# Деформационные состояния комплексных крученых шелковых нитей

Шахноза Анваровна Усманова
umurzaqova_h@mail.ru
Ирода Неъматжон-кизи Рахманова
Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности

**Аннотация:** В статье приведены результаты теоретико-экспериментальных исследований напряженно-деформированного состояния комплексных крученых шелковых нитей при осевом растяжении. С помощью матричного преобразования и метода статистического усреднения получены выражения для жесткости нити, которые позволяют произвести оценку относительного модуля упругости через продольные и поперечные деформации. Произведена оценка относительного модуля упругости крученой комплексной нити из шелка-сырца в зависимости от крутки.

**Ключевые слова:** сырье, шелк-сырец, волокно, нить, крутка, модуль, структура, деформация

# Deformation states of integrated twisted silk yarns

Shakhnoza Anvarovna Usmonova
umurzaqova_h@mail.ru
Iroda Nematjon-kizi Rakhmanova
Tashkent Institute of Textile and Light Industry

**Abstract:** The article presents the results of theoretical and experimental studies of the stress-strain state of complex twisted silk threads under axial tension. With the help of the matrix transformation and the statistical averaging method, expressions for the rigidity of the filament are obtained, which allow one to estimate the relative modulus of elasticity through longitudinal and transverse deformations. The relative modulus of elasticity of a twisted complex filament made from raw silk is estimated as a function of twist**.**

**Keywords:** raw material, raw silk, fiber, thread, twist, module, structure, deformation

Введение. Изучение механических свойств волокон и нитей в основном базируется на исследованиях по их растяжению. Объясняется это тем, что форма


(cc) BY

волокон и нитей (значительная длина при малых поперечных размерах) часто вызывает такой характер приложения к ним сил, при котором в них возникают деформации растяжения. Этому же в определенной мере способствует продольное расположение волокон в нитях, а также нитей в тканях и других изделиях.

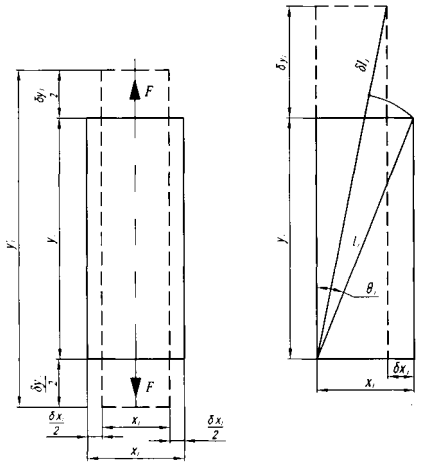
Исследовательская часть. Изучение особенностей деформации текстильных волокон и нитей, в частности, комплексных крученых шелковых нитей при растяжении позволит выявить зависимости между напряжением (усилием) и деформацией с учетом влияющих на эту зависимость основных факторов: толщины и линейной плотности волокон и нитей; крутки и структуры нитей; времени нагружения и др. Важность теоретико-экспериментальных исследований напряженно-деформированного состояния волокон и нитей предопределяется нахождением закономерностей упруго пластического поведения материалов под нагрузкой, упругих характеристик, а также возможностью создания моделей разрушения и прогнозирования прочностных свойств изделий в эксплуатационных условиях.

На рис. 1 представлена общая схема деформирования при осевом растяжении элемента волокна, имеющего следующие геометрические параметры: $l_j$ - диагональная длина элемента волокна; $x_j$ $y_j$ - соответственно поперечная и осевая компонента длины; $\theta$ - угол ориентации элемента волокна.

Вследствие геометрического подобия деформации элемента волокна и образца нити справедливы соотношения:

$$\frac{\delta y_j}{y_j} = \varepsilon_y; \frac{\delta x_j}{x_j} = \varepsilon_x \quad (1)$$

где $\delta y_j/y_j$ - осевая деформация элемента волокна; $\varepsilon_y$ - осевая деформация образца нити; $\delta x_j/x_j$ - поперечная деформация элемента волокна; $\varepsilon_x$ - поперечная деформация образца нити.




*а*) *б*)

Рис.1. Общая схема деформирования при осевом растяжении и элемента волокна силой F (а) и расчетная схема деформирования элемента волокна (б)


(cc) BY

Из рис. 1, б следует, что при осевом растяжении элемента волокна выполняется равенство

$$\left(l_j + \delta l_j\right)^2 = \left(\mathrm{y}_j + \delta \mathrm{y}_j\right)^2 + \left(\mathrm{x}_j - \delta \mathrm{x}_j\right)^2 \text{ (2)}$$

Разделив обе части равенства на $l_j^2$ и сделав преобразование, получим

$$\left(\frac{1+\delta l_j}{l_j}\right)^2 = \frac{y_j^2}{l_j^2} + \frac{2y_j\delta y_j}{l_j^2} + \frac{\delta y_j^2}{l_j^2} + \frac{x_j^2}{l_j^2} - \frac{2x_j\delta x_j}{l_j^2} + \frac{\delta x_j^2}{l_j^2} \text{ (3)}$$

Представим относительную деформацию волокна $\varepsilon_j$ как приведенную через соотношение

$$\varepsilon_j = \frac{\delta l_j}{l_j} \text{ (4)}$$

и с учетом выражений для осевой (продольной) деформации $\varepsilon_y$ и поперечный деформации $\varepsilon_x$ элемента волокна можно получить общее соотношение между деформацией волокна и образцом нити:

$$\left(l + \varepsilon_j\right)^2 = cos^2\theta + 2\varepsilon_y' \cdot cos\theta + \varepsilon_y'^2 + sin^2\theta - 2\varepsilon_x' \cdot sin\theta + \varepsilon_x'^2$$

или

$$\left(l + \varepsilon_j\right)^2 = 1 + 2\varepsilon_y' \cdot cos\theta - 2\varepsilon_x' \cdot sin\theta \text{ (5)}$$

где $\frac{\delta \mathrm{y}_j}{l_j} = \varepsilon_y'$- приведенная осевая деформация элемента волокна;$\frac{\delta x_j}{l_j}$ - приведенная поперечная деформация элемента волокна.

В последнем выражении пренебрегаем относительными приведенными деформациями второго порядка ввиду их малых значений. Если поперечную деформацию представить через продольную с помощью коэффициента Пуассона $\mu$, то получим:

$$\left(l + \varepsilon_j\right)^2 = 1 + 2\varepsilon_y' \cdot (cos\theta - \mu \cdot sin\theta) \text{ (6)}$$

В случае, когда поперечная деформация пренебрежительно мала, то последнее уравнение упростится:

$$\left(l + \varepsilon_j\right)^2 = 1 + 2\varepsilon_y' \cdot cos\theta \text{ (7)}$$

Тогда относительная деформация элемента волокна составит

$$\varepsilon_j = \sqrt{1 + 2\varepsilon_y' \cdot cos\theta} - 1 \text{ (8)}$$

Разработка модели текстильной нити предусматривает обязательный учет деформационного поведения волокон и нитей [1-3].

