

9(150)

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

Александрович Попов (1821, Санкт-Петербург — 1898, Санкт-Петербург) — русский флотоводец, кораблестроитель, адмирал (1891 год). Его имя носит корабль — эсминец «Попов» рядом с Владивостоком. Родился 22 сентября (4 октября) 1821 года в Санкт-Петербурге в семье известного кораблестроителя, управляющего Охтинской верфью Александра Андреевича Попова.

С 1830 года учился на морском отделении Александровского корпуса; в 1838 году окончил Морской кадетский корпус с присвоением чина мичмана и зачислением в 32-й флотский экипаж (Черноморский флот).

был командиром парохода «Метеор» (вспомогательного крейсера Черноморского флота). В 1853 году был командирован в Константинополь для сбора сведений о вооружении Босфора и близлежащих к нему укрепленных мест по Чёрному морю и Дунаю до Рущука. Участвовал в Крымской кампании. В 1853—1854 годах командовал пароходами «Эльбрус», «Андия», «Турок», потопил шесть турецких транспортов; в сентябре 1854 года командовал в чине капитан-лейтенанта пароходом «Тамань», прорвался из блокированного Севастополя в Одессу и вернулся обратно с грузом для оборонявшихся.

Руководил установкой морских орудий на укреплениях Севастополя и артиллерийским снабжением. Руководил снаряжением двух брандеров. Руководил созданием бона для преграждения севастопольского рейда. За боевые заслуги в этот период — награждён двумя орденами.

Произведен в капитаны 1-го ранга; с 1855 — флигель-адъютант. В 1855 году был командирован с театра военных действий в Кронштадт, Выборг, Свеаборг и другие укрепленные порты побережья Балтийского моря. В период 1856—1858 годов был начальником штаба Кронштадтского порта.

В 1858—1861 гг. — командующий отрядом из двух корветов («Рында» и «Гридень») и клипера «Офрингем» (2-й Амурский отряд), привел его из Кронштадта в Японское море, затем ходил у берегов Японии, исследовал побережья русского Приморья (одна из заливов — у 45-й параллели — был назван в честь корвета Попова «Рында»). В 1859 году кораблями отряда командованием нанесли визит в порт Сан-Франциско.

В 1861 году был произведен в контр-адмиралы с назначением в Свиту[2]. Избран членом Комитета Кораблестроительного и Морского Училищ, участвовал в ведении переделки парусных кораблей. Совершил плавание к берегам Японии. В 1861 года был назначен командиром отряда кораблей. Отрядом кораблей в 1861 году был совершён плавания к берегам Японии (Первая японская экспедиция). В 1861 году был произведен в вице-адмиралы. В 1861 году был назначен командиром отряда кораблей. Отрядом кораблей в 1861 году был совершён плавания к берегам Японии (Первая японская экспедиция).

205 ЛЕТ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ
21 сентября 2026 г.

ПОПОВ
АНДРЕЙ АЛЕКСАНДРОВИЧ
1821-1898 гг.



UNIVERSUM: ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Научный журнал

Издается ежемесячно с ноября 2013 года

Выпуск: 9(150)

Сентябрь 2026 г.

Часть 4

Новосибирск
2026

ББК 3
U55

Главный редактор журнала:

Звездина Марина Юрьевна – д-р физ.-мат. наук, доц.

Редакционная коллегия:

Абдуллин Тимур Зуфарович – канд. техн. наук;

Гасумов Рамиз Алиевич – д-р техн. наук, проф.;

Деев Владислав Борисович – д-р техн. наук, проф.;

Кокишаров Сергей Александрович – д-р техн. наук, проф.;

Колесников Александр Сергеевич – канд. техн. наук;

Мажидов Кахрамон Халимович – д-р хим. наук, проф.;

Манасян Сергей Керопович – д-р техн. наук, проф.;

Мартышкин Алексей Иванович – канд. техн. наук, доц.;

Мерганов Аваз Мирсултанович – канд. техн. наук (PhD);

Немирова Любовь Федоровна – канд. техн. наук, доц.;

Полтавец Валерий Васильевич – д-р техн. наук, доц.;

Радкевич Мария Викторовна – д-р техн. наук, проф.;

Старченко Ирина Борисовна – д-р техн. наук, проф.;

Тимухина Елена Николаевна – д-р техн. наук, проф.;

Усманов Хайрулла Сайдуллаевич – д-р техн. наук, проф.;

Фозилов Садриддин Файзуллаевич – д-р техн. наук, проф.;

Шайтура Сергей Владимирович – канд. техн. наук, доц.;

Яронова Наталья Валерьевна – канд. техн. наук, доц.

U55 Universum: технические науки : электронный научный журнал. — № 9(150). — Часть 4. — Новосибирск : Изд-во «Юниверсум», 2026. — 84 с. — Текст : электронный. — URL: <https://7universum.com/ru/tech/archive/category/9150> (дата публикации: 28.09.2026).

ISSN 2311-5122

DOI: 10.32743/UniTech.2026.150.9

Учредитель и издатель: ООО «Юниверсум»

© ООО «Юниверсум», 2026 г.

Содержание

Статьи на русском языке

Промышленность и производство

Машиностроение и робототехника

- Оценка кучности спортивной винтовки по среднему радиусу группы** 4
Богословский Владимир Николаевич

- Настройка спортивной винтовки BespokeGun monolith в калибре 33ХС: совершенство во всем** 31
Жуков Игорь Геннадьевич

Текстильная и лёгкая промышленность

- Современное состояние и перспективы автоматизации прядильного производства** 43
Махамадаминов Музаффар Мухтор угли
Махкамова Шоира Фахритдиновна

- Исследование качественных и технологических показателей коконов тутового шелкопряда при различных способах первичной переработки** 52
Самандаров Достон Ишмухаммат угли

- Оценка эффективности отделения сорных примесей в процессе очистки семян хлопчатника на основе вероятностно-статистического подхода** 61
Турдиев Рахматулла Мухаммадали угли
Акрамов Алишер Ашуралиевич
Жуманиязов Кадам Жуманиязович

- Методология формирования пакетов из текстильных материалов и экспериментальное исследование их термофизических и физическо-механических свойств** 70
Юнусходжаева Нилуфар Дониёровна
Миртолипова Наргиза Хасанходжаевна
Юнусходжаева Хайринисо Маллаевна
Ташпулатов Салих Шукурович

СТАТЬИ НА РУССКОМ ЯЗЫКЕ**ПРОМЫШЛЕННОСТЬ И ПРОИЗВОДСТВО****МАШИНОСТРОЕНИЕ И РОБОТОТЕХНИКА***Статья поступила в редакцию: 12.09.2026**Статья принята к публикации: 20.09.2026**Статья опубликована: 28.09.2026***УДК 623.442.58:519.224.2****DOI: 10.32743/UniTech.2026.150.9.23430****Оценка кучности спортивной винтовки по среднему радиусу группы*****Богословский Владимир Николаевич****д-р. техн. наук**Российская Федерация, г. Москва**E-mail: vnbog@mail.ru***Evaluation of sports rifle grouping accuracy based on the mean radius of the group*****Bogoslovsky Vladimir Nikolaevich****Dr. Tech. Sci**Russian Federation, Moscow***Аннотация**

Настоящая статья во многом повторяет структуру статьи [1], посвященной исследованию экстремального размера группы, но эта статья посвящена другому важному показателю кучности – среднему радиусу группы попаданий. Также как и статья [1], эта статья отвечает на практические вопросы: сколько групп и сколько выстрелов в группе достаточно для оценки кучности спортивной винтовки по среднему радиусу групп, каким ожидать среднее значение, если уже получено нескольких групп, какой будет средний радиус очередной группы, как связан средний радиус групп с кучностью спортивной винтовки и вероятностью попадания в цель. Для ответа на эти вопросы в статье построена точная вероятностная модель среднего радиуса группы (Mean Radius, MR) относительно выборочного СТП. Распределение MR получено прямым статистическим моделированием исходного двумерного нормального распределения попаданий. С использованием генератора

PCG64DXSM рассчитаны распределения средних радиусов групп по 3, 5, 10 и 100 выстрелов, а также центральные 80 %-е доверительные интервалы истинного среднего радиуса и прогнозные интервалы среднего радиуса следующей независимой группы для числа исходных групп от 1 до 10. Показано, что для инженерных оценок распределения среднего радиуса групп подходит Gamma-распределение, а при большом числе выстрелов в группе достаточно нормального распределения.

Установлена связь среднего радиуса групп MR_n с показателями кучности винтовки (круговым вероятным отклонением (КВО), средним радиусом (MR_∞) и непосредственно параметром распределения σ при известном центре рассеивания точек попаданий. Приведен реальный пример расчета кучности винтовки по среднему радиусу групп, сделанным винтовкой Accuracy AX в калибре .308 Winchester, и вероятности попадания в цель.

Статья будет полезна исследователям спортивного стрелкового оружия, спортсменам-стрелкам и всем любителям высокоточной стрельбы из нарезного оружия.

Работа выполнена в интересах мирового спортивного стрелкового сообщества по инициативе авторов и на их собственные средства, с использованием открытых источников информации.

Abstract

The present paper largely follows the structure of paper [1], which investigated shot-group extreme spread, but focuses on another important measure of precision—the mean radius of a shot group. It addresses the following practical questions: how many groups and how many shots per group are sufficient to assess competition-rifle precision using mean radius; how the population mean can be estimated after several groups have been measured; what mean radius may be expected for the next group; and how shot-group mean radius is related to rifle precision and the probability of hitting a target.

To answer these questions, an exact probabilistic model is developed for the shot-group mean radius (MR) calculated relative to the sample mean point of impact (MPI). The distribution of MR is obtained by direct statistical simulation of the underlying bivariate normal distribution of impact points. Using the PCG64DXSM pseudorandom number generator, distributions of mean radius are calculated for 3-, 5-, 10-, and 100-shot groups. Central 80 % confidence intervals for the population mean of MR_n , as well as prediction intervals for the mean radius of the next independent group, are determined for initial samples comprising from 1 to 10 groups. It is shown that the gamma distribution provides a suitable engineering approximation to the distribution of shot-group mean radius, whereas for groups containing a large number of shots, the normal distribution provides an adequate approximation.

The relationship between the finite-group mean radius MR_n and other rifle-precision metrics—circular error probable (CEP), the population mean radius MR_∞ , and the dispersion parameter σ for a known center of the impact distribution—is established. A practical example is presented in which rifle precision and hit probability are calculated from the mean radii of actual groups fired with an Accuracy AX rifle chambered in .308 Winchester.

The paper will be useful to researchers studying competition firearms, competitive shooters, and all enthusiasts of precision shooting with rifled firearms.

This work was carried out in the interests of the international competitive-shooting community, on the authors' own initiative and at their own expense, using publicly available sources of information.

Ключевые слова: кучность спортивной винтовки, средний радиус группы, Mean Radius, MR, двумерное нормальное распределение, доверительный интервал, прогнозный интервал, статистическое моделирование, Gamma-распределение, нормальное распределение.

Keywords: sporting-rifle precision, Mean Radius, MR, shot group, bivariate normal distribution, confidence interval, prediction interval, Monte Carlo simulation, Gamma distribution, Normal distribution.

