

Научная статья

УДК 677.022.2 : 519.248 : 004.942

doi 10.34216/2587-6147-2021-1-51-28-32

Петр Алексеевич Севостьянов

Российский государственный университет им. А. Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство), Москва, Россия

petrsev46@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9919-5551>

СТАТИСТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДИНАМИКИ РАСПРЯМЛЕНИЯ ВОЛОКОН ПРИ КАРДОЧЕСАНИИ НА ВАЛИЧНОЙ МАШИНЕ

Аннотация. В статье анализируется распрямление волокон в рабочих зонах валичных кардочесальных машин. Приведены исходные предположения и параметры, с использованием которых на основе методов статистической динамики была разработана компьютерная модель статистической имитации процесса распрямления с учетом упруго-вязких свойств волокон и их взаимодействия с соседними волокнами. Изучена динамика изменения распрямленности волокон в зависимости от их начальной распрямленности и числа проходов волокон через рабочие зоны. Установлено, что частичное восстановление извитости волокон вследствие их упругости не позволяет добиться полного их распрямления независимо от числа повторных проходов рабочих зон машины.

Ключевые слова: кардочесание, валичная кардочесальная машина, распрямление волокон, статистическая динамика, компьютерное имитационное моделирование, упруго-вязкие свойства, остаточная протяженность волокон

Для цитирования: Севостьянов П. А. Статистическая модель динамики распределения волокон при кардочесании на валичной машине // Технологии и качество. 2021. № 1(51). С. 28–32. <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2021-1-51-28-32>.

Original article

Petr A. Sevostyanov

Kosygin Russian State University (Technologies. Design. Art). Moscow, Russia

STATISTICAL SIMULATION OF FIBRE STRAIGHTENING DYNAMICS IN CARDING ON ROLLER MACHINE

Abstract. The article analyses the straightening of fibres in the working areas of roller carding machines. The initial assumptions and parameters are given, which were used to develop a computer model for statistical simulation of the process, taking into account the elastic-viscous properties of fibres and their interaction with neighbouring fibres, based on the methods of statistical dynamics. The dynamics of changes in the straightening of the fibres depending on their initial straightening and the number of passes of the fibres through the working zones are studied. It is established that the partial restoration of the tortuosity of the fibres due to their elasticity does not allow for their complete straightening, regardless of the number of repeated passes of the working areas of the machine.

Keywords: carding, roller carding machine, fibre straightening, statistical dynamics, computer simulation, elastic-viscous properties, residual fibre length

For citation: Sevostyanov P. A. Statistical simulation of fibre straightening dynamics in carding on roller machine // *Tekhnologii i kachestvo* = Technologies & Quality. 2021;1(51): 28–32. (In Russ.) <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2021-1-51-28-32>.

При кардочесании зубья гарнитуры воздействуют непосредственно на отдельные волокна. Волокна полностью или частично распрямляются и ориентируются вдоль направления движения зубьев. Уменьшается число точек взаимодействия волокна с соседними волокнами [1–3]. Поскольку свойства волокон и их

взаимодействие с зубьями носят вероятностный характер, исследование этих процессов требует методов статистической механики [1, 3, 4]. Компьютерное моделирование на основе этих методов основано на построении модели поведения отдельного элемента статистического ансамбля, в нашем случае волокна, повторении моделирования при случайных вариациях параметров элемента и статистического усреднения

© Севостьянов П. А., 2021

результатов. Но отдельное волокно – это уже система с большим числом степеней свободы [4, 5]. Поэтому статистические эффекты проявляются на двух уровнях: на уровне поведения отдельного волокна и на уровне статистического ансамбля большой группы волокон, что было учтено в алгоритме моделирования [5, 6]. На рис. 1 представлена схема взаимодействия волокна с зубьями гарнитур и геометрические параметры зоны взаимодействия. В зоне взаимодействия происходит захват волокна барабаном 2 и разделение волокнистой массы на две части (одна переходит на барабан 2, другая удерживается на барабане 1).

Длину распрямленного волокна обозначим L_0 , а протяженность волокна вдоль направления относительного смещения захвативших волокно зубьев L_x . Коэффициент распрямленности волокна равен $\eta_0 = L_x / L_0$, $0 < \eta_0 < 1$. Наибольшую длительность воздействия зубьев на волокно за время его присутствия в рабочей области обозначим T . Скорость смещения зубьев одной гарнитуры относительно другой обозначим V .