Предположим, что нить имеет круглое поперечное сечение и состоит из большого числа волокон, расположенных по винтовой линии. Так как элементарное волокно укладывается по винтовой линии, то в некоторой точке *P* на волокне целесообразно ввести кроме ортогональной системы координат (ξ, η, ζ), оси которой направлены по касательной к нормали и бинормали,


(cc) BY

цилиндрическую систему координат (*r, θ, z*). Причем ось *z* направлена параллельно оси нити (рис.2.).

С учетом приведенного матрица направляющих косинусов $S_{ij}(i,j=1,2,3)$ между двумя выбранными системами координат имеет вид:

$$[S_{ij}] = \begin{matrix} \\ r \\ \theta \\ z \end{matrix} \begin{matrix} \xi & \eta & \zeta \\ \end{matrix} \begin{pmatrix} 0 & -1 & 0 \\ \sin\theta & 0 & -\cos\theta \\ \cos\theta & 0 & \sin\theta \end{pmatrix} (9)$$

где $\theta$ - угол подъема винтовой линии.

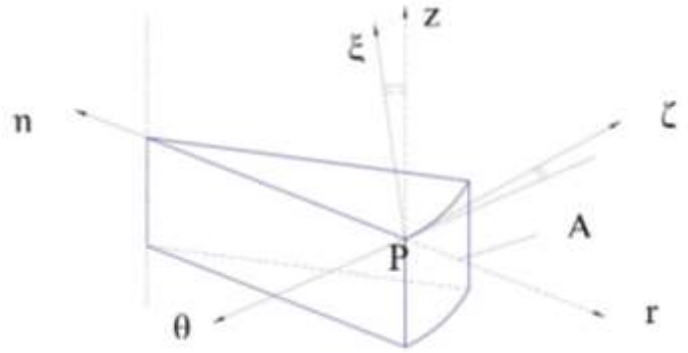



Рис.2. Совмещение ортогональной (ξ, η, ζ) и цилиндрической (r, θ, z) системы координат для элементы А волокна на винтовой линии, образуемой при крутке нити

Каждое элементарное волокно, являясь аксиально ориентированным, и потому находящемуся в ассиметричном напряженном состоянии, обладает поперечной изотропией упругих свойств. Из этого предположения следует:

$$\sigma = c^* \cdot e \ (10)$$

где σ, $c^*$, e – соответственно тензоры напряжений, жесткости и деформаций.

В данном выражении (10), соответствующем закону Гука, модуль упругости E, как показано А.Н.Соловьевым [4], нужно рассматривать как модуль относительной жесткости для текстильных материалов. Это вызвано тем, что в теории упругости отношение нагрузки к деформации принято называть жесткостью. Но так как при определении нормальных напряжений σ необходимо делить нагрузку на площадь S, то жесткость в этом случае становится относительной. Считая диагональные элементы матрицы жесткости равными модулям упругости волокна в продольном $E_j$ и поперечном направлениях $E_т$, матрица жесткости в упрощенном виде записывается в виде:

$$c^* = \begin{bmatrix} E_j & E_{Tj} & E_{Tj} & 0 & 0 & 0 \\ E_{Tj} & E_T & E_{Tj} & 0 & 0 & 0 \\ E_{Tj} & E_T & E_T & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 2E_{Tj} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & E_{Tj} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 2E_{TT}^* \end{bmatrix} (11)$$


(cc) BY

где $2E_{TT}^{*} = E_T - E_{Tj}$; $E$- модуль упругости. Постоянные жесткости нити можно выразить через характеристики элементарного волокна, используя матричное преобразование и метод статистического усреднения:

$$C_{ijkl} = \frac{1}{A}\int \rho c_{mnop}^{*} S_{mi} S_{nj} S_{ok} S_{pl} dA, (i,j,k,l = 1,2,3) \quad (12)$$

где $\rho$ - число волокон на единицу площади и может быть рассмотрена в качестве функции распределения; А-площадь поперечного сечения нити шелка-сырца.

Интегрирование (12) выполняется по всему поперечному сечению нити.

Для нити, состоящей из волокон высоко ориентированного как шелка-сырца, постоянные жесткости $C_{ij}$ можно рассчитать с учетом введенных упрощений по следующим формулам:

$$C_{11} = \left(\frac{4a}{3}\right) E_j$$

$$C_{22} = 2E_j \left[\frac{sin^2\alpha}{2} + \left(1 + \frac{2a}{3}\right) cos^2\alpha + 2ctg^2\alpha lg\cos\alpha\right],$$

$$C_{33} = 2E_j \left[cos^2\alpha + \left(\frac{1}{2} + \frac{4a}{3}\right) + \left(\frac{2a}{3}\right) sin^4\alpha + \left(\frac{2a}{3}\right) sin^2\alpha cos^2\alpha + \left(\frac{8a}{3}\right) ctg^2\alpha lg\cos^2\alpha\right] 13)$$

$$C_{13} = \left(\frac{4E_j}{3}\right)\left(\frac{1}{2} + ctg^2\alpha\ lgcos\alpha\right),$$

$$C_{23} = -2E_j \left(1 + \frac{4a}{3}\right)\left[\left(\frac{1}{2}\right) ctg^2\alpha(sin^2\alpha + ctg^2\alpha\ lgcos\alpha)\right],$$

$$C_{12} = \left(\frac{4}{3}\right) E_j ctg^2\alpha\ lgcos^2\alpha$$

где $a = \frac{E_T}{E_j}$ - отношение поперечного модуля упругости волокна к его продольному (осевому) модулю. При одноосном растяжении модуль упругости нити шелка-сырца определяется по формуле

$$E_y = C_{33} - \frac{(C_{13}^2 C_{22} + C_{11} C_{23}^2 - 2C_{12} C_{13} C_{23})}{(C_{11} C_{22} - C_{12})} \quad (14)$$

Отметим, что модуль упругости нити $E_y$ зависит от поверхностного угла винтовой линии $\alpha$ и модулей упругости волокна $E_T$ и $E_j$.

Геометрия крученой нити и анализ её механических свойств основан на идеализированной геометрической модели, показанной на рис.3, а.

