek Muminovich, Khudoyberganov Sardorbek Bakhodirovich/ Method for determining the silkiness of cocoons without cutting them // European science. 2020. No. 7 (56).

[6] Burkhanov Sh. J., Mirsaatov R. M., Kadyrov B. Kh., Khudoyberganov S. B. / Method and device for determining the silkiness of silk cocoons without cutting them // Universum: technical sciences. 2021. No. 2-1 (83).

[7] Relationship of parameters that characterize the quality of live cocoons / Burkhanov, S.D., Mirsaatov, R.M., Khudoyberganov, S.B., Kadyrov, B.H. // IOP Conference Series: Earth and Environmental Sciencethis link is disabled, 2021, 677(4), 042032.

[8] R. M. Mirsaatov, G. Sh. Sultanxodjayeva, S. B. Xudoyberganov. Tut ipak qurti pillalariga termik ishlov berish uchun dasturiy ta’minot / EHM uchun yaratilgan dasturning rasmiy ro‘yhatdan o‘tkazilganligi to‘g‘risidagi guvohnoma. № DGU 47370, 05.02.2025 y.

[9] Patent UZ IAP 7903. Tut ipak qurti pillalarini bug‘lash qurilmasi/ R. M. Mirsaatov, G. Sh. Sultankhodjaeva // Rasmiy axborotnoma – 2025. - №6. https://im.adliya.uz/publications/ONE/2025/2?document=be495fd3-bc36-4070-8b80-1cafdba639cc

[10] R. M. Mirsaatov, X. X. Djabborov, G. Sh. Sultanxodjayeva Quyosh energiyasi yordamida tut ipak qurti pillalariga dastlabki ishlov berish / // Irrigatsiya va mellioratsiya. – 2024. – Vol. 10. Iss 2. – B. 43-47. (05.00.00; № 22). https://journals.tiiame.uz/IL/ru/issue/view/11/11