Вследствие своей природной упругости волокно будет стремиться восстановить первоначальную форму. Этому будут препятствовать соседние волокна, мешающие свободным изменениям формы волокна: восстановлению старой и сохранению новой формы, и свойство пластичности, которое также имеется у волокна. Сведем все эти сложно действующие факторы к одному параметру, который будет влиять на изменение коэффициента распрямленности волокна после выхода из рабочей области $\theta = \eta_1 / \eta_0$. Параметр θ безразмерный и больше единицы. Здесь η_1 – коэффициент распрямленности волокна после выхода из рабочей области. Очевидно, что θ можно рассматривать как показатель эффективности кардочесания: чем он выше, тем больше распрямилось волокно под действием зубьев гарнитур.

Эффект частичного восстановления извитости волокна будем учитывать, уменьшая окончательное значение θ после ухода волокна из рабочей области. Для этого введем еще один коэффициент – долю упругой деформации от полной деформации удлинения волокна. Обозначим его μ . Как и коэффициент распрямленности η , он находится в пределах от нуля до единицы. Величина этого коэффициента в значительной степени зависит от природных свойств волокна. Поэтому все волокна в массе обладают примерно одинаковым коэффициентом μ , который можно принять просто как некоторую константу или моделировать, например,

нормально распределенной случайной величиной с фиксированным средним и небольшим коэффициентом вариации. Если η_0 – коэффициент распрямленности волокна до входа в рабочую область, η_1 – коэффициент распрямленности непосредственно после выхода из рабочей области, а η_2 – окончательный коэффициент распрямленности волокна после частичного восстановления его извитости, то можно написать следующие соотношения между коэффициентами: $\theta = \eta_1 / \eta_0$; $\eta_2 = \mu \eta_1$.

Из геометрии рабочей зоны (рис. 1б) найдем:

$$\cos\beta_1 = \frac{(R_1 + z_1 + u)^2 + (R_1 + z_1 + r + R_2 + z_2)^2 - (R_2 + z_2)^2}{2 \cdot (R_1 + z_1 + u) \cdot (R_1 + z_1 + r + R_2 + z_2)}, \quad (1)$$

$$\cos\beta_2 = \frac{(R_1 + z_1 + L)^2 + (R_1 + z_1 + r + R_2 + z_2)^2 - (R_2 + z_2)^2}{2 \cdot (R_1 + z_1 + L) \cdot (R_1 + z_1 + r + R_2 + z_2)}, \quad (2)$$

где $L = AC$ – длина волокна, задний конец которого удерживается зубьями гарнитуры барабана 1, а передний конец захватывается зубьями барабана 2;

z_1 и z_2 – высота зубьев, соответственно, барабанов 1 и 2;

r – разводка между гарнитурами.

Эти аналитические выражения позволяют связать геометрию и кинематику барабанов с геометрией волокон. Момент захвата переднего конца волокна зубом гарнитуры барабана 2 примем за начало отсчета времени $t = 0$. В этот момент задний конец волокна имеет координату $y = x_0 - l_0$, где x_0 – точка захвата, которая находится в пределах длины D рабочей области $0 < x_0 < D$. Передний конец волокна с момента $t = 0$ перемещается с окружной скоростью барабана 2. Задний конец волокна продолжает двигаться с окружной скоростью барабана 1 до момента $t = T$, когда и задний конец волокна тоже переходит на окружную скорость барабана 2. С этого момента процесс распрямления рассматриваемого волокна завершается. Легко подсчитать, что за время T расстояние между передним и задним концами волокна увеличивается на $d = VT / l_1 = l_0 + d$. Если значение l_1 больше, чем длина волокна, то есть волокно полностью распрямляется, то $l_1 = L$. Объединяя оба случая, получим формулу для вычисления протяженности волокна после прохода через рабочую область