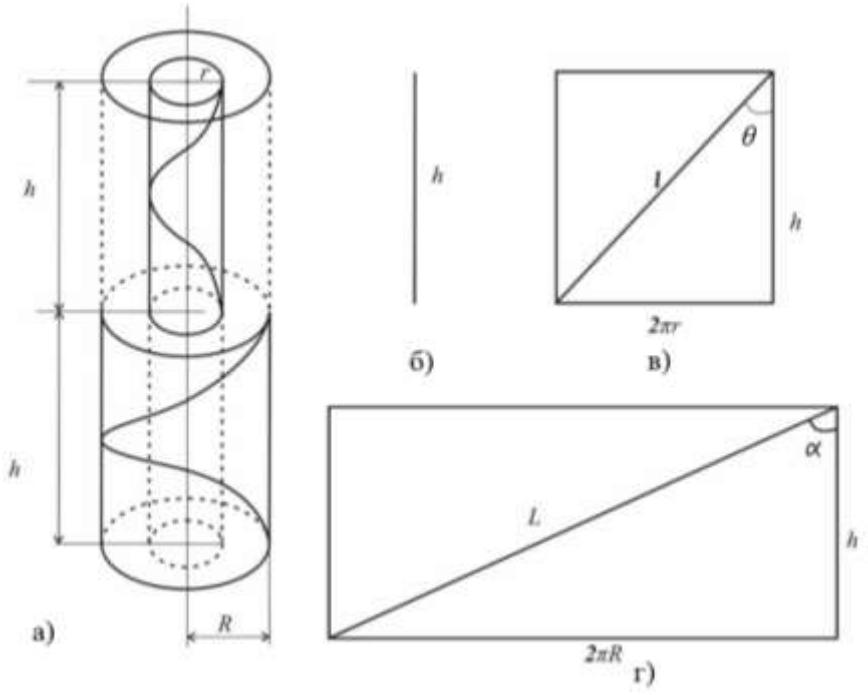
Предполагается, что волокна упакованы равномерно и располагаются по винтовой линиям с постоянным шагом, т.е. шаг одного оборота крутки не зависит от радиуса. В таком случае модель нити представляет собой цилиндр, определяющий один оборот крутки и характеризующиеся развертками,


(cc) BY

показанными на рис. 3, б-г для волокна в центре нити, на радиус *r* и на поверхности на радиусе *R*.

По сравнению с анализом одиночной нити механика многониточной комплексной крученой нити усложняется приданием левой и правой крутки различной степени. Сочетание этих круток изменяет спиральную геометрию элементарных волокон и делает её более сложной.

Рассмотренный метод статистического усреднения характеристик элементарных волокон можно использовать и для вычисления упругих параметров комплексной крученой шелковой нити. Для этого необходимо ввести выражения, учитывающие вклад всех одиночных элементарных волокон в нити шелка-сырца в свойства крученой комплексной шелковой нити и далее просуммировать все вклады в зависимости от числа нитей шелка-сырца крученой комплексной нити. При этом систему координат для комплексной крученой нити (*x, y, z*) выберем так, чтобы ось *z* была направлена вдоль центральной оси, а единичные векторы (орты) образовали ортогональную систему координат. Систему координат нити шелка-сырца (*x, y, z*) определим так, чтобы ось *z* располагалась параллельно к центральной линии рассматриваемой крученой нити и единичные вектора были бы ориентированы соответствующим образом. Систему координат элементарного волокна (ξ, η, ζ) определим также, как и ранее.




а) однородная цилиндрическая нить; б) центральное волокно; в) развертка волокна на радиусе - r ; г) развертка волокна на поверхности радиусом - R, шаг одного оборота крутки нити - h, угол между касательной к винтовой линии и осью цилиндра на радиусе r - θ и на радиусе R - α.

Рис. 3. Принятая геометрия крученой нити


(cc) BY

Обозначим: $\varphi$ - угловое положение точки на волокне в плоскости, перпендикулярной к оси сложения нити шелка-сырца; $\phi$ - угловое положение оси нити, перпендикулярной вектору. В таком случае, проделав некоторые выкладки, можно показать, что направляющие косинусы между осями волокна и крученой комплексной нити вычисляются по формулам

$$S_{11}(\xi) = cos\varphi\cos\phi + sin\phi cos\beta_0 cos\phi,$$
$$S_{12}(\xi) = sin\varphi\sin\phi + cos\beta_0 sin\varphi cos\phi,$$
$$S_{13}(\xi) = -sin\varphi\sin\beta_0 \quad (15)$$
$$S_{11}(\eta) = cos\theta sin\varphi\cos\phi + cos\theta cos\varphi cos\beta_0 cos\phi + sin\theta sin\beta_0\sin\phi,$$
$$S_{12}(\eta) = -cos\theta sin\varphi\sin\phi + cos\theta cos\varphi cos\beta_0 cos\phi + sin\theta sin\beta_0\cos\phi,$$
$$S_{13}(\eta) = sin\theta cos\beta_0 - cos\theta cos\varphi sin\beta_0, \quad (16)$$
$$S_{11}(\zeta) = sin\theta sin\varphi\cos\phi + sin\theta cos\varphi cos\beta_0 sin\phi - sin\beta_0\, cos\theta\sin\phi,$$
$$S_{12}(\zeta) = sin\theta sin\varphi\sin\phi - sin\theta cos\beta_0 cos\varphi sin\phi + cos\theta sin\beta_0 cos\varphi,$$
$$S_{13}(\zeta) = sin\theta sin\beta_0 cos\phi + cos\theta cos\beta_0, \quad (17)$$

где $\beta$ - угол наклона центральной линии нити шелка-сырца.

После подстановки $S_{ij}$ из (15) - (17) в (12) и вычисления интегралов можно написать следующую формулу величины $E_c^i$, которая является вкладом типичного *i*-го сложения нити шелка-сырца в модуль упругости крученой комплексной нити:

$$E_c^i = E_f cos^4\beta_o cos^2\alpha\left[1 - \left(\frac{3}{2}\right) tg^2\beta_o\left(\frac{1+2lgcos\alpha}{sin^2\alpha}\right)\right] \quad (18)$$

Эффективный модуль крученой комплексной нити

$$E_c = \sum_{i=1}^{N} E_c^i \quad (19)$$

получается суммированием всех вкладов по всем сложениям (N-число сложений). Величина $\alpha$ и $\beta_o$ в уравнении (18) определяются формулами

$$tg\alpha = 2\pi R_y t_y;\ tg\beta_o = 2\pi R_{y*} t_c, \quad (20)$$

где $R_y$ - радиус нити шелка-сырца; $R_{y*}$ - расстояние между центральной линией этой нити и осью комплексной крученой нити; $t_y$ и $t_c$ - крутки нити шелка-сырца и комплексной крученой нити соответственно на единицу длины. Такой анализ хорошо согласуется с результатами экспериментальных данных, показанных на рис.4, и является составной частью модели.