Введение

В статье [1] мы отмечали, что для оценки кучности спортивного стрелкового оружия стрелки чаще всего используют показатель, называемый экстремальным размером группы (Extreme Spread, ES).

Однако размер групп ES при всей его простоте обладает рядом недостатков. Он считается самым слабым из статистических характеристик кучности, поскольку зависит только от двух наиболее удаленных попаданий и не использует информацию остальных выстрелов, чувствителен к случайным отрывам, неограниченно возрастает с ростом числа выстрелов в группе [1–4]. Особенно недостатки ES проявляются при большом числе выстрелов в группе, когда размер группы зачастую определяется одним отрывом (рис.1).

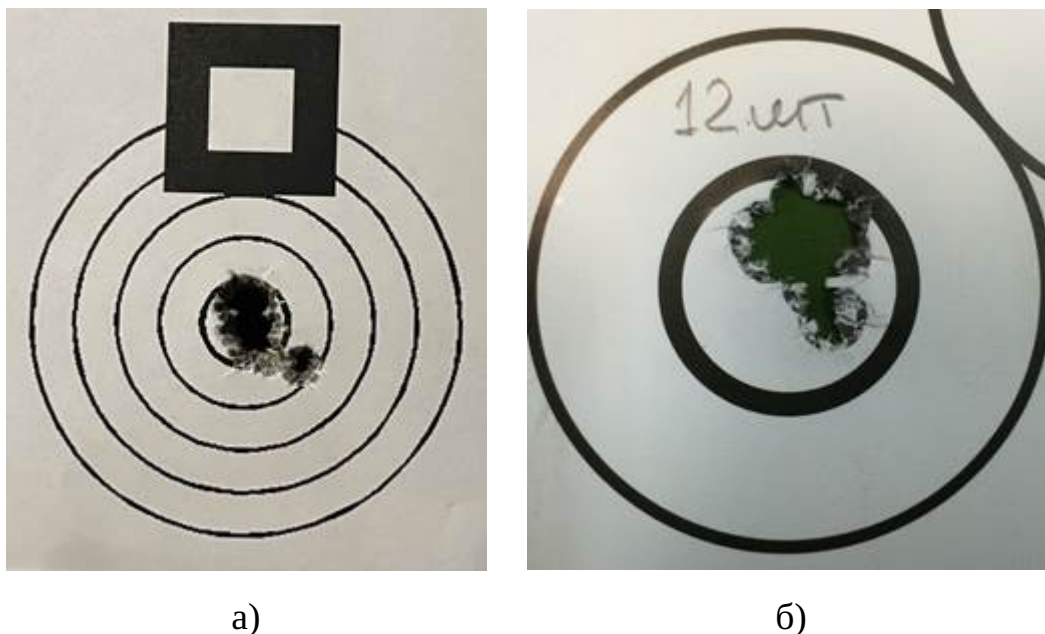


Рисунок 1. Группы по 10 (а) и 12 (б) выстрелов с одним отрывом

Поэтому область применения показателя ES ограничена. В основном это оценка размера групп из 3 выстрелов при настройке винтовки, оценка размера групп из 5 выстрелов при оценке кучности и при определении победителя в соревнованиях по бенчресту, быстрые приближенные оценки при сильно отличающихся группах. Для более достоверной оценки

кучности групп с числом выстрелов 5 и больше логичнее в качестве показателя кучности применять средний радиус групп MR_n [2–4]. Средний радиус группы MR_n при большом числе выстрелов в группе, в отличие от экстремального размера ES, является частью системы оценки кучности винтовки, основанной на использовании в качестве показателей кучности параметров распределения Рэлея с известным центром попадания [16].

Метод измерения кучности по среднему радиусу группы MR_n учитывает информацию о каждом выстреле в группе, а не только о двух худших пробойнах группы, как это имеет место при измерении максимального расстояния между пробойнами [1–4]. Показатель MR_n требует более сложных расчетов, чем ES, поскольку требуется определить выборочное СТП, от него измерить радиусы до каждой пробойны и вычислить средний радиус MR . Но с появлением программ обработки мишеней типа SubMOAPro и других это перестало быть проблемой.

Средний радиус группы из n выстрелов MR_n — это среднее расстояние от центра группы (средней точки попадания, СТП) - до центра попадания пули $R_i = \sqrt{X_i^2 + Y_i^2}$. Средний радиус группы MR_n определяется как среднее арифметическое радиусов R_i по формуле:

$$MR_n = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n R_i.$$

где R_i - расстояние от СТП группы до центра каждой пробойны, n – количество пробойн.

На практике средний радиус MR_n определяется по-другому, чем среднее расстояние от истинного центра MR в распределении Рэлея по одной существенной причине: мы никогда не знаем, где находится истинный центр распределения пробойн, принятый за точку отсчета в распределении Рэлея. Когда мы вычисляем центр группы на мишени по ограниченному числу точек попадания, он всегда будет находиться на некотором расстоянии от истинного центра попаданий, который мы можем определить точно только при бесконечно большом числе выстрелов, и, таким образом, недооцениваем истинное расстояние выборки выстрелов до центра распределения. Когда истинный центр неизвестен, мы должны использовать центр выборки, используя характеристики нормального распределения с неизвестным средним. В отличие от этого, модель Рэлея описывает распределение выстрелов из ненаблюдаемого нами истинного центра и среднее расстояние координат пробойн от него.

Математическое ожидание промаха r в распределении Рэлея при известном истинном центре распределения рассчитывается через параметр σ как

$$M(r) = \sqrt{\frac{\pi}{2}} \sigma = 1,253\sigma.$$

Подробнее о связи среднего радиуса точек попадания MR с математическим ожиданием промаха r в распределении Рэлея можно прочитать в наших и других работах [2, 3, 16]. Информативность среднего радиуса MR_n повышается с увеличением количества выстрелов в группе в сравнении с экстремальным размером группы ES. Например, в группах по 5

выстрелов объективнее, чем ES_n , кучность будет отражать показатель MR_n , а в группах по 10–12 выстрелов показатель MR_n становится намного информативнее экстремального размера ES_n из-за большой вероятности отрыва от группы хотя бы одной пробойны (рис. 1).

На рис. 1. приведены две мишени с числом выстрелов 10 и 12. Мы уверены, что большинство стрелков – практиков скажут, что кучность винтовки на данных мишенях объективнее определять большой группой пробойн, а одну случайную пробойну в стороне можно рассматривать как отрыв. Если мы сравним формальные оценки обеих мишеней по показателям экстремального размера групп и по среднему радиусу групп, то увидим, что с учетом или без учета одиночной пробойны в стороне от основной группы экстремальный размер групп составляет соответственно на первой мишени 0,48 с учетом одиночной пробойны и 0,34 MOA без учета, на второй мишени 0,38 и 0,27 MOA, то есть отличается на 56% и 30 % соответственно, хотя сильно раздвинула группы лишь одна случайная пробойна. Показатель среднего радиуса для обеих мишеней с учетом и без учета отрыва составляет соответственно 0,13 MOA; 0,12 MOA и 0,1 MOA; 0,1 MOA, то есть, практически не меняется, потому что учитывает координаты всех точек попадания, и вклад в кучность одиночной пробойны с отрывом в этом случае достаточно мал.

Вместе с тем точно определить координаты всех точек попадания при высокой кучности, как на рис. 1, достаточно сложно. За исключением пробойн, контуры которых отслеживаются на мишени, координаты всех остальных точек попадания находятся где-то внутри большой дыры на рис. 1 и нет возможности для более точного расчета СТП и среднего радиуса MR_n в ситуации, когда пробойны накладываются одна на другую. И это тоже ограничивает применение среднего радиуса в качестве показателя кучности групп. Применение разных показателей кучности в какой-то степени изменяет даже философию мышления стрелка. Если использовать в качестве показателя кучности экстремальный размер, стрелок будет сильно переживать, что один отрыв так сильно раздвинул группу и увеличил размер группы. Особенно много таких огорчений в соревнованиях по бенчресту. Но если он применяет в качестве показателя кучности средний радиус, то понимает, что один отрыв в большой группе мало что изменил в оценке кучности, хотя и хотелось бы, чтобы эта пуля тоже залетела в основную группу. Он просто примет к сведению, что одна пуля из 10 ушла в отрыв, но зато 9 из 10 легли куда надо. И это, согласитесь, будет более объективная оценка кучности при большом числе выстрелов.

Средний радиус группы выстрелов MR_n лучше подходит для оценки кучности, если число выстрелов n в группе большое и координаты центров точек попадания могут быть определены с достаточной точностью.

Подведем итог обсуждения этого показателя кучности:

1. Средний радиус использует информацию о каждом выстреле в группе, а не только о двух наиболее удаленных точках. Благодаря большей информативности средний радиус может обеспечить более высокую достоверность оценки кучности, чем экстремальный размер группы.

2. С увеличением числа выстрелов в группе средний радиус все меньше зависит от отрыва, в то время как даже один отрыв может стать фатальным для оценки кучности по размеру группы.

3. Средний радиус группы в гораздо меньшей степени зависит от числа выстрелов в группе, что позволяет сравнивать кучность групп с разным числом выстрелов.

4. Применение среднего радиуса групп предполагает круговое распределение пробоев. Сильно вытянутое эллиптическое пятно пробоев нельзя оценивать этим показателем. Если группа сильно растянута в одном направлении или по диагонали, то оценивать ее кучность средним радиусом уже становится некорректно. В случае доказанных представительными выборками несимметричных распределений пробоев на мишени (например, расположение пробоев по диагонали) находятся главные оси распределения, и задача оценки кучности решается по каждой главной оси. В этом случае вводятся показатели кучности по вертикали и по горизонтали и рассматривается двухмерное коррелированное рассеивание пробоев. Можно при этом обсуждать, следуют ли группы стрельбы нормальному распределению или нет, но применяя средний радиус, как и в случае экстремального размера, для практики можно не ограничиваться только нормальным законом.

5. При малом числе выстрелов в группе и неизвестном центре попадания средний радиус группы, определенный относительно собственной СТП, завышает оценку кучности винтовки.

6. Наряду с достоинствами необходимо упомянуть и один существенный недостаток этого показателя. При очень кучной стрельбе, когда все пробоев объединяются практически в одну (это часто бывает при настройке винтовки на экстремальную кучность на короткой дистанции), определить СТП и средний радиус MR становится очень сложно, а иногда невозможно (рис. 1). Точно определить центры точек попадания, если не регистрировать координаты попаданий каждого выстрела, можно только на электронной мишени. Поэтому область практического применения показателя MR_n ограничивается стрельбой по мишеням на дальние дистанции или при невысокой кучности.

7. Средний радиус рассчитывается по более сложному алгоритму, чем размер группы, однако при использовании программ обработки мишеней этот недостаток исчезает.

Связь показателей кучности ES и MR с параметрами статистических распределений показана в работах [3, 4]. Сравнение показателей кучности ES и MR показывает, что экстремальный размер группы ES всегда намного больше среднего радиуса группы MR .

При настройке винтовки на экстремальную кучность мы рекомендуем использовать экстремальный размер группы ES в силу его простоты, а при более точной оценке кучности, числу выстрелов в группе больше 3 и хорошей различимости пробоев на мишени – использовать средний радиус MR или оба приведенных показателя.