$$l_1 = \min \{L; l_0 + d\}. \quad (3)$$

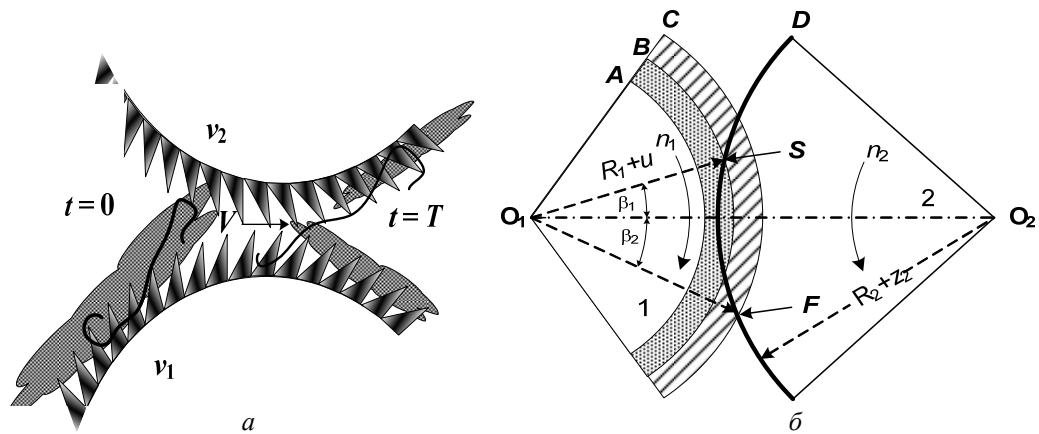


Рис. 1. Схема взаимодействия волокна с барабанами (а) и геометрические параметры рабочей области барабанов (б)

Интервал времени T – случайный и находится в пределах от 0 до $T_m = \beta / n_1$, где n_1 – угловая скорость вращения барабана 1. Закон распределения T , как и других случайных величин, участвующих в модели, неизвестен. Примем, что η_0 распределен равномерно от 0 до 1. В качестве модели длины волокон шерсти принято использовать гамма-распределение, а для хлопка – бета-распределение с соответствующим подбором параметров. На рис. 2 показаны гистограммы модельных распределений длины и протяженности волокон со средней длиной 60 мм и коэффициентом вариации 50 %. Распределение протяженности волокон существенно отличается по форме от распределения длины волокон. Это обстоятельство проявляется в процессе чесания.

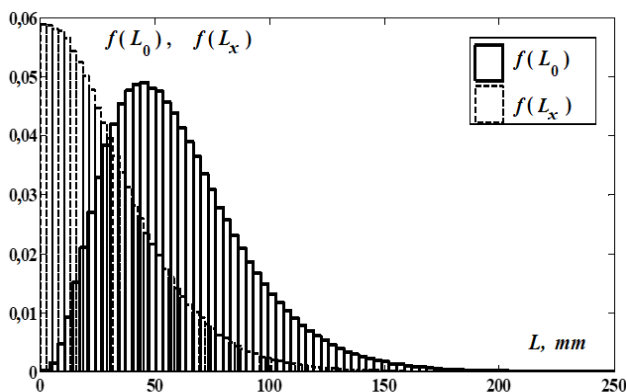


Рис. 2. Модельные распределения длины волокон и их протяженности

Разработанная с учетом приведенных представлений о процессе распрямления волокон и участвующих в этом процессе факторов компьютерная модель рассчитывает геометрические и кинематические параметры рабочей области по заданным исходным данным [7, 8]. Затем выполняется генерация массивов длины

и распрямленности волокон. Далее определяется «судьба» каждого волокна. Поскольку рассматривается только эффект распрямления волокон, то предполагается, что все смоделированные волокна переходят с барабана 1 на барабан 2.

Рассчитывается конечная длина волокна с учетом частичного сокращения его распрямленности вследствие упругости волокна. Указанные действия повторяются для каждого волокна многократно и сохраняются, чтобы быть использованными для последующей имитации нового прохода волокон через рабочую зону. Тем самым имитируется многократный проход волокон через рабочую зону или через несколько последовательных зон.

На рис. 3 показано полученное на модели изменение распределения волокон по коэффициенту распрямленности η до и после одного прохода волокон через рабочую зону между барабанами 1 и 2 ($N_{povt} = 2$), непосредственно на выходе из зоны и после частичного восстановления извитости волокна вследствие его упругости. На рис. 4 приведены распределения волокон по коэффициенту распрямленности после пятого прохода через рабочую зону между барабанами 1 и 2.