На рис.4. приведены характеристики крученой комплексной шелковой нити для случая равных круток.


(cc) BY

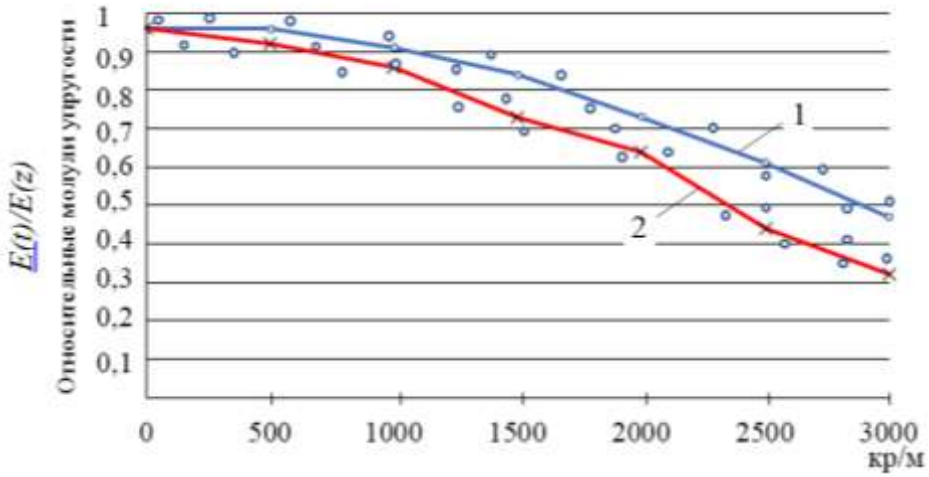



Рис.4. Расчетный и экспериментальный относительные модули упругости крученой комплексной нити: 1- из шелка-сырца 9,32 текс; 2-из шелка-сырца 12,92 текс (E(t)/ E(z)- отношение поперечного модуля упругости крученой комплексной нити к его осевому модулю)

Выводы. На основе теоретико-экспериментальных исследований при осевом растяжении нитей установлено, что при высокой крутке комплексной нити на её деформированное состояние соответственно влияют элементы деформации составляющих комплексной нити как шелка – сырца, так и волокон. Получено аналитическое выражение для модуля упругости нити шелка-сырца при одноосном растяжении через элементы тензора жесткости элементарных волокон. Произведена оценка относительного модуля упругости крученой комплексной нити из шелка-сырца в зависимости от крутки.

## Использованная литература

1. Alimova K. et al. New assortiment of natural silk products //International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology. – 2019. – Т. 6. – №. 3. – С. 8568-71.

2. Alimova K. et al. The basis for sustainable development of the agro-Industrial cluster "silk" //AIP Conference Proceedings. – AIP Publishing LLC, 2024. – Т. 3045. – №. 1. – С. 040024.

3. Alimova K. et al. Implementation of primary processing technology for repeatedly grown cocoon //International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering. – 2020. – Т. 8. – №. 5. – С. 5118-22.

4. Kh A. et al. Bastamkulova Kh //D., Umurzakova Kh. Kh., Abdullaev OS Ustroystvo morki kukolki tutovogo shelkopryada/№ FAP. – 2019. – Т. 20190145. – №. 26.07.

5. Умурзакова Х. Х. и др. Определение закона движения центра-масс кокона и натяжения нити при переменной скорости мотовила //Проблемы текстиля. – 2018. – №. 3. – С. 91-98.


(cc) BY

6. Исламбекова Н. М., Умурзакова Х. Х. Улучшение свойств и совершенствование размотки дефектных коконов //SCIENCE AND WORLD. – 2013. – С. 42.

7. Alimova K. et al. Method for using natural silk fibers for producing valuable grade paper //AIP Conference Proceedings. – AIP Publishing LLC, 2024. – Т. 2969. – №. 1. – С. 030022.

8. Kh U., Kh A., Holdarova S. The law of motion in determining the tension of the cocoon thread //International journal on orange technology. – 2022. – Т. 4. – №. 7. – С. 33-41.

9. Храмова Н. В. и др. Разработка тканеинженерной конструкции из шелковой отваренной марли и аллофибробластов для лечения поверхностных дефектов кожи //Гены и клетки. – 2022. – Т. 17. – №. 3. – С. 248-248.

10. Умурзакова Х. Х. Янги турдаги тиббиёт бинтлари учун хом ашё хусусиятларини тадқиқи //Ж. Илм-фан ва инновацион ривожланиш. – 2021. – Т. 6. – С. 69-78.

11. Kh U. K. Development of technology for the preparation of raw materials for medical silk gauze. Author. diss… doctoral philosophy (PhD) in tech //sciences. Tashkent. – 2020.

12. Islambekova N. M., Umurzakova X. X. Improving the properties and improving the unwinding of defective cocoons //SCENKE AND WORLD". Science and Peace is an international scientific journal.-Volgograd. – 2014. – Т. 10. – С. 42-44.

13. Алимова Х. А. и др. Структура и свойства некоторых видов шелкового волокна //Ж. Композиционные материалы. – 2013. – №. 2. – С. 4-7.

14. Алимова Х. А. и др. Технология производства поли компонентной пряжи //Илм-фан ва инновацион ривожланиш/Наука и инновационное развитие. – 2024. – Т. 7. – №. 2. – С. 83-90.

15. Умурзакова Х. Х. ТЕХНОЛОГИЯ ПОДГОТОВКИ СЫРЬЯ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ МЕДИЦИНСКИХ ИЗДЕЛИй ИЗ ШЕЛКА //Сборник научных трудов по итогам Международной научной конференции, посвященной 135-летию со дня рождения профессора ВЕ Зотикова. – 2022. – С. 96-99.

16. Umurzakova H. H. et al. BIRINCHI VA TO'RTINCHI MAVSUMDA YETISHTIRILGAN PILLALAR QOBIG 'ININGXUSUSIYATLARI //Oriental renaissance: Innovative, educational, natural and social sciences. – 2021. – Т. 1. – №. 9. – С. 291-300.