Существует много программ обработки мишеней, которые автоматически вычисляют средний радиус по координатам точек попадания. Таким образом, сейчас не приходится заниматься какими-либо сложными вычислениями. Для облегчения обработки мишеней применяют такие программные средства, как RSI Shooting Lab, onTarget TDS, E-target, SubMOAPro и другие, которые по фотоснимку или скану мишени легко рассчитают экстремальный размер, средний радиус группы и расстояние СТП от точки прицеливания. Пакет shotGroups, например, кроме расчета максимального попарного расстояния (extreme spread) и среднего радиуса, рассчитывает CEP и другие характеристики, а также поддерживает статистический вывод по интервальным показателям кучности [27, 28].

Практика стрелкового спорта заключается в применении для оценки кучности винтовки одной или нескольких групп из 3 или 5, реже из 10 выстрелов. Две группы по 5 выстрелов стрелками считаются достаточными для оценки кучности в большинстве случаев [1]. Однако для такой практики можно выделить две проблемы, на которые указывает теория. Первая заключается в том, что средний радиус MR_n , так же, как и размер групп ES_n , при одной и той же кучности винтовки растет с ростом числа выстрелов в группе, поскольку рассчитывается относительно собственного СТП этой же группы, а не относительно истинного центра попаданий, вокруг которого и строится оценка кучности винтовки. В результате чего при малом числе выстрелов (2–5) мы получаем завышенные оценки кучности винтовки и несопоставимые между собой группы с разным числом выстрелов. В отличие от экстремального размера группы, средний радиус при увеличении числа выстрелов в группе стремится к значению среднего радиуса MR_∞ в распределении Рэлея. Если средний радиус группы MR_n рассчитывается относительно СТП этой же группы, а средний радиус распределения Рэлея MR_∞ — относительно истинного центра распределения, то:

$$MR_\infty = \sigma \sqrt{\frac{\pi}{2}},$$

$$E[MR_n] = \sigma \sqrt{\frac{\pi}{2}} \sqrt{1 - \frac{1}{n}}$$

где $E[\cdot]$ — обозначение математического ожидания MR_n . Следовательно, искомое отношение равно:

$$\frac{E[MR_n]}{MR_\infty} = \sqrt{1 - \frac{1}{n}}$$

Например, для группы из 3 выстрелов $E[MR_3] = 0,8165 MR_\infty$. То есть средний радиус, измеренный от СТП самой группы, в среднем составляет 81,65% генерального среднего радиуса распределения Рэлея. Для пересчёта в обратную сторону применяется соотношение:

$$MR_\infty = \frac{E[MR_n]}{\sqrt{1 - 1/n}}$$

Связь среднего радиуса группы MR_n со средним радиусом распределения Рэлея MR_∞ приведена в табл. 1. Например, средний радиус 0,20 МОА для группы из трех выстрелов при одной и той же кучности винтовки соответствует примерно 0,23 МОА для группы из 10 выстрелов и 0,245 МОА для бесконечного числа выстрелов, характеризующего кучность винтовки. Эти различия являются следствием того, что средний радиус измеряется относительно выборочного СТП этой же группы, а не относительно неизвестного центра попаданий [1, 3, 4, 16]. Не всем стрелкам понятно, что средний радиус или размер малой группы и кучность винтовки – это разные показатели, но это так, и ниже это различие будет показано. Логика различия заключается в том, что кучность винтовки – это ее

характеристика, которая не должна зависеть от числа выстрелов, с помощью которого эта кучность определялась. То есть, для данного состояния винтовки ее кучность – это константа, тогда как размер или средний радиус групп зависят от числа выстрелов в группе и числа групп, применяемых для расчета среднего значения.

Таблица 1.

Связь среднего радиуса группы MR_n со средним радиусом распределения Рэлея MR_∞

n	$E[MR_n]/MR_\infty$	Средний радиус группы, % от MR_∞	Занижение относительно MR_∞	Коэффициент пересчета $MR_n \rightarrow MR_\infty$
2	0,707107	70,71%	29,29%	1,414214
3	0,816497	81,65%	18,35%	1,224745
5	0,894427	89,44%	10,56%	1,118034
10	0,948683	94,87%	5,13%	1,054093
30	0,983192	98,32%	1,68%	1,017095
50	0,989949	98,99%	1,01%	1,010153
100	0,994987	99,50%	0,50%	1,005038

От числа выстрелов в группе зависит не только среднее значение, но и его относительный разброс вокруг среднего значения, который определяет доверительный интервал нахождения среднего значения средних радиусов групп (табл. 2), или ожидаемого значения очередной группы [4].

Таблица 2.

Коэффициенты вариации среднего радиуса группы MR_n

n	$CV(MR_n)$	В процентах от среднего значения
2	0,522723	52,272%
3	0,365298	36,530%
5	0,259225	25,922%
10	0,173505	17,350%
30	0,096930	9,693%
50	0,074611	7,461%
100	0,052513	5,251%

Стандартное отклонение σ для группы из 3 выстрелов составляет 36,5% от среднего значения. Это очень много. Поэтому одна малая группа дает очень неопределенную оценку. Размер следующей отдельной группы неопределен еще сильнее.

Неопределенность размера среднего значения MR_n или среднего радиуса очередной группы выявляет вторую проблему. Множество споров в социальных сетях идут именно вокруг вопросов, сколько нужно групп и сколько выстрелов в группе для оценки кучности

винтовки. По малому числу выстрелов средняя кучность определяется очень неточно. Если, например, по 3 выстрелам получен средний радиус одной группы $MR_3 = 0,2$ МОА, мы не можем сказать, что все остальные группы будут тоже 0,2 МОА, и средняя кучность будет тоже 0,2 МОА. Средний радиус следующих групп будет разбросан вокруг некоторого среднего значения в значительном диапазоне. Доверительный интервал среднего, оцененного по этой одной группе, например, с вероятностью 95 %, очень широкий и может составлять (0,11–0,54) МОА. То есть одна группа размером 0.2 МОА из трех выстрелов не доказывает надежно ни то, что «кучность винтовки по этой группе равна 0,2 МОА», ни то, что винтовка «в среднем стреляет 0.2 МОА». Она говорит, что если мы получили одну группу со средним радиусом в 0,2 МОА, то среднее значение MR_3 может лежать примерно в диапазоне (0,11–0,54) МОА. Неопределенным является не только среднее значение MR_3 , но и средний радиус следующей группы, если мы отстреляли одну или несколько групп, уже получили их средний радиус и хотим понять, какие группы ожидать дальше.

Свойства среднего радиуса групп уже рассматривались ранее в наших статьях [2–4], но в них мы делали инженерные оценки на сравнительно небольшой статистике. С увеличением быстродействия компьютеров появилась возможность получения точных значений зависимости среднего радиуса и стандартного отклонения от числа выстрелов в группе и расчета точных доверительных интервалов, которые дают исчерпывающие ответы на поставленные выше практические вопросы.

Цель данной статьи - получить точное распределения среднего радиуса групп MR_n непосредственно из модели координат попаданий, построить согласованные доверительные и прогнозные интервалы, определить область применения параметрических аппроксимаций и подкрепить предложенный методический подход экспериментом.

Материалы и методы

Для достаточно полного экспериментального исследования распределения MR_n потребовалось бы практически недостижимое число выстрелов. Поэтому исследования проведены методом компьютерного моделирования двумерной нормальной модели распределения точек попадания на мишени [2, 3]. Прямое моделирование дополнено моделированием стандартного положительного асимметричного Gamma – распределения и нормального распределения для компактной аналитической записи, генерации случайных размеров групп и быстрых приближенных расчетов, а также подкреплено численными примерами и натурным экспериментом с винтовкой Accuracy AX в калибре .308 Winchester.

Выбор закона распределения среднего радиуса группы MR_n .

Исходным для всех расчетов является двумерное нормальное распределение координат точек попаданий. Важно различать радиус одного попадания и средний радиус всей группы. При круговом двумерном нормальном распределении координат $X_i, Y_i \sim N(0, \sigma^2)$ радиус одного попадания $R_i = \sqrt{X_i^2 + Y_i^2}$ относительно заранее известного истинного центра имеет распределение Рэлея: $R_i \sim Rayleigh(\sigma)$. Представим, что мы многократно получаем группы из n выстрелов и в каждой группе измеряем расстояние первого попадания до СТП этой же группы. Распределение этих расстояний будет распределением Рэлея. То же справедливо для

второго, третьего и любого другого попадания. Однако радиусы внутри одной группы зависимы, поскольку все они отсчитываются от общей СТП, вычисленной по тем же попаданиям. Поэтому из распределения Рэля для каждого радиуса нельзя заключить, что средний радиус группы — это среднее независимых рэлеевских величин. То есть, распределение Рэля относится к одному радиусу, а не к его среднему значению. Коэффициент вариации Рэля всегда один и тот же. Для любого распределения Рэля:

$$CV_{Rayleigh} = \sqrt{\frac{4 - \pi}{\pi}} \approx 0,5227.$$

Изменение параметра масштаба меняет среднее и стандартное отклонение, но не изменяет их отношение. Если радиус измеряется относительно СТП той же группы, то каждый отдельный остаточный радиус $R_i = \|X_i - \bar{X}\|$ также имеет распределение Рэля, но с уменьшенным параметром масштаба:

$$s_n = \sigma \sqrt{1 - \frac{1}{n}}$$

Однако исследуемый показатель — это не один такой радиус, а их среднее:

$$MR_n = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n R_i.$$

Поскольку MR_n не один радиус R_i а n радиусов внутри группы, и они зависимы, так как все они рассчитываются относительно одной и той же выборочной СТП, то R_i может иметь распределение Рэля, но MR_n распределению Рэля не подчиняется. Ни при каком подборе масштаба распределение Рэля не сможет одновременно воспроизвести правильное среднее и дисперсию MR_n . Например, для $n = 100$ рэлеевская модель дала бы относительный разброс 52,27%, тогда как действительный коэффициент вариации составляет только 5,25%. Это различие почти десятикратное.

Ниже построена точная модель для выборочного среднего радиуса группы, измеряемого относительно СТП этой же группы:

$$MR_n = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \|X_i - \bar{X}\|.$$

Все интервалы относятся именно к $\mu_{MR,n} = E[MR_n]$, то есть к истинному среднему значению показателя MR_n для повторных групп по n выстрелов, а не к генеральному среднему радиусу MR_∞ . Такая постановка развивает сформулированную в исходной постановке задачу учета зависимости среднего радиуса от числа выстрелов и большой неопределенности малых групп. Расчет выполнен единым методом для $n = 3, \backslash, 5, \backslash, 10, \backslash, 100$, $m = 1, \dots, 10$, $P = 0,80$.

1. Исходная математическая модель

Пусть в каждой группе координаты попаданий независимы и имеют круговое двумерное нормальное распределение: $X_i = (X_i, Y_i)$, $X_i, Y_i \sim N(0, \sigma^2)$.