Первоначальное равномерное распределение коэффициента распрямленности волокон от 0 до 1 до их попадания в рабочую зону преобразуется: доля волокон с малой протяженностью уменьшается, тогда как доля волокон, распрямленных вдоль движения, возрастает. В том числе возрастает и доля полностью распрямленных волокон. Затем волокна частично уменьшают свою протяженность. При этом происходит перераспределение доли волокон в каждом интервале значений распрямленности.

Графики показывают динамику перераспределения волокон по коэффициенту распрям-

ленности, то есть, по существу, динамику эффекта распрямления волокон. Сократилась доля сильно извитых волокон с малой протяженностью, и значительно возросла доля полностью или почти полностью распрямленных волокон. При этом эффект частичного восстановления извитого состояния волокон по-прежнему является заметным и сказывается на окончательной распрямленности волокон на кардной поверхности барабана 2.

ВЫВОДЫ

1. Формы распределения волокон по длине и по протяженности существенно отличаются друг от друга. Поскольку в технологических процессах и длина, и протяженность волокна

существенным образом влияют на ход процесса, то эти различия надо учитывать при анализе и проектировании узлов технологического оборудования.

2. Распрямление волокон в рабочих зонах между кардными гарнитурами барабанов и валиков валичной кардочесальной машины зависит от начальной распрямленности, кинематики процесса, числа рабочих зон, упругости волокон, вероятностной природы взаимодействия волокон с зубьями гарнитур и между собой. Разработанная компьютерная модель статистической имитации распрямления волокон в процессе кардочесания объединяет и учитывает перечисленные факторы и является удобным инструментом исследования процесса.

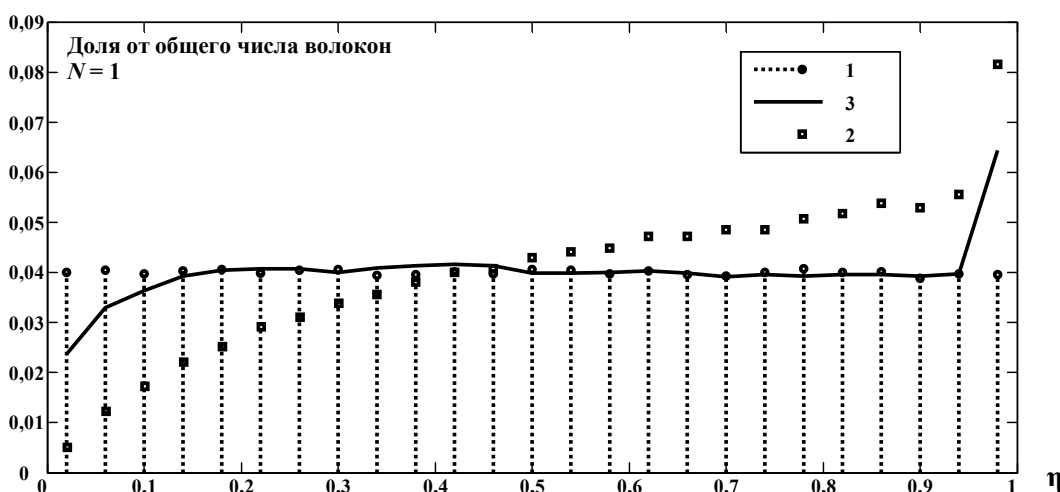


Рис. 3. Распределение волокон по величине коэффициента распрямленности η после одного прохода через рабочую зону.

Распределения: 1 – до попадания волокон в рабочую зону; 2 – непосредственно после выхода из зоны; 3 – после частичного восстановления извитости