17. Umurzakova X. X., Muratova Z. A. NOTO'QIMA MATERIAL TO'SHAMASINI SHAKLLANISHIDA TOLALARGA TA'SIR QILUVCHI OMILLARNI NAZARIY TAHLILI //Results of National Scientific Research. – 2025. – Т. 4. – №. 8. – С. 5-17.

18. Kh U. K. et al. TECHNOLOGY OF PRODUCTION OF WOOL-SILK YARN //AMERICAN JOURNAL OF MULTIDISCIPLINARY BULLETIN. – 2025. – Т. 3. – №. 6. – С. 306-312.

19. Umurzakova X. ВЫБОР СЫРЬЯ ДЛЯ ФАСОННЫХ НИТЕЙ ИЗ ХИМИЧЕСКИХ НИТЕЙ МЕТОДОМ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ //AMERICAN JOURNAL OF MULTIDISCIPLINARY BULLETIN. – 2025. – Т. 3. – №. 5.

20. Алимова Х. А. и др. ШЕРСТЯНОЕ ВОЛОКНО КАК СЫРЬЁ ДЛЯ СМЕШАННОЙ ПРЯЖИ //Илм-фан ва инновацион ривожланиш/Наука и инновационное развитие. – 2025. – Т. 8. – №. 4. – С. 103-113.

21. Алимова Х. А. и др. ПОЛИКОМПОНЕНТЛИ ЙИГИРИЛГАН ИПЛАР ИШЛАБ ЧИҚАРИШ ТЕХНОЛОГИЯСИ //ILM-FAN VA INNOVATSION RIVOJLANISH. – 2024. – Т. 7. – №. 2. – С. 83-90.

22. Khalima U. et al. XOM IPAKNI STANDART KALAVAGA O 'RASHDA QO 'LLANILADIGAN EMULSIYANI TAYYORLASH //SCIENCE AND INNOVATIVE DEVELOPMENT. – 2023. – Т. 6. – №. 5. – С. 83-91.

23. Alimova K. et al. TAKRORIY YETISHTIRILGAN PILLA IPLARINI TADQIQ QILISH //SCIENCE AND INNOVATIVE DEVELOPMENT. – 2023. – Т. 6. – №. 3. – С. 83-90.

24. Алимова Х. А. и др. ИЗМЕНЕНИЯ ДЛИНЫ ШЕЛКОВОЙ НИТИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПОВТОРНОЙ ВЫКОРМКИ //Results of National Scientific Research. – 2023. – С. 4.

25. Алимова Х. А. и др. Такрорий етиштирилган пилла ипларини тадқиқ қилиш //Илм-фан ва инновацион ривожланиш/Наука и инновационное развитие. – 2023. – Т. 6. – №. 3. – С. 83-90.

26. Khramova N. V. et al. Razrabotka tkaneinzhenernoy konstruktsii iz shelkovoy otvarennoy marli i allofibroblastov dlya lecheniya poverkhnostnykh defektov kozhi //Genes & Cells. – 2022. – Т. 17. – №. 3. – С. 248-248.

27. Alimova K. et al. The formation of defects during the reeling of raw silk //Journal of Physics: Conference Series. – IOP Publishing, 2021. – Т. 1889. – №. 4. – С. 042049.

28. Khabibullaev D. A. et al. Raw materials for production of polycomponent yarn with silky effect //Design Engineering. – 2021. – Т. 4. – С. 458-464.

29. Adkhamovich A. Z. et al. Ways and technologies for making natural silk //European science review. – 2016. – №. 9-10. – С. 179-181.

30. Islambekova N. M. et al. Investigation of unwinding speed based on the process of separating the thread from the surface of the cocoons //International journal of advanced research in science engineering and technology. – 2019. – Т. 6. – №. 5. – С. 9136-9141.

31. Tulanov S., Ahmedov J., Prozorova O. Causes and methods for determining the pilling ability of knitted fabrics depending on the fibrous composition //AIP Conference Proceedings. – AIP Publishing LLC, 2024. – Т. 2969. – №. 1. – С. 030023.

32. Ахмедов Ж. А., Бастамкулова Х. Д., Алимова Х. А. Технология подготовки сырья для производства нового ассортимента шелковых тканей //Естественные и технические науки: опыт, проблемы, перспективы. – 2016. – №. 2. – С. 50-53.

33. Akhmedov J. A. et al. Properties and development of a textile thread model //Composite Materials. – 2015. – Т. 4. – С. 96-99.

34. Kulmatovich E. S. et al. Exploration of the belly characteristics of living cocoons grown in repeated seasons //Annals of the Romanian Society for Cell Biology. – 2021. – Т. 25. – №. 1. – С. 4275-4282.

35. Чарышникова О. С. и др. Генетика, геномика ва биотехнологиянинг замонавий муаммолари //Республика илмий анжумани. – 2021. – Т. 18. – С. 189.

36. Akhmedov J. et al. Technology of Production of Cocoon Raw Materials and Study of Its Impact on Raw Silk Quality //International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology (IJIRSET). – 2021. – Т. 10. – №. 12. – С. 15036-15041.

37. Nabidjanova N. N. Alimova Kh. A., Umurzakova Kh. Kh., Usmanova Sh. A., Akhmedov JA Dependence of the diameter of the thread on the parameters of the body structure andthe deformability of the knitwear //Proceedings of the II International Conference on Advances in Materials, Systems and Technologies AIP Conf. Proc. 2467. – С. 060048-1.

38. Khabibullaev D. et al. Raw material composition and technology for producing polycomponent yarn //AIP Conference Proceedings. – AIP Publishing LLC, 2022. – Т. 2467. – №. 1. – С. 020066.

39. Nabidjanova N. N. et al. Dependence of the diameter of the thread on the parameters of the body structure and the deformability of the knitwear //AIP Conference Proceedings. – AIP Publishing LLC, 2022. – Т. 2467. – №. 1. – С. 060048.

40. Kh A. et al. New range of raw silk twisted threads //J. The American journal of engineering and technology (TAJET). AMERIKA. – 2020. – Т. 2. – №. 11. – С. 166-173.

41. Tulanov S. et al. Evaluation of insulation materials for winter clothing: A study on warmth retention properties //AIP Conference Proceedings. – AIP Publishing LLC, 2025. – Т. 3304. – №. 1. – С. 030003.

42. Umurzakova K. et al. Studying the properties of twisted threads for silk medical bandage //AIP Conference Proceedings. – AIP Publishing LLC, 2024. – Т. 3045. – №. 1. – С. 030023.


(cc) BY

43. Anvarjonovich K. D. et al. Raw Materials for Production of Polycomponent Yarn with Silky Effect //Design Engineering. – 2021. – С. 458-464.