СТП группы равно:

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i.$$

Расстояние i -го попадания от СТП: $R_i = \|X_i - \bar{X}\|$. Средний радиус одной группы:

$$MR_n = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n R_i.$$

Средний радиус по m независимым группам:

$$\bar{MR}_{n,m} = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m MR_{n,j}.$$

2. Точное математическое ожидание MR_n

Остаточный вектор каждого попадания относительно выборочной СТП имеет дисперсию по каждой координате:

$$s_n^2 = \sigma^2 \left(1 - \frac{1}{n}\right).$$

Следовательно, каждый отдельный радиус R_i имеет распределение Рэлея с масштабом:

$$s_n = \sigma \sqrt{1 - \frac{1}{n}}.$$

Отсюда точное математическое ожидание среднего радиуса равно:

$$\mu_{MR,n} = E[MR_n] = \sigma \sqrt{\frac{\pi}{2}} \sqrt{1 - \frac{1}{n}}$$

Генеральный средний радиус относительно заранее известного истинного центра равен:

$$MR_\infty = \sigma \sqrt{\frac{\pi}{2}} \approx 1,253314\sigma.$$

Поэтому:

$$\mu_{MR,n} = MR_{\infty} \sqrt{1 - \frac{1}{n}}.$$

Систематическое уменьшение MR_n для малых групп возникает из-за того, что центр вычисляется по тем же n попаданиям.

3. Точная дисперсия и коэффициент вариации

Радиусы R_i внутри одной группы не являются независимыми. Для двух разных попаданий корреляция их остаточных координат равна:

$$\rho_n = -\frac{1}{n-1}.$$

Обозначим:

$$H_n = {}_2F_1 \left(-, \frac{1}{2}, -, \frac{1}{2} \frac{1}{(n-1)^2} \right),$$

где ${}_2F_1$ — гипергеометрическая функция Гаусса [21]. Точная дисперсия среднего радиуса:

$$Var(MR_n) = \frac{s_n^2}{n} \left[\frac{4-\pi}{2} + (n-1) \frac{\pi}{2} (H_n - 1) \right]$$

Точный коэффициент вариации:

$$CV^2(MR_n) = \frac{1}{n} \left[\frac{4}{\pi} - 1 + (n-1)(H_n - 1) \right]$$

Для среднего по m независимым группам:

$$E[\bar{M}R_{n,m}] = \mu_{MR,n},$$

$$Var(\bar{M}R_{n,m}) = \frac{Var(MR_n)}{m},$$

$$CV(\bar{M}R_{n,m}) = \frac{CV(MR_n)}{\sqrt{m}}$$

Точные моменты среднего радиуса группы MR_n приведены в табл. 3.

Следовательно, относительная случайная изменчивость одной группы для $n = 3$ составляет 36,53%, но для $n = 100$ только 5,25%. Это означает, что коэффициент вариации среднего радиуса групп с ростом числа выстрелов в группе уменьшается значительно быстрее, чем у размера групп.

Таблица 3.

Точные моменты среднего радиуса группы MR_n

n	E[MR _n]/σ	SD(MR _n)/σ	CV(MR _n)
3	1,023327	0,373819	0,365298
5	1,120998	0,290591	0,259225
10	1,188998	0,206297	0,173505
100	1,247032	0,065486	0,052513

4. Закон распределения среднего радиуса

Точная функция распределения MR_n задается многомерным интегралом:

$$F_{MR,n}(r) = \int I \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \|x_i - \bar{x}\| \leq r \right] \prod_{i=1}^n \varphi_{\sigma}(x_i) dx_1 \dots dx_n.$$

При $n \geq 3$ она не сводится к простому стандартному распределению, поскольку расстояния до выборочной СТП зависимы. Закон обладает масштабной инвариантностью $MR_n = \sigma V_n$, $\bar{MR}_{n,m} = \sigma \bar{V}_{n,m}$, где распределения V_n и $\bar{V}_{n,m}$ зависят только от n и m . Поэтому все безразмерные коэффициенты доверительных и прогнозных интервалов не зависят от величины σ , единиц измерения, дистанции, если показатель выражен в угловых единицах.

Gamma-аппроксимация

Для компактных инженерных расчетов можно принять где [16, 17, 19, 25]: $MR_n \text{Gamma}(k_n, \theta_n)$,

$$k_n = \frac{1}{CV_n^2}$$

$$\theta_n = \mu_{MR,n} CV_n^2$$

Тогда:

$$\bar{MR}_{n,m} \text{Gamma} \left(m, k_n \frac{\theta_n}{m} \right).$$

Параметры Gamma-аппроксимации среднего радиуса группы MR_n приведены в табл. 4. Gamma-распределение здесь является аппроксимацией по первым двум моментам. Итоговые точные таблицы ниже получены не по Gamma-распределению, а непосредственно из двумерного нормального распределения координат [12, 15, 18, 20, 21, 24].

Таблица 4.

Параметры Гамма-аппроксимации среднего радиуса группы MR_n

n	k_n	θ_n/σ
3	7,494	0,136556
5	14,882	0,075328
10	33,218	0,035793
100	362,628	0,003439

5. Метод прямого моделирования

Для прямого моделирования использован генератор *NumPy Generator*(PCG64DXSM) и метод `standard_normal(..., dtype=float64)` [14-19]. Проведено 2 000 000 независимых экспериментов. Каждый эксперимент включал 10 исходных независимых групп и одну дополнительную независимую новую группу. Использованы начальные состояния 20260801, \:20260802, \:20260803, \:20260804. Для каждой группы координаты генерировались для 100 попаданий. Для $n = 3, 5, 10$ использовались первые n попаданий, а СТП каждый раз рассчитывалась заново для соответствующей группы. Максимальное расхождение коэффициентов между двумя независимыми половинами моделирования составило 0,002708 для доверительных интервалов и 0,002878 для прогнозных интервалов. Поэтому значения приведены с тремя знаками. Последний знак для самых широких распределений при $n = 3$ имеет Монте-Карло-неопределенность порядка нескольких тысячных.

6. Гистограммы распределения MR_n

На рис. 2 представлены гистограммы распределения нормированного среднего радиуса группы R_n [14]. По горизонтали отложена величина R_n :

$$\frac{MR_n}{E[MR_n]}.$$

Вертикальная линия соответствует среднему значению 1. На графиках также показаны Гамма- и нормальная аппроксимации.

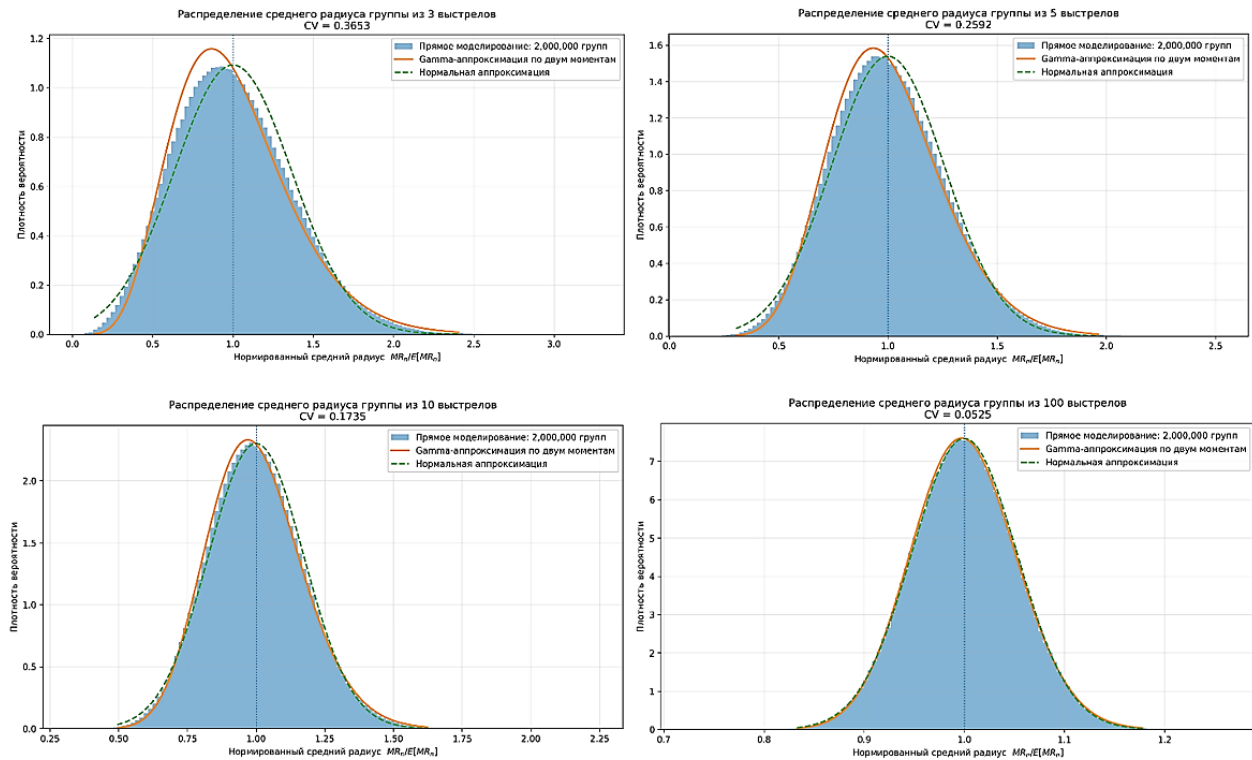


Рисунок 2. Распределение нормированного среднего радиуса группы из 3 выстрелов $CV = 0.3653$, из 5 выстрелов $CV = 0.2592$, из 10 выстрелов $CV = 0.1735$, из 100 выстрелов $CV = 0.0525$

Для всех четырех значений n Gamma-аппроксимация оказалась ближе к прямому распределению, чем обычная нормальная аппроксимация. При $n = 3$ распределение заметно асимметрично. Однако при $n = 10$ асимметрия заметно меньше, а при $n = 100$ оно уже практически симметрично, и применение нормального закона не приводит к большой ошибке. Асимметрия и точность аппроксимации распределения среднего радиуса MR_n представлены в табл. 5.

Таблица 5.
Асимметрия и точность аппроксимации распределения среднего радиуса MR_n

n	Асимметрия прямого распределения	D_{KS}, Gamma	$D_{KS}, \text{нормальное}$
3	0,4205	0,02051	0,02928
5	0,3089	0,01386	0,02114
10	0,2105	0,00929	0,01413
100	0,0623	0,00323	0,00409

7. Доверительный интервал истинного MR_n

Вводится безразмерная величина [20, 15]:

$$T_{n,m} = \frac{\bar{M}R_{n,m}}{\mu_{MR,n}}.$$

Пусть $t_{0,10}$ и $t_{0,90}$ — ее 10 %-й и 90 %-й квантили:

$$P \left(t_{0,10} \leq \frac{\bar{M}R_{n,m}}{\mu_{MR,n}} \leq t_{0,90} \right) = 0,80.$$

После обращения:

$$\mu_{MR,n} \in [K_L; \bar{M}R_{n,m} K_U \bar{M}R_{n,m}],$$

где:

$$K_L = \frac{1}{t_{0,90}}, \quad K_U = \frac{1}{t_{0,10}}$$

Коэффициенты центрального 80 %-го доверительного интервала истинного среднего MR_n представлены в табл. 6.

Таблица 6.