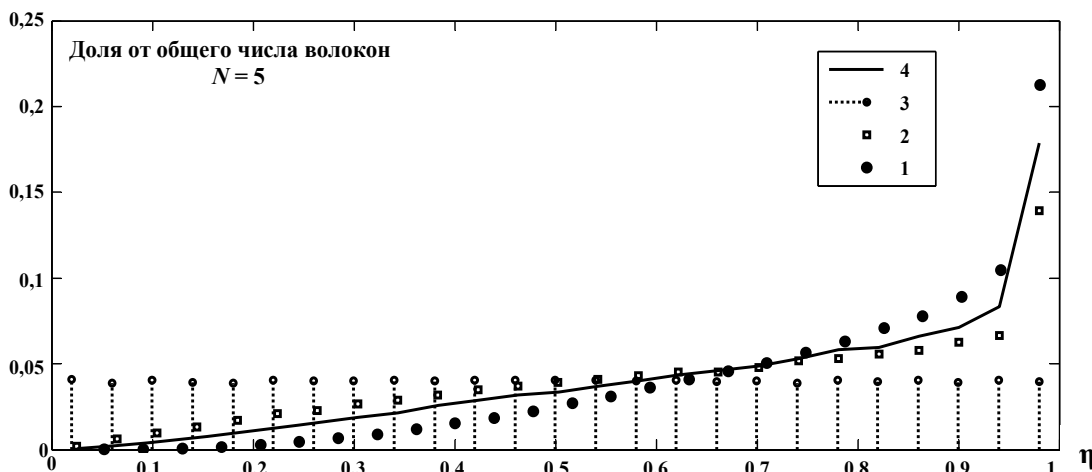


Рис. 4. Распределение волокон по величине коэффициента распрямленности η после пятого прохода через рабочую зону между барабанами 1 и 2.

Распределения: 1 – до первого попадания волокон в рабочую зону; 2 – перед пятым входом в рабочую зону; 3 – непосредственно после пятого выхода из области; 4 – после частичного восстановления извитости

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Севостьянов А. Г., Севостьянов П. А. Моделирование технологических процессов (в текстильной промышленности) : [учеб. для вузов по спец. «Прядение натур. и хим. волокон», «Ткачество», «Производство неткан. текст. материалов»]. М. : Лег. и пищ. пром-сть, 1984. 344 с.
2. Музылев Л. Т. Исследование процесса гребнечесания шерсти и его усовершенствование : дис. ... д-ра техн. наук. М. : МТИ, 1973. 393 с.
3. Ашнин Н. М. Теоретическое и экспериментальное исследование процесса кардочесания волокнистых материалов : дис. ... д-ра техн. наук. Л., 1979. 474 с.
4. Зарубин В. М., Белоголовцев С. Д. Анализ процесса образования прочеса // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 1990. № 2. С. 22–24.
5. Скуланова Н. С. Проектирование технологии и сформированной из нетрадиционных видов сырья аппаратной шерстяной пряжи : дис. ... д-ра техн. наук. М., 2008. 306 с.
6. Компьютерное моделирование длины и тонины волокон шерсти в топсе и ленте на основе данных натуральных экспериментов / П. А. Севостьянов, К. В. Ордов, Е. И. Битус, Т. А. Самойлова, В. В. Монахов // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2015. № 6. С. 185–189.
7. Громов С. С., Севостьянов П. А. Анализ динамики долевого состава двухкомпонентного волокнистого материала в процессе кардочесания // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2009. № 6(321). С. 109–112.
8. Севостьянов П. А. Динамика и модели основных процессов прядения : монография. Ч. 1. Рыхление, очистка, смешивание, кардо- и гребнечесание / Российский государственный университет им. А. Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство). М., 2020. 264 с.

REFERENCES

1. Sevost'yanov A. G., Sevost'yanov P. A. Modelirovanie tekhnologicheskikh processov (v tekstil'noj promyshlennosti) : [ucheb. dlya vuzov po spec. "Pryadanie natur. i him. volokon", "Tkachestvo", "Proizvodstvo netkan. tekst. materialov"]. M. : Leg. i pishch. prom-st', 1984. 344 s.
2. Muzylev L. T. Issledovanie processa grebnechesaniya shersti i ego usovershenstvovanie : dis. ... d-ra tekhn. nauk. M. : MTI, 1973. 393 s.
3. Ashnin N. M. Teoreticheskoe i eksperimental'noe issledovanie processa kardochesaniya voloknistykh materialov : dis. ... d-ra tekhn. nauk. L., 1979. 474 s.
4. Zarubin V. M., Belogolovcev S. D. Analiz processa obrazovaniya prochesa // Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noj promyshlennosti. 1990. № 2. S. 22–24.
5. Skulanova N. S. Proektirovanie tekhnologii i sformirovannoj iz netradicionnykh vidov syr'ya apparatnoj sherstyanoj pryazhi : dis. ... d-ra tekhn. nauk. M., 2008. 306 s.
6. Komp'yuternoe modelirovanie dliny i toniny volokon shersti v topse i lente na osnove dannykh naturnykh eksperimentov / P. A. Sevost'yanov, K. V. Ordov, E. I. Bitus, T. A. Samojlova, V. V. Monahov // Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noj promyshlennosti. 2015. № 6. S. 185–189.
7. Gromov S. S., Sevost'yanov P. A. Analiz dinamiki dolevogo sostava dvuhkomponentnogo voloknistogo materiala v processe kardochesaniya // Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noj promyshlennosti. 2009. № 6(321). S. 109–112.
8. Sevost'yanov P. A. Dinamika i modeli osnovnykh processov pryadeniya : monografiya. Ch. 1. Ryhlenie, ochistka, smeshivanie, kardo- i grebnechesanie / Rossijskij gosudarstvennyj universitet im. A. N. Kosygi-na (Tekhnologii. Dizajn. Iskusstvo). M., 2020. 264 s.