44. Ахмедов Ж. А. и др. Технология подготовки сырья для получения качественного шелка-сырца //Academic research in educational sciences. – 2021. – Т. 2. – №. 9. – С. 370-381.

45. Ахмедов Ж. А. Янги структурали тикув ва кашта ипларини ишлаб чиқариш технологиясини яратиш //Тошкент. ТТЕСИ.-2018.-Б. – 2018. – С. 47-53.

46. Умурзакова Х. Х., Ахмедов Ж. А. Табиий ипак хом ашёсини етиштириш ҳолатлари ва истиқболлари. – 2016.

47. Akhmedov J. A., Bastamkulova K. D., Alimova H. A. Technology of preparation of raw materials for the production of a new range of silk fabrics //Natural and technical sciences: experience, problems, prospects, Center for Scientific Knowledge" Logos". – 2016. – С. 50-53.

48. Алимова Х. А., Бастамкулова Х. Д., Ахмедов Ж. А. Связь крутки с линейной плотностью шелковой нити //Проблемы текстиля.-Ташкент. – 2016. – №. 3. – С. 32.

49. Алимова Х. А. и др. Мировое производство и потребление текстильного сырья //Ж. Композиционные материалы. – 2013. – №. 4. – С. 71-74.

50. Akhmedov J. et al. Preparation of raw materials for knitted products from natural silk //International journal on orange technology. e-ISSN. – С. 2615-8140.

51. Kh U. K. et al. Characteristics of New Sample Medical Gauze //International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology (IJIRSET) Volume. – Т. 10. – С. 14330-14335.

52. Umurzakova H. H. et al. BIRINCHI VA TO'RTINCHI MAVSUMDA YETISHTIRILGAN PILLALAR QOBIG 'INING XUSUSIYATLARI //Oriental renaissance: Innovative, educational, natural and social sciences. – 2021. – Т. 1. – №. 9. – С. 291-300.

53. Alimova K. et al. Technology for preparing silk string for staplement //AIP Conference Proceedings. – AIP Publishing LLC, 2025. – Т. 3304. – №. 1. – С. 030004.

54. Shukhratov S., Axmedov J. The choice of raw materials for the production of bicomponent yarn //AIP Conference Proceedings. – AIP Publishing LLC, 2024. – Т. 3045. – №. 1. – С. 030036.

55. Хожиматов М. и др. ҒЎЗАНИНГ ЯНГИ "АНДИЖОН-ЗИЁ" НАВИ ТАВСИФИ ВА ПАРВАРИШЛАШ АГРОТЕХНОЛОГИЯСИ //Science and innovation. – 2024. – Т. 3. – №. Special Issue 21. – С. 180-182.

56. Ахмедов Ж. А. и др. Нуқсонли пиллаларни чувиш ва хом ипак хусусиятларини ўрганиш //Илм-фан ва инновацион ривожланиш/Наука и инновационное развитие. – 2023. – Т. 6. – №. 5. – С. 72-82.


(cc) BY

57. Adkhamovich A. J., Alimovna A. K. qizi OEZ. Effectiveness of microwave killing live cocoon //J Textile Eng Fashion Technol. – 2022. – Т. 8. – №. 6. – С. 191-1925.

58. Халимахон А. А., Ахмедов Ж. А., Ортиқова Э. З. Қ. ПИЛЛАЛАРГА ДАСТЛАБКИ ИШЛОВ БЕРИШНИНГ ЯНГИ УСУЛИ //Academic research in educational sciences. – 2022. – Т. 3. – №. 9. – С. 14-23.

59. Алимова Х., Ахмедов Ж. А., Собиров Қ. Э. ЮҚОРИ СИФАТЛИ ХОМ ИПАК ИШЛАБ ЧИҚАРИШНИНГ ТЕХНОЛОГИК ПАРАМЕТРЛАРИНИ НАЗАРИЙ АСОСЛАШ //Academic research in educational sciences. – 2022. – Т. 3. – №. 7. – С. 204-217.

60. Собиров Қ. Э., Ахмедов Ж. А., Холдарова С. Ш. Қ. ПИЛЛАНИНГ ПИШГАНЛИК ДАРАЖАСИ КЎРСАТКИЧЛАРИГА СТАТИСТИК ИШЛОВ БЕРИШ //Oriental renaissance: Innovative, educational, natural and social sciences. – 2022. – Т. 2. – №. 9. – С. 483-487.

61. Ахмедов Ж. А. и др. СУРХОНДАРЁ ВИЛОЯТИДА ЕТИШТИРИЛГАН ХИТОЙ ДУРАГАЙ ПИЛЛАРИНИ ҚОБИҚ ХУСУСИЯТЛАРИ //Academic research in educational sciences. – 2022. – Т. 3. – №. 4. – С. 1197-1209.

62. Alimova H. et al. XOM IPAKNI QAYTA ISHLASHNING YANGI USULI //SCIENCE AND INNOVATIVE DEVELOPMENT. – 2021. – №. 5. – С. 93-101.

63. Алимова Х. А. и др. Новый способ обработки шелка-сырца //Илм-фан ва инновацион ривожланиш/Наука и инновационное развитие. – 2021. – Т. 4. – №. 5. – С. 93-101.

64. Axmedov J. A. et al. TABIIY IPAKDAN TIKUV IPLARINI ISHLAB CHIQARISH //Oriental renaissance: Innovative, educational, natural and social sciences. – 2021. – Т. 1. – №. 11. – С. 476-486.

65. Ахмедов Ж. А. и др. СУЩЕСТВУЮЩИЕ И НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОДГОТОВКИ ШЕЛКА СЫРЦА К КРУЧЕНИЮ //ПРОБЛЕМЫ ТЕКСТИЛЬНОЙ ОТРАСЛИ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ. – 2021. – С. 25-30.

66. Ахмедов Ж. А. и др. КАШТА ТИКИШДА ҚЎЛЛАНИЛАДИГАН ИПЛАРНИ ИШЛАБ ЧИҚАРИШ УСУЛЛАРИ //Academic research in educational sciences. – 2021. – Т. 2. – №. 12. – С. 86-97.

67. Ахмедов Ж. А., Эркинович С. Қ., Исмоилов Д. А. ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА СЪЕМА НИТИ С ПОВЕРХНОСТИ КОКОНА В ВОДНОЙ СРЕДЕ //Oriental renaissance: Innovative, educational, natural and social sciences. – 2021. – Т. 1. – №. 5. – С. 613-621.