Коэффициенты центрального 80 %-го доверительного интервала

$m \setminus n$	3	5	10	100
1	0,673-1,827	0,746-1,479	0,815-1,280	0,937-1,072
2	0,746-1,478	0,807-1,300	0,863-1,184	0,954-1,050
3	0,784-1,360	0,837-1,233	0,885-1,146	0,963-1,040
4	0,807-1,299	0,856-1,196	0,899-1,124	0,967-1,035
5	0,825-1,260	0,869-1,172	0,909-1,109	0,971-1,031
6	0,838-1,232	0,879-1,155	0,916-1,099	0,973-1,028
7	0,848-1,211	0,887-1,142	0,922-1,091	0,975-1,026
8	0,856-1,196	0,894-1,132	0,927-1,085	0,977-1,024
9	0,864-1,182	0,899-1,123	0,931-1,080	0,978-1,023
10	0,870-1,172	0,904-1,116	0,934-1,075	0,979-1,022

Номинальное измеренное значение: $\bar{M}R_{n,m} = 1$.

8. Прогнозный интервал следующей группы

Для независимой будущей группы вводится отношение:

$$R_{n,m} = \frac{MR_{n,new}}{\bar{M}R_{n,m}}.$$

Если Q_L и Q_U — его 10 %-й и 90 %-й квантили:

$$MR_{n,new} \in [Q_L; \bar{M}R_{n,m} Q_U \bar{M}R_{n,m}]$$

Таблица 7.

Коэффициенты центрального 80 %-го прогнозного интервала следующей группы

m \ n	3	5	10	100
1	0,491-2,034	0,615-1,624	0,727-1,376	0,909-1,100
2	0,516-1,737	0,642-1,480	0,751-1,303	0,920-1,085
3	0,525-1,649	0,652-1,433	0,760-1,278	0,924-1,079
4	0,530-1,607	0,658-1,411	0,765-1,265	0,926-1,077
5	0,533-1,583	0,661-1,397	0,768-1,257	0,927-1,075
6	0,536-1,566	0,664-1,387	0,770-1,252	0,928-1,074
7	0,537-1,554	0,665-1,380	0,772-1,249	0,929-1,073
8	0,538-1,546	0,666-1,375	0,773-1,246	0,930-1,072
9	0,539-1,539	0,668-1,372	0,774-1,244	0,930-1,072
10	0,540-1,534	0,668-1,368	0,775-1,242	0,930-1,071

Прогнозный интервал шире доверительного, потому что учитывает не только неопределенность истинного среднего, но и собственный разброс будущей группы.

9. Доверительные интервалы в процентах от 100 %

Границы пересчитаны по формулам:
нижнее~отклонение = $(K_L - 1) \cdot 100\%$, верхнее~отклонение = $(K_U - 1) \cdot 100\%$.

Таблица 8.

80 %-й доверительный интервал истинного среднего MRn

m \ n	3	5	10	100
1	-32,7%...+82,7%	-25,4%...+47,9%	-18,5%...+28,0%	-6,3%...+7,2%
2	-25,4%...+47,8%	-19,3%...+30,0%	-13,7%...+18,4%	-4,6%...+5,0%
3	-21,6%...+36,0%	-16,3%...+23,3%	-11,5%...+14,6%	-3,7%...+4,0%
4	-19,3%...+29,9%	-14,4%...+19,6%	-10,1%...+12,4%	-3,3%...+3,5%
5	-17,5%...+26,0%	-13,1%...+17,2%	-9,1%...+10,9%	-2,9%...+3,1%
6	-16,2%...+23,2%	-12,1%...+15,5%	-8,4%...+9,9%	-2,7%...+2,8%
7	-15,2%...+21,1%	-11,3%...+14,2%	-7,8%...+9,1%	-2,5%...+2,6%
8	-14,4%...+19,6%	-10,6%...+13,2%	-7,3%...+8,5%	-2,3%...+2,4%
9	-13,6%...+18,2%	-10,1%...+12,3%	-6,9%...+8,0%	-2,2%...+2,3%
10	-13,0%...+17,2%	-9,6%...+11,6%	-6,6%...+7,5%	-2,1%...+2,2%

10. Прогнозные интервалы в процентах от 100 %

Таблица 9.

80 %-й прогнозный интервал MR_n следующей группы

$m \setminus n$	3	5	10	100
1	-50,9%...+103,4%	-38,5%...+62,4%	-27,3%...+37,6%	-9,1%...+10,0%
2	-48,4%...+73,7%	-35,8%...+48,0%	-24,9%...+30,3%	-8,0%...+8,5%
3	-47,5%...+64,9%	-34,8%...+43,3%	-24,0%...+27,8%	-7,6%...+7,9%
4	-47,0%...+60,7%	-34,2%...+41,1%	-23,5%...+26,5%	-7,4%...+7,7%
5	-46,7%...+58,3%	-33,9%...+39,7%	-23,2%...+25,7%	-7,3%...+7,5%
6	-46,4%...+56,6%	-33,6%...+38,7%	-23,0%...+25,2%	-7,2%...+7,4%
7	-46,3%...+55,4%	-33,5%...+38,0%	-22,8%...+24,9%	-7,1%...+7,3%
8	-46,2%...+54,6%	-33,4%...+37,5%	-22,7%...+24,6%	-7,0%...+7,2%
9	-46,1%...+53,9%	-33,2%...+37,2%	-22,6%...+24,4%	-7,0%...+7,2%
10	-46,0%...+53,4%	-33,2%...+36,8%	-22,5%...+24,2%	-7,0%...+7,1%

11. Пример применения

Для оценки среднего значения: Пусть отстреляны 3 группы по пять выстрелов: $n = 5$, $m = 3$, а выборочный средний радиус равен: $\bar{MR}_{5,3} = 0,200 \sim \text{МОА}$. Из табл. 3 доверительных интервалов $K_L - K_U = 0,837 - 1,233$. Следовательно $\mu_{MR,5} = 0,200 \cdot (0,837 - 1,233)$, $\mu_{MR,5} = 0,167 - 0,247 \sim \text{МОА}$.

Для следующей группы: Из табл. 4 $Q_L - Q_U = 0,652 - 1,433$. Поэтому $MR_{5,new} = 0,200 \cdot (0,652 - 1,433)$, $MR_{5,new} = 0,130 - 0,287 \sim \text{МОА}$.

Оценка кучности винтовки по среднему радиусу групп

В работе [1] отмечено, что в профессиональной практике кучность спортивного стрелкового оружия с круговым распределением точек попадания оценивается круговым вероятным отклонением (КВО), или СЕР (Circular Error Probable). Это радиус круга, внутри которого находится заданная доля попаданий. Например, для 50 % попаданий $\text{КВО}_{50} = R_{50} = 1,177\sigma$. Другим показателем является средний радиус попаданий MR , определяемый относительно центра распределения: $MR = 1,253\sigma$ [2–4]. У нас выше он также обозначен как MR_∞ . Поскольку СЕР и MR определяются через стандартное отклонение σ , в системе классификации баллистической кучности винтовок [2–4] в качестве основной характеристики рассеивания предложено использовать непосредственно параметр σ . Если распределение точек попадания является несимметричным, применяются показатели кучности стрелкового оружия, учитывающие это [3, 4].

Мы видели, что с ростом числа выстрелов в группе средний радиус групп растет от некоторого значения, определяемого числом выстрелов в группе, до значения MR_∞ , равного $1,253\sigma$. Его рост и стабилизация наступают намного быстрее, чем у размера групп (рис. 3).

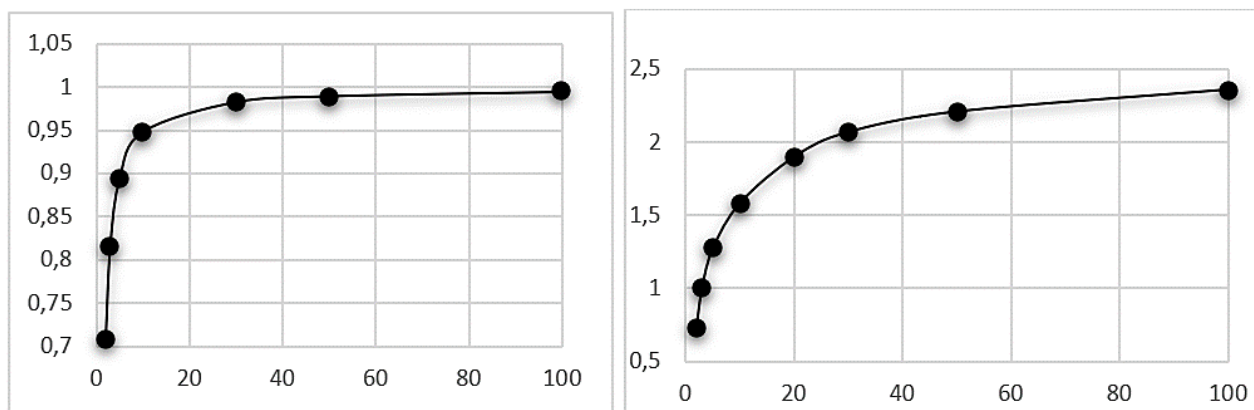


Рисунок 3. Зависимость нормированного среднего радиуса (слева) и размера групп (справа) от числа выстрелов в группе

Если принять средний радиус группы по 3 выстрела за 1, то аналогичный ему средний радиус группы по 5 выстрелов будет больше в 1,095 раз, а по 10 выстрелов – в 1,162 раза, и это составит уже 95 % от MR_{∞} . Сто выстрелов увеличивают размер группы в 1,22 раза. Быстрое приближение MR_n к MR_{∞} с ростом числа выстрелов в группе еще раз говорит о том, что при большом числе выстрелов в группе в качестве показателя кучности логичнее применять средний радиус групп. Для оценки кучности винтовки по среднему радиусу групп нужно решить два вопроса: 1) пересчитать группы в показатели кучности винтовки КВО (СЕР), MR или Б, и 2) установить, с какой точностью мы сможем сделать такой пересчет.

Отношение среднего радиуса групп к MR_{∞} в зависимости от числа выстрелов в группе определяется соотношением:

$$\frac{E[MR_n]}{MR_{\infty}} = \sqrt{1 - \frac{1}{n}}$$

Учитывая, что $MR_{\infty} = 1,253\sigma$, получаем соотношения: $\sigma = 0,977 MR_3$, $\sigma = 0,893 MR_5$, $\sigma = 0,841 MR_{10}$, $\sigma = 0,812 MR_{30}$, $\sigma = 0,802 MR_{100}$, $\sigma = 0,798 MR_{\infty}$. Если наоборот известна σ , ожидаемый средний радиус группы можно оценить как: $MR_3 = 1,023\sigma$, $MR_5 = 1,12\sigma$, $MR_{10} = 1,189\sigma$, $MR_{30} = 1,232\sigma$, $MR_{100} = 1,247\sigma$.

Эти соотношения позволяют формально пересчитать средний радиус групп в показатели кучности винтовки R50 %, MR и σ . Средний радиус групп правомернее применять при большом числе выстрелов в группе. Во-первых, он более информативен, поскольку оценивает кучность не по двум крайним точкам попаданий, как размер групп, а по всем точкам. Во-вторых, средний радиус относится к тому же классу усредненных величин, как и показатели кучности винтовки, в то время как размер группы относится к другому классу экстремальных величин и непрерывно растет с ростом числа выстрелов в группе (рис. 3).