Статья поступила в редакцию 02.02.2021
Принята к публикации 11.03.2021

ДИЗАЙН

Научная статья

УДК 671.12:745

doi 10.34216/2587-6147-2021-1-51-33-39

Галанин Сергей Ильич

Костромской государственной университет, г. Кострома, Россия

sgalanin@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5425-348X>

ОСОБЕННОСТИ ОБРАБОТКИ КАМНЕЙ И ОРГАНОГЕННЫХ ОБРАЗОВАНИЙ ДЛЯ ЮВЕЛИРНО-ХУДОЖЕСТВЕННЫХ ИЗДЕЛИЙ

Аннотация. В статье рассмотрены особенности использования камней и органогенных образований, подвергнутых обработке различной степени, в разнообразных ювелирно-художественных изделиях. Показано, что в зависимости от вида минерального сырья или органогенного образования (жемчуг, раковины) используются различная глубина и методы его обработки. Проведена первичная систематизация сырья по степени его обработки. На примерах барочного жемчуга, друз, гемм, огранённых самоцветов и резных камней показано, что свойства и размеры самоцветов определяют композиционные решения по применению их в украшениях. Показано, что вставки, обладающие уникальными свойствами, всегда занимают место в центре композиции украшения, а различная глубина их обработки позволяет выявить и подчеркнуть их уникальность. Приведены примеры исторических и современных ювелирных изделий с различными уникальными вставками.

Ключевые слова: ювелирно-художественные изделия, обработка камней и органогенных образований, степень и глубина обработки, композиционные решения ювелирных изделий, ювелирные вставки, свойства ювелирных вставок, огранка

Для цитирования: Галанин С. И. Особенности обработки камней и органогенных образований для ювелирно-художественных изделий // Технологии и качество. 2021. № 1(51). С. 33–39. <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2021-1-51-33-39>.

Original article

Sergey I. Galanin

Kostroma State University, Kostroma, Russia

FEATURES OF PROCESSING OF GEMS AND ORGANOGENIC FORMATIONS FOR JEWELLERY AND ART PRODUCTS

Abstract. The article deals with the features of the use of gems and organogenic formations subjected to various degrees of processing in various jewellery and art products. Using examples of baroque pearls, drusas, gems, cut gems and carved gems, it is shown that the properties and sizes of gems determine compositional solutions for their use in jewellery. It is shown in various jewellery-artistic wares, that depending on the type of mineral raw material or organogenic formations (pearls, shells) a different depth and methods of its treatment are used. Primary systematisation of raw material is conducted on the degree of his treatment. It is shown that inserts with unique properties always occupy a place in the centre of the decoration composition, and the different depth of their processing allows one identifying and emphasising their uniqueness. Examples of historical and modern jewellery are made with different unique insertions.

Keywords: fine art jewellery, processing of gems and organogenic formations, degree and depth of processing, composite solutions of jewellery, jewellery inserts, properties of jewellery inserts, cut

For citation: Galanin S. I. Features of processing of gems and organogenic formations for jewellery and art products // *Tekhnologii i kachestvo* = Technologies & Quality. 2021;1(51): 33–39. (In Russ.) <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2021-1-51-33-39>