68. Ахмедов Ж. А., Бастамкулова Х. Д., Эрматов Ш. К. НОВЫЙ СПОСОБ ПОДГОТОВКИ ШЕЛКА-СЫРЦА К КРУЧЕНИЮ //ББК 1 А28. – 2020. – С. 66.

69. Ахмедов Ж. А. и др. ИЗМЕНЕНИЯ МАССЫ КОКОНА ОТ ДЛИНЫ РАЗМОТКИ //Advances in Science and Technology. – 2020. – С. 69-71.


(cc) BY

70. Kushimov A. A., Gadaev N. E., Gulbaev U. Y. O. Changes in the amount of contamination in the combed sliver and yarn during the spinning process //Science and Education. – 2021. – Т. 2. – №. 1. – С. 158-162.

71. Gulbayev U. Y. O., Ruzmatov B. S., Yuldashev K. X. Creation and introduction of innovative education cluster in the leather and fur industry //Science and Education. – 2021. – Т. 2. – №. 1. – С. 289-292.

72. Xoliyarov M. S. et al. To'qimachilik sanoat chiqindilarini qayta ishlash muammolari va istiqbollari //Science and Education. – 2021. – Т. 2. – №. 11. – С. 384-391.

73. Yusupalieva U. N. et al. Efficient use of raw materials in textile enterprises and ensuring product quality //Science and Education. – 2021. – Т. 2. – №. 11. – С. 337-341.

74. Аббазов И. З., Гулбаев У. Я. Ў., Шаропов Б. технологик жараёнлардан чиқаётган чанг заррачаларининг фракцион таркиби //science and education. – 2021. – Т. 2. – №. 3. – С. 129-135.

75. Jumaniyazov Q. J. et al. YIGIRISH JARAYONI O'TIMLARI BO'YICHA ARALASHMA TARKIBIGA ASOSAN CHIQINDI VA IP MIQDORINING O'ZGARISHI //Science and Education. – 2021. – Т. 2. – №. 1. – С. 179-186.

76. Jumaniyazov Q. J. et al. Korxonalarda paxta tolasidan saralanmalar tuzish tartibi //Science and Education. – 2021. – Т. 2. – №. 5. – С. 327-334.

77. Jumaniyazov Q. J. et al. PAXTA TOLASIDAN SIFATLI SARALANMA TUZISH TARTIBI //Science and Education. – 2020. – Т. 1. – №. 8. – С. 65-68.

78. Jumaniyazov Q. J. et al. YIGIRISH KORXONASIDA TOLANING MEXANIK SHIKASTLANISHINING ARALASHMA TARKIBI BO'YICHA O'ZGARISHI //Science and Education. – 2021. – Т. 2. – №. 1. – С. 163-169.

79. Turatbekova A. et al. Study on isolation methods of natural polysaccharides //E3S Web of Conferences. – EDP Sciences, 2024. – Т. 497. – С. 03016.

80. Jumaniyazov K. et al. PREDICTING THE RELATIONSHIP BETWEEN FIBER PROPERTIES AND YARN PROPERTIES //Universum: технические науки. – 2023. – №. 9-5 (114). – С. 27-30.

81. Xolmominov A., Gulbaev U., Karimov S. Properties of polypropylene yarn production //Science and Education. – 2024. – Т. 5. – №. 9. – С. 172-176.

82. Jumaniyazovich J. Q. et al. CHANGES IN THE MECHANICAL DAMAGE OF THE FIBER ACCORDING TO THE COMPOSITION OF THE MIXTURE IN SPINNING MILLS //BOSHQARUV VA ETIKA QOIDALARI ONLAYN ILMIY JURNALI. – 2023. – Т. 3. – №. 2. – С. 170-172.

83. Gulbayev U. Y. O., Ro'zmatov B. S. Yuldashev CREATING AND LOCATING AN INNOVATIVE TEACHING CLUSTER IN THE KX LEATHER AND FUR INDUSTRY vain ta'lim. – 2021.


(cc) BY

84. Gulbayev U. Y. O., Ro'zmatov B. S. Yuldashev CREATING AND LOCATING AN INNOVATIVE TEACHING CLUSTER IN THE KX LEATHER AND FUR INDUSTRY vain ta'lim.-2021//T //T. – T. 2. – C. 289-292.

85. Gulbaev U. Change in fiber length during the spinning process //Science and Education. – 2025. – T. 6. – №. 7. – C. 82-86.

86. Gulbaev U. Comparison of yarn breaking strength in spinning processes based on fisher and student's criteria //Science and Education. – 2025. – T. 6. – №. 7. – C. 92-96.

87. Gulbaev U. Changes in product unevenness during different spinning process stages //Science and Education. – 2025. – T. 6. – №. 7. – C. 87-91.

88. Umarova G. A. et al. Xom ipakni standart kalavaga qayta o 'rash jarayonida emulsiyani mahalliylashtirish //Science and Education. – 2026. – T. 7. – №. 4. – C. 114-122.

89. Umurzakova X. X. et al. Ipak qurti duragaylarida pilla qobig 'ining fizik-mexanik xossalari va saralash samaradorligining xom ipak sifatiga ta'siri //Science and Education. – 2026. – T. 7. – №. 5. – C. 92-103.

90. Сабиров К. Э., Ахмедов Ж. А. ПОЛУЧЕНИЕ ВЫСОКОКАЧЕСТВЕННОГО ШЕЛКА СЫРЦА ВЫРАЩЕННЫХ ВО ВТОРОМ ПОВТОРНОМ СЕЗОНЕ OBTAINING HIGH-QUALITY RAW SILK GROWN IN THE SECOND REPEAT SEASON //II Всероссийская научная конференция с международным участием «Актуаль-ные направления развития текстильной и легкой промышленности в современ-ных условиях»: Сборник научных трудов (27 мая 2025 г.).–М.: РГУ им. АН Косыгина, 2025.–255 с. – 2025. – С. 207.

91. Xiao Q. et al. Enhanced electrochemical and thermoelectric performance of bacterial cellulose-based composite aerogels via multi-component reinforcement //RSC advances. – 2026. – T. 16. – №. 23. – C. 21307-21319.

92. Гулбаев Я. И., Тиркашева Х. О. СИНТЕЗ СЕМИКОРБАЗОНА ПАРАОКСИБЕНЗОАЛЬДЕГИДА С МОЛИБДЕНОМ //Интернаука. – 2020. – №. 26-2. – С. 35-36.

93. Гулбаев Я. И., Исамиддинов Ж. К., Нореков У. Д. СИНТЕЗ И ЭЛЕМЕНТНОГО АНАЛИЗА КОМПЛЕКСНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ТИОСЕМИКАРБАЗОНА МЕТИЛЭТИЛКЕТОНА С МОЛИБДЕНОМ //Science and Education. – 2021. – Т. 2. – №. 1. – С. 117-122.