Например, мы имеем 2 группы по 5 выстрелов со средним радиусом $MR_5 = 0,2$ MOA. Соответствующие этому числу выстрелов стандартное отклонение равно $\sigma = 0,893 MR_5 = 0,179$ MOA, КВО = $1,177\sigma = 0,210$ MOA, MR = $1,253\sigma = 0,224$ MOA. Далее остается найти вероятный интервал изменения MR_5 и пересчитать в интервал изменения σ . Заходим в таблицу 3, находим группу по пять, спускаемся по этому столбцу, находим число групп 2,

на пересечении видим доверительный интервал (0,807–1,300) MR_5 . Умножаем границы интервала на 0,2 и на 0,326 и получаем границы для σ : $\sigma = (0,144–0,232)$ МОА с доверительной вероятностью 80 %. $KBO = (0,169 – 0,273)$ МОА, $MR = (0,180 – 0,291)$ МОА. Если увеличивать доверительную вероятность до 95 %, интервал будет намного шире. Например, если средний радиус группы из 3 выстрелов со средним значением 0,2 МОА и доверительным интервалом (0,11–0,54) МОА пересчитывается в кучность винтовки, представленную показателем $\bar{B}$, то нужно будет записать интервал $\bar{B} = (0,098–0,48)$ МОА. Можно вместо интервала принять верхнюю гарантированную оценку, например, $\bar{B} \leq 0,48$ МОА.

Что в итоге дает пересчет среднего радиуса групп в показатели кучности винтовки $\bar{B}$, $R_{50\%}$, MR ? Во-первых, мы будем знать реальный интервал или верхнее гарантированное значение кучности винтовки как некоторую постоянную величину. Но главное, этот пересчет позволяет оценить вероятность попадания в цель, например, в круг радиусом r с первого выстрела, или вероятность попадания хотя бы одним выстрелом из группы заданного размера, или процент попаданий при стрельбе сериями. А это главная задача для винтовки.

Связь показателей кучности винтовки с вероятностью попадания в цель.

Вероятность попадания в цель определяется двумя величинами: отклонением СТП от точки прицеливания или центра цели Δ , и рассеиванием точек попадания вокруг СТП. Если цель круглая, радиус цели равен $r = D/2$, где D — диаметр цели. Если рассеивание круговое, то $\sigma_x = \sigma_y = \sigma$, а смещение центра попаданий от точки прицеливания равно Δ , то вероятность попадания в круг радиуса r определяется по табл., приведенной в приложении и в нашей работе [1], там же представлены все формулы. Определение показателя $R_{50\%}$ как радиуса круга, содержащего заданную долю в 50 % попаданий, и методы расчёта круговых вероятностей подробно рассмотрены в классических работах по статистической оценке кучности [5, 8–11, 13].

Указанные соотношения для и справедливы только тогда, когда радиусы отсчитываются от истинного центра рассеивания, то есть от истинного СТП, и $MR R_{50\%} \Delta = 0$ $MR R_{50\%} \Delta > 0$. Поэтому для расчёта и как показателей именно кучности необходимо знать координаты истинной СТП. Если расстояния измеряются от точки прицеливания при, получаемые показатели учитывают одновременно случайное рассеивание и систематическое смещение СТП и характеризуют уже не только кучность, но и точность попадания [26, 13].

В эксперименте истинные координаты СТП неизвестны и заменяются выборочными средними координатами:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i, \quad \bar{y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i.$$

Поэтому рассчитанные по малой группе значения MR , $R_{50\%}$ и σ сами являются случайными оценками и обладают дополнительной выборочной неопределённостью.

Расчет показателей $R_{50\%}$ и MR и вероятности попадания по этой таблице требует знания точных координат центра попадания относительно точки прицеливания. Чтобы определить вероятность попадания в цель, размер которой указан в МОА, нужно определить также в МОА стандартное отклонение σ и отклонение СТП от точки прицеливания Δ .

Например, размер гонга 1 МОА, радиус гонга 0,5 МОА, стандартное отклонение $\sigma = 0,5$ МОА, отклонение СТП от точки прицеливания $\Delta = 1$ МОА. Считаем $r/\sigma = 1$, $\Delta/\sigma = 2$. Заходим с этими значениями в таблицу (Приложение) и на пересечении столбца и строки находим значение вероятности попадания в цель 0,082 или 8,2 %. Если размер цели указан в см, то нужно для этой дистанции значения σ и Δ указать тоже в см. Если размер гонга 20 см, радиус гонга 10 см, стандартное отклонение для этой дистанции 10 см, отклонение СТП от точки прицеливания 20 см, $r/\sigma = 1$, $\Delta/\sigma = 2$, и вероятность попадания также равна 8,2 %.

Таким образом, цепочка оценки кучности по среднему радиусу групп замыкается на вероятности попадания в цель. Зная среднее значение или вероятный диапазон среднего радиуса групп, мы можем оценить среднее или вероятный диапазон стандартного отклонения σ и по нему определить вероятность попадания в цель.

В конце статьи приведем реальный пример оценки кучности винтовки по среднему радиусу групп и вероятности попадания в цель. Винтовка Accugacy AX в калибре .308 Win, твист 12, пуля Scenar 185 gr, порох VihtaVuori 150, навеска 46 gr, капсюль RWS, гильза Lapua, скорость 850 м/с, температура +29 С (рис. 4). Используется для охоты на средних дистанциях.

Настройка, проверка настройки и пристрелка были проведены в Центре настройки спортивно-стрелкового клуба им. Дмитрия Донского.

После настройки винтовки было сделано 5 контрольных групп по 3 выстрела в каждой. В верхнем ряду (рис. 4б) левая мишень имеет одну пробоину, а три правых по 3 пробоины. СТП всех трех групп находится примерно в одном месте. В нижнем ряду две группы по 3 выстрела делались при обнулении прицела, поэтому СТП меняла координаты после смещения марки прицела. Средний радиус групп составил 0,09, 0,04, 0,06, 0,08 и 0,08 МОА, среднее значение $MR_3=0,07$ МОА.



Рисунок 4. а-винтовка Ассигасу АХ на стрелковом столе; б, в, – 5 контрольных групп по 3 выстрела после настройки винтовки

Определим кучность винтовки и вероятность попадания в цель. Входим в табл. 6 и находим 80 %-й интервал среднего значения экстремального размера группы. Он составляет 0,825–1,260. Пересчитываем на средний размер групп 0,07 MOA и получаем интервал среднего размера групп (0,058–0,088) MOA. Можно также оценить, в каком диапазоне можно было бы ожидать средний радиус шестой группы? Для этого входим в табл. 7 и видим интервал 0,533–1,583. Пересчитываем на известное среднее значение MR и получаем, что шестую группу можно было бы ожидать в диапазоне (0,037–0,111) MOA.

Для трех выстрелов в группе параметр σ связан со средним радиусом групп соотношением $\sigma = 0,977 MR_3$, откуда получаем доверительный интервал $\sigma = (0,036–0,108)$ MOA. Примем для расчетов верхнюю оценку $\sigma = 0,108$ MOA. После обнуления прицела координаты СТП относительно точки прицеливания в одной группе стали равны (0,04"; 0,14"), или на дистанции 100 метров (0,035; 0,122) MOA, то есть, угловое отклонение СТП составляет примерно 0,127 MOA. Примем диаметр цели на дистанции 500 метров 10 см или 0,69 MOA и определим вероятность попадания в нее без учета ошибок стрелка и влияния внешних условий. Вычислим отношения r/σ и Δ/σ в MOA. $r/\sigma = 0,345/0,108 = 3,19$, $\Delta/\sigma = 0,127/0,108 = 1,176$. Заходим в табл. и видим цифру 0,972 или 97 %. Помним, что это оценка по верхней границе. Таким образом, по этим расчетам техническая кучность винтовки обеспечивает почти стопроцентное попадание в цель диаметром 10 см на дистанции 500 метров, то есть, практическая вероятность попадания в основном зависит от ошибок стрелка

и влияния внешних условий. Для сравнения, если бы техническая кучность винтовки была не лучше 1 МОА, как у многих не настроенных охотничьих винтовок, то вероятность попадания в эту цель была бы менее 10 %, и доминировала бы она, а ошибки стрелка и внешние условия вообще дополнительно свели бы вероятность к очень низкой цифре.

Заключение

В найденной литературе не обнаружена единая публикация, в которой итоговая формула дисперсии именно выборочного среднего радиуса была бы приведена в той же законченной форме, которая использована в выполненной работе. Поэтому формулу для математического ожидания $E[MR_n]$, зависимость корреляции остаточных координат и итоговое выражение для $CV(MR_n)$ логично представить как вывод автора на основе известных свойств центрированной нормальной выборки, распределения Рэлея, многомерного распределения коррелированных радиусов и гипергеометрической функции.

Таблицы доверительных и прогнозных интервалов и гистограммы рассчитаны автором методом прямого статистического моделирования кругового двумерного нормального распределения с использованием генератора PCG64DXSM. Таблицы K_L , K_U , Q_L , Q_U , их процентные представления и построенные гистограммы являются оригинальными результатами расчёта, а не данными, заимствованными из перечисленных источников. Источники [12, 15, 18, 20–24, 26] обосновывают метод интервального оценивания, способ определения эмпирических квантилей, метод Монте-Карло и используемый генератор случайных чисел. Полученные цифровые данные можно описать следующими положениями:

1. Средний радиус статистически эффективнее экстремального размера, поскольку использует все попадания группы.

2. Одна группа из 3 выстрелов дает очень неопределенную оценку: $\mu_{MR,3} = 0,673 - 1,827$ от измеренного значения.

1. Даже после десяти групп из 3 выстрелов 80 %-й доверительный интервал составляет: $0,870 - 1,172$, то есть приблизительно: $-13,0\% \dots + 17,2\%$.

Для пяти групп по пять выстрелов неопределенность истинного среднего уже уменьшается до: $-13,1\% \dots + 17,2\%$.

1. Прогноз одной следующей группы остается значительно шире. Даже после десяти групп по пять выстрелов следующая группа ожидается примерно в пределах: $-33,2\% \dots + 36,8\%$ от уже измеренного среднего.

1. При $n = 100$ средний радиус очень устойчив: уже одна группа дает 80 %-й интервал истинного среднего порядка: $-6,3\% \dots + 7,2\%$. Однако 100 и более групп на практике никто не делает.

Список литературы

1. Богословский В.Н. Оценка кучности спортивной винтовки по экстремальному размеру группы [Электронный ресурс]. // Universum: технические науки: электрон. научн. журн. – 2026. URL: <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/23285> (дата обращения: 09.09.2026).

2. Богословский В.Н., Кадомкин В.В., Жуков И.Г. Показатели кучности спортивной и охотничьей винтовки. Аналитический обзор // *Universum: технические науки: электрон. науч. журн.* – 2024. – № 4. – DOI: 10.32743/UniTech.2024.121.4.17376. URL: <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/17376> (дата обращения: 08.09.2026).
3. Богословский В.Н., Кадомкин В.В., Жуков И.Г. Математические модели, описывающие закономерности рассеивания пробойн и показатели кучности при спортивной стрельбе по мишеням. Аналитический обзор // *Universum: технические науки: электрон. науч. журн.* – 2024. – № 4. – DOI: 10.32743/UniTech.2024.121.4.17356. URL: <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/17356> (дата обращения: 08.09.2026).
4. Богословский В.Н., Кадомкин В.В., Жуков И.Г. Оценка кучности спортивной винтовки по экстремальному размеру или среднему радиусу групп // *Universum: технические науки: электрон. науч. журн.* – 2024. – № 11. – DOI: 10.32743/UniTech.2024.128.11.18711. URL: <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/18711> (дата обращения: 08.09.2026).
5. ДиДонато А.Р., Джарнагин М.П. DiDonato A.R., Jarnagin M.P. A Method for Computing the Circular Coverage Function // *Mathematics of Computation.* – 1962. – Т. 16, № 79. URL: <https://www.jstor.org/stable/2004054> (дата обращения: 11.09.2026).
6. Blischke W.R., Halpin A.H. Asymptotic Properties of Some Estimators of Quantiles of Circular Error // *Journal of the American Statistical Association.* – 1966. – Т. 61, № 315. – DOI: 10.1080/01621459.1966.10480893.
7. DiDonato A.R., Jarnagin M.P. DiDonato A.R., Jarnagin M.P. Integration of the General Bivariate Gaussian Distribution over an Offset Circle // *Mathematics of Computation.* – 1961. – Т. 15, № 76. URL: <https://www.jstor.org/stable/2003026> (дата обращения: 11.09.2026).
8. Grubbs F.E. Approximate Circular and Noncircular Offset Probabilities of Hitting // *Operations Research.* – 1964. – Т. 12, № 1. – DOI: 10.1287/opre.12.1.51.
9. Grubbs F.E. Statistical Measures of Accuracy for Riflemen and Missile Engineers. – Ann Arbor, MI: Edwards Brothers. – 1964. – 50 P.
10. Harris C.R., Millman K.J. van der Walt S.J. [et al.]. Array Programming with NumPy // *Nature.* – 2020. – Т. 585, № 7825. – DOI: 10.1038/s41586-020-2649-2.
11. Harter H.L. Circular Error Probabilities // *Journal of the American Statistical Association.* – 1960. – Т. 55, № 292. URL: <https://www.jstor.org/stable/2281595> (дата обращения: 11.09.2026).
12. Hunter J.D. Matplotlib: A 2D Graphics Environment // *Computing in Science & Engineering.* – 2007. – Т. 9, № 3. – DOI: 10.1109/MCSE.2007.55.
13. Hyndman R.J., Fan Y. Sample Quantiles in Statistical Packages // *The American Statistician.* – 1996. – Т. 50, № 4. – DOI: 10.1080/00031305.1996.10473566.
14. Jensen D.R. A Generalization of the Multivariate Rayleigh Distribution // *Sankhyā: The Indian Journal of Statistics. Series A.* – 1970. – Т. 32, № 2. URL: <https://www.jstor.org/stable/25049655> (дата обращения: 08.09.2026).
15. Johnson N.L., Kotz S., Balakrishnan N. Continuous Univariate Distributions. – 2nd ed. – Vol. 1. – New York: John Wiley & Sons, 1994. – XIX, 756 P.

16. Kroese D.P., Taimre T., Botev Z.I. Handbook of Monte Carlo Methods. – Hoboken, NJ: John Wiley & Sons. – 2011. – 772 P. – DOI: 10.1002/9781118014967.
17. Mardia K.V., Kent J.T., Bibby J.M. Multivariate Analysis. – London; New York: Academic Press, 1979. – XV, 521 P.
18. Meeker W.Q., Hahn G.J., Escobar L.A. Statistical Intervals: A Guide for Practitioners and Researchers. – 2nd ed. – Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, 2017. – XXXV, 592 P. – DOI: 10.1002/9781118594841.
19. NIST Digital Library of Mathematical Functions. Chapter 15: Hypergeometric Function / National Institute of Standards and Technology [Электронный ресурс]. – 2026. URL: <https://dlmf.nist.gov/15> (дата обращения: 08.09.2026).
20. NumPy Developers. Permuted Congruential Generator (64-bit, PCG64 DXSM) [Электронный ресурс]. // NumPy Reference. Документация описывает PCG64DXSM, его состояние, инициализацию, период и применение совместно с объектом Generator. – 2026. URL: https://numpy.org/doc/stable/reference/random/bit_generators/pcg64dxsm.html (дата обращения: 08.09.2026).
21. NumPy Developers. `numpy.random.Generator.standard_normal` [Электронный ресурс]. // NumPy Reference. URL: https://numpy.org/doc/stable/reference/random/generated/numpy.random.Generator.standard_normal.html (дата обращения: 08.09.2026).
22. O'Neill M.E. PCG: A Family of Simple Fast Space-Efficient Statistically Good Algorithms for Random Number Generation: technical report HMC-CS-0905. – Claremont, CA: Harvey Mudd College [Электронный ресурс]. – 2014. – 56 с. URL: <https://www.cs.hmc.edu/tr/hmc-cs-2014-0905.pdf> (дата обращения: 08.09.2026).
23. Rice S.O. Mathematical Analysis of Random Noise // Bell System Technical Journal. – 1944. – Т. 23, № 3. – DOI: 10.1002/j.1538-7305.1944.tb00874.x.
24. Virtanen P., Gommers R., Oliphant T.E. [et al.]. SciPy 1.0: Fundamental Algorithms for Scientific Computing in Python // Nature Methods. – 2020. – Т. 17, № 3. – DOI: 10.1038/s41592-019-0686-2.
25. Wollschläger D. shotGroups: Analyze Shot Group Data: R package, version 0.8.4. – 2025 Пакет содержит средства расчёта среднего радиуса, экстремального размера, СЕР, радиальных распределений и интервальных показателей кучности [Электронный ресурс]. – DOI: 10.32614/CRAN.package.shotGroups. URL: <https://CRAN.R-project.org/package=shotGroups> (дата обращения: 08.09.2026).
26. Wollschläger D. Statistical Analysis of Shooting Results with the R shotGroups Package: руководство пользователя [Электронный ресурс]. – 2025. – 53 с. URL: <https://cran.r-project.org/web/packages/shotGroups/vignettes/shotGroups.pdf> (дата обращения: 08.09.2026).

References

1. Bogoslovskij V.N. [Evaluation of Rifle Accuracy by the Extreme Size of a Group] // Universum: tekhnicheskie nauki: elektron. nauchn. zhurn. – 2026. – URL: <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/23285>. (accessed 27.09.2026). (In Russ.)

2. Bogoslovskij V.N., Kadomkin V.V., Zhukov I.G. [Accuracy Indicators of Sport and Hunting Rifles. An Analytical Review] // *Universum: tekhnicheskie nauki: elektron. nauch. zhurn.* – 2026. – No. 4. – DOI: 10.32743/UniTech.2024.121.4.17376 – URL: <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/17376>. (accessed 27.09.2026). (In Russ.)
3. Bogoslovskij V.N., Kadomkin V.V., Zhukov I.G. [Mathematical Models Describing the Patterns of Shot Dispersion and Accuracy Indicators in Target Shooting. An Analytical Review] // *Universum: tekhnicheskie nauki: elektron. nauch. zhurn.* – 2026. – No. 4. – DOI: 10.32743/UniTech.2024.121.4.17356 – URL: <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/17356>. (accessed 27.09.2026). (In Russ.)
4. Bogoslovskij V.N., Kadomkin V.V., Zhukov I.G. [Evaluation of Rifle Accuracy by the Extreme Size or Mean Radius of Groups] // *Universum: tekhnicheskie nauki: elektron. nauch. zhurn.* – 2026. – No. 11. – DOI: 10.32743/UniTech.2024.128.11.18711 – URL: <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/18711>. (accessed 27.09.2026). (In Russ.)
5. DiDonato A.R., Jarnagin M.P. [DiDonato A.R., Jarnagin M.P. A Method for Computing the Circular Coverage Function] // *Mathematics of Computation.* – 1962. – Vol. 16, No. 79 – URL: <https://www.jstor.org/stable/2004054> (дата обращения: 11.09.2026). (In Russ.)
6. Blischke W.R., Halpin A.H. Asymptotic Properties of Some Estimators of Quantiles of Circular Error // *Journal of the American Statistical Association.* – 1966. – Vol. 61, No. 315. – DOI: 10.1080/01621459.1966.10480893.
7. DiDonato A.R., Jarnagin M.P. DiDonato A.R., Jarnagin M.P. Integration of the General Bivariate Gaussian Distribution over an Offset Circle // *Mathematics of Computation.* – 1961. – Vol. 15, No. 76 – URL: <https://www.jstor.org/stable/2003026> (дата обращения: 11.09.2026).
8. Grubbs F.E. Approximate Circular and Noncircular Offset Probabilities of Hitting // *Operations Research.* – 1964. – Vol. 12, No. 1. – DOI: 10.1287/opre.12.1.51.
9. Grubbs F.E. Statistical Measures of Accuracy for Riflemen and Missile Engineers. – Ann Arbor, MI: Edwards Brothers. – 1964. – 50 P.
10. Harris C.R., Millman K.J. van der Walt S.J. [et al.]. Array Programming with NumPy // *Nature.* – 2020. – Vol. 585, No. 7825. – DOI: 10.1038/s41586-020-2649-2.
11. Harter H.L. Circular Error Probabilities // *Journal of the American Statistical Association.* – 1960. – Vol. 55, No. 292 – URL: <https://www.jstor.org/stable/2281595> (дата обращения: 11.09.2026).
12. Hunter J.D. Matplotlib: A 2D Graphics Environment // *Computing in Science & Engineering.* – 2007. – Vol. 9, No. 3. – DOI: 10.1109/MCSE.2007.55.
13. Hyndman R.J., Fan Y. Sample Quantiles in Statistical Packages // *The American Statistician.* – 1996. – Vol. 50, No. 4. – DOI: 10.1080/00031305.1996.10473566.
14. Jensen D.R. A Generalization of the Multivariate Rayleigh Distribution // *Sankhyā: The Indian Journal of Statistics. Series A.* – 1970. – Vol. 32, No. 2 – URL: <https://www.jstor.org/stable/25049655> (дата обращения: 08.09.2026).
15. Johnson N.L., Kotz S., Balakrishnan N. Continuous Univariate Distributions. – 2nd ed. – Vol. 1. – New York: John Wiley & Sons, 1994. – XIX, 756 P.