94. Гулбоев Я. И., Исомиддинов Ж. ЎСИМЛИКЛАРНИ ХИМОЯ ҚИЛИШДА КИМЁВИЙ ТАДБИРЛАРНИ ҚЎЛЛАШ //Журнал естественных наук. – 2020. – №. 1.

95. Abdullaev A. A. et al. MOLIBDEN SANOATI CHIQINDILARINING INSON VA ATROF–MUHITGA TA'SIRI //Журнал естественных наук. – 2021. – Т. 1. – №. 4.


(cc) BY

96. Гулбоев Я. И., Исомиддинов Ж. КРИСТАЛЛИЧЕСКАЯ И МОЛЕКУЛЯРНАЯ СТРУКТУРА ДИМЕРА УРАНА //Журнал естественных наук. – 2021. – Т. 1. – №. 2.

97. Гулбаев Я. И., Каримова Ф. С. Муллажонова ЗСК Координационное соединение тиосемикарбазона параоксибензоальдегида с молибденом //Universum: химия и биология. – 2021. – №. 4. – С. 82.

98. Dilmuxammad K., Otabek G., Yakhshilik G. Inheritance of the quantity of grains in first generation durum wheat hybrids //Universum: химия и биология. – 2022. – №. 10-3 (100). – С. 15-17.

99. Gulbayev Y. I., Abdullayev A. A., Xolmo'Minova D. A. Benzoilgidrozon solitsiloviy aldegidni infraqizil spektroskopiya yordamida aniqlash //Science and Education. – 2022. – Т. 3. – №. 1. – С. 163-168.

100. Гулбаев Я. И., Каримова Ф. С., Муллажонова З. С. К. Координационное соединение тиосемикарбазона параоксибензоальдегида с молибденом //Universum: химия и биология. – 2021. – №. 4 (82). – С. 64-68.

101. Гулбаев Я. И. Жавохирмирзо Камаридинович Исамиддинов, & Умид Дониёрович Нореков (2021). Синтез и элементного анализа комплексных соединений тиосемикарбазона метилэтилкетона с молибденом //Science and Education. – Т. 2. – №. 1. – С. 117-122.

102. Gulbayev Y. I. et al. Olma kislotasi va uning xususiyatlari //Science and Education. – 2022. – Т. 3. – №. 1. – С. 44-52.

103. Гулбаев Я. И., Холмуминова Д. А. Синтез и свойства комплексных соединений тиосемикарбазона метилэтилкетона с молибденом //Universum: химия и биология. – 2021. – №. 6-1 (84). – С. 73-78.

104. Гулбаев Я. И., Холмуминова Д. А. Дерватограмма комплексных соединений тиосемикарбазона метилэтилкетона с молибденом //Science and Education. – 2021. – Т. 2. – №. 1. – С. 123-127.

105. Гулбаев Я. И., Рашидова Н. Т. Рентгенограмма молекулы семикарбазона параоксибензоальдегида с молибденом //Science and Education. – 2020. – Т. 1. – №. 2. – С. 142-146.

106. Abdullaev A. A. et al. MOLIBDEN SANOATI CHIQINDILARINING INSON VA ATROF–MUHITGA TA'SIRI //Журнал естественных наук. – 2021. – Т. 1. – №. 4.

107. Гулбоев Я. И., Исомиддинов Ж. КРИСТАЛЛИЧЕСКАЯ И МОЛЕКУЛЯРНАЯ СТРУКТУРА ДИМЕРА УРАНА //Журнал естественных наук. – 2021. – Т. 1. – №. 2.

108. Гулбоев Я. И., Исомиддинов Ж. ЎСИМЛИКЛАРНИ ХИМОЯ ҚИЛИШДА КИМЁВИЙ ТАДБИРЛАРНИ ҚЎЛЛАШ //Журнал естественных наук. – 2020. – №. 1.

109. Эгамбердиев Ф. О. и др. ТАКОМИЛЛАШТИРИЛГАН ИККИ БАРАБАНЛИ ТЎҒРИ ОҚИМЛИ ТОЛА ТОЗАЛАГИЧ УСКУНАСИНИНГ ТОЗАЛАШ САМАРАДОРЛИГИНИ ОШИРИШ //ТЕХНИКА ФАНЛАРИ. – 2020. – Т. 5. – №. 3. – С. 71.

110. Doniyorova M. A., Shamiyev D. B., Doniyorov B. B. PAXTA TOLALI TO'QUVCHILIK IPLARINING TEXNOLOGIK XOSSALARINI TADQIQ QILISH //Экономика и социум. – 2022. – №. 7 (98). – С. 45-51.

111. Shamiyev D. B. To'quv dastgohlari assortimentlik imkoniyatlari asosida yo'l-yo'l naqshli to'qimalarni loyihalash //Avtoref. dis. PhD-Jizzax-2024 yil.

112. Doniyorova M. A. et al. Piltali to'qimalarni ishlab chiqarish va tadqiqot qilish //Science and Education. – 2022. – Т. 3. – №. 12. – С. 357-364.

113. Shamiyev D. B. O. G. L. et al. Bazalt tolasi va uning tarkibiy tuzilmasi //Science and Education. – 2023. – Т. 4. – №. 4. – С. 379-388.

114. Шамиев Д. ПИЛТАЛИ ТУКДМАНИ ИШЛАБ ЧИКАРИШДАН КУТИЛАДИГАН ЩТИСОДИЙ САМАРАДОРЛИК //Образование наука и инновационные идеи в мире. – 2023. – Т. 18. – №. 7. – С. 187-190.

115. Doniyorova M., Doniyorov B., Shamiyev D. Research of the structure of new stripe ribbed fabrics and assessing the design of the surface //PROBLEMS IN THE TEXTILE AND LIGHT INDUSTRY IN THE CONTEXT OF INTEGRATION OF SCIENCE AND INDUSTRY AND WAYS TO SOLVE THEM:(PTLICISIWS-2022). – 2023. – Т. 2789. – №. 1. – С. 040116.

116. Шамиев Д. ПИЛТАЛИ ТУ^ ИМАЛАРНИ ИШЛАБ ЧИКДРИШ ВА ТАДКДКОТ КДЛИШ //ОБРАЗОВАНИЕ НАУКА И ИННОВАЦИОННЫЕ ИДЕИ В МИРЕ. – 2023. – Т. 18. – №. 7. – С. 190-193.