16. Kroese D.P., Taimre T., Botev Z.I. Handbook of Monte Carlo Methods. – Hoboken, NJ: John Wiley & Sons. – 2011. – 772 P. – DOI: 10.1002/9781118014967.
17. Mardia K.V., Kent J.T., Bibby J.M. Multivariate Analysis. – London; New York: Academic Press, 1979. – XV, 521 P.
18. Meeker W.Q., Hahn G.J., Escobar L.A. Statistical Intervals: A Guide for Practitioners and Researchers. – 2nd ed. – Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, 2017. – XXXV, 592 P. – DOI: 10.1002/9781118594841.
19. NIST Digital Library of Mathematical Functions. Chapter 15: Hypergeometric Function / National Institute of Standards and Technology – 2026. – URL: <https://dlmf.nist.gov/15> (дата обращения: 08.09.2026).
20. NumPy Developers. Permuted Congruential Generator (64-bit, PCG64 DXSM) // NumPy Reference. Документация описывает PCG64DXSM, его состояние, инициализацию, период и применение совместно с объектом Generator. – 2026. – URL: https://numpy.org/doc/stable/reference/random/bit_generators/pcg64dxsm.html (дата обращения: 08.09.2026).
21. NumPy Developers. numpy.random.Generator.standard_normal // NumPy Reference. – URL: https://numpy.org/doc/stable/reference/random/generated/numpy.random.Generator.standard_normal.html (дата обращения: 08.09.2026).
22. O'Neill M.E. PCG: A Family of Simple Fast Space-Efficient Statistically Good Algorithms for Random Number Generation: technical report HMC-CS-0905. – Claremont, CA: Harvey Mudd College – 2014. – 56 с. – URL: <https://www.cs.hmc.edu/tr/hmc-cs-2014-0905.pdf> (дата обращения: 08.09.2026).
23. Rice S.O. Mathematical Analysis of Random Noise // Bell System Technical Journal. – 1944. – Vol. 23, No. 3. – DOI: 10.1002/j.1538-7305.1944.tb00874.x.
24. Virtanen P., Gommers R., Oliphant T.E. [et al.]. SciPy 1.0: Fundamental Algorithms for Scientific Computing in Python // Nature Methods. – 2020. – Vol. 17, No. 3. – DOI: 10.1038/s41592-019-0686-2.
25. Wollschläger D. shotGroups: Analyze Shot Group Data: R package, version 0.8.4. – 2025 Пакет содержит средства расчёта среднего радиуса, экстремального размера, СЕР, радиальных распределений и интервальных показателей кучности – DOI: 10.32614/CRAN.package.shotGroups. – URL: <https://CRAN.R-project.org/package=shotGroups> (дата обращения: 08.09.2026).
26. Wollschläger D. Statistical Analysis of Shooting Results with the R shotGroups Package: руководство пользователя – 2025. – 53 с. – URL: <https://cran.r-project.org/web/packages/shotGroups/vignettes/shotGroups.pdf> (дата обращения: 08.09.2026).

Статья поступила в редакцию: 11.09.2026

Статья принята к публикации: 19.09.2026

Статья опубликована: 28.09.2026

УДК 623.442.58:623.5

DOI: 10.32743/UniTech.2026.150.9.23427

Настройка спортивной винтовки BespokeGun monolith в калибре 33XC: совершенство во всем

Жуков Игорь Геннадьевич

двукратный чемпион Европы по бенчресту

Российская Федерация, г. Новосибирск

E-mail: vnbog@mail.ru

Tuning the monolith competition rifle in 33XC: perfection in every detail

Zhukov Igor Gennadievich

Two-time European Champion in benchrest

Russia, Novosibirsk

Аннотация

В статье представлены результаты исследования новой спортивной винтовки BespokeGun Monolith в калибре 33XC. Целью работы было оценить потенциал еще более совершенной новой крупнокалиберной ELR-системы после успешных тестов винтовки BespokeGun Specter 33XC. В ходе испытаний исследовалось влияние на кучность глубины посадки пули Berger .338 300 gr Hybrid OTM Tactical на навесках 107, 108, 109, 110, 111, 112gr. По результатам тестов была обнаружена широкая и стабильная кучная полка в диапазоне посадок 1.879–1.897 дюйма. Полученные результаты превосходят практические опубликованные данные о кучности многих крупнокалиберных ELR-систем.

В ходе испытаний новой крупнокалиберной ELR-системы BespokeGun Monolith в калибре 33XC выявлены закономерности в оптимальном диапазоне скоростей и в кучности. Вначале испытаний системы Specter тестировались скорости в диапазоне 950–1000 м/с. Однако широкая кучная полка была обнаружена на более низких скоростях – 910–950 м/с. В этом же диапазоне скоростей была найдена кучная полка и у винтовки Monolith. Кучная полка по посадке у комплекса BespokeGun Specter 33XC была 8 шагов с шагом 0.003", тогда как полка даже в 5 шагов наблюдается чрезвычайно редко. Однако у комплекса BespokeGun Monolith 33XC экстремальную кучность показали 7 групп подряд, что говорит о неслучайности широкой полки у Specter.

Статья будет полезна спортсменам-стрелкам, охотникам и всем любителям высокоточной стрельбы из нарезного оружия.

Библиографическое описание: Жуков И.Г. Настройка спортивной винтовки BespokeGun monolith в калибре 33XC: совершенство во всем // Universum: технические науки : электрон. научн. журн. 2026. 9(150). URL: <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/23427>

Работа выполнена в интересах мирового спортивного стрелкового сообщества по инициативе авторов и на их собственные средства, с использованием открытых источников информации.

Abstract

The article presents the results of a study of the new BespokeGun Monolith competition rifle chambered in 33XC. The aim of the study was to evaluate the potential of an even more advanced large-caliber ELR system following the successful testing of the BespokeGun Specter 33XC rifle.

The tests investigated the effect of the seating depth of the Berger .338 300 gr Hybrid OTM Tactical bullet on precision with powder charges of 107, 108, 109, 110, 111, and 112 gr. The results revealed a broad and highly stable accuracy node within the seating-depth range of 1.879–1.897 inches. The precision achieved exceeds the practical results published for many large-caliber ELR systems.

Testing of the new BespokeGun Monolith large-caliber ELR system chambered in 33XC revealed patterns in the optimal velocity range and grouping performance. During the initial testing of the Specter system, velocities in the range of 950–1000 m/s were evaluated. However, a broad accuracy plateau was identified at lower velocities of 910–950 m/s. An accuracy plateau was also found for the Monolith rifle within the same velocity range. The seating-depth accuracy plateau of the BespokeGun Specter 33XC system spanned eight increments of 0.003", whereas even a five-increment plateau is extremely rare. However, the BespokeGun Monolith 33XC system produced seven consecutive groups with exceptional precision, indicating that the broad plateau observed with the Specter was not a chance occurrence.

The article will be useful to competitive shooters, hunters, and all enthusiasts of precision shooting with rifled firearms.

This work was carried out in the interests of the international sport-shooting community, on the authors' own initiative and at their own expense, using publicly available sources of information.

Ключевые слова: 33XC, ELR, глубина посадки пули, кучность, средний радиус, МОА, Berger 300 gr Hybrid OTM Tactical, баллистический калькулятор, дальняя стрельба, винтовка крупного калибра.

Keywords: 33XC, ELR, bullet seating depth, accuracy, mean radius, MOA, Berger 300 gr Hybrid OTM Tactical, ballistic calculator, long-range shooting, large-caliber rifle.

Введение

В соревнованиях высокого ранга кучность спортивной винтовки часто играет определяющую роль, и спортсмен, имеющий оружие с экстремальной кучностью, получает большое конкурентное преимущество. Вместе с тем настройка спортивной винтовки высокого класса на экстремальную кучность является сложным многоэтапным процессом с большим количеством неопределенных факторов и необходимостью принятия верных решений в условиях высокой неопределенности. Каждая настройка такого инструмента

превращается в исследовательский процесс со многими неизвестными [1, 3]. Поэтому результаты настройки каждого нового комплекса представляют большой научный и практический интерес.

В статье [2] были представлены результаты исследования новой спортивной винтовки BespokeGun Specter в калибре 33ХС. В продолжение этой темы проведены работы по улучшению конструкции, и в результате создана еще более совершенная модель BespokeGun Monolith в калибре 33ХС (рис. 1), значительно отличающаяся от прежней. Это потребовало проведения новой настройки для понимания экстремального потенциала этого комплекса.

Целью статьи является описание методики и результатов настройки на экстремальную кучность новой спортивной винтовки BespokeGun Monolith в калибре 33ХС.

Материалы и методы

Научное обоснование и общий подход к методам подготовки спортивного стрелкового комплекса к настройке приведен в работах [2–6, 8]. Нет смысла еще раз приводить здесь детали по рецепту, скорости и глубине посадки, это все очень индивидуально и сложно поддается обобщению. Метод определения ФТЗ и БТС описан в работе [3]. Шаг по навеске выбран 1 gr, шаг по посадке 0.003", в этот раз по диапазону исследований остановился на 44 тысячных дюйма от ФТЗ, что вполне меня устроило, пуля идеально сидит в дульце гильзы. Метод настройки спортивной винтовки на экстремальную кучность представлен в работах [2, 3] и в двух словах схема состоит в следующем. В начале посадка на БТС проверяется на нескольких навесках, затем делаются шаги по посадке вниз, воронка навесок сужается по мере приближения к кучной посадке, и настройка заканчивается обнаружением кучной полки по посадке. Единственное, на что хочу обратить внимание, это на дополнительное обоснование такой схемы настройки, когда я начинаю с БТС сразу на нескольких навесках и от БТС иду вниз по посадкам, сужая число тестируемых навесок. Объясню, почему я не сторонник схемы, в которой на произвольной посадке сначала находится кучная точка по навеске, а потом только на одной этой навеске «вверх-вниз» двигается посадка. Ранее мы объясняли, что навеска и посадка не являются независимыми переменными, и при изменении посадки кучная навеска может поменяться. Проход по посадке на одной навеске в этом случае может пропустить кучную полку. Но, кроме этого, есть еще аргумент в пользу начала настройки на нескольких навесках, и он исходит из статистической природы групп. Если, например, на навесках 108, 109, 110 gr получены размеры групп из 3 выстрелов 0,5, 0,3, 0,5 МОА, мы не можем обоснованно сказать, что навеска 109 gr самая кучная, не можем сказать, что, если эту группу перестрелять, она снова будет 0,3 МОА, и средняя кучность будет тоже 0,3 МОА, а средняя кучность соседних групп останется по 0,5 МОА. В силу статистического характера размер следующих групп будет разбросан вокруг некоторого среднего значения в значительном диапазоне. Доверительный интервал среднего, оцененного по этой одной группе в 0,3 МОА, например, с вероятностью 95 %, очень широкий и может составлять (0,17–0,82) МОА. То есть одна группа размером 0,3 МОА из трех выстрелов не доказывает надежно ни то, что «кучность винтовки по этой группе равна 0,3 МОА», ни то, что винтовка «в среднем стреляет 0,3 МОА». То же самое касается и соседних групп с кучностью 0,5 МОА. Она говорит, что если мы получили одну группу в 0,3 МОА, то средний размер группы с вероятностью 95 % может лежать примерно в диапазоне (0,17–0,82) МОА. Средний размер

соседних групп с 0,5 МОА соответственно будет лежать в диапазоне (0,28–1,36) МОА. Как видно, диапазоны с 0,3 и 0,5 МОА сильно пересекаются (0,17–0,82 и 0,28–1,36), а это означает, что кучные навески при повторе могут поменяться местами. Если мы отстреляем на этой же навеске следующую группу, она также будет не 0,3 МОА, а с вероятностью 95 % будет лежать в еще более широком диапазоне (0,095–0,944) МОА. Это означает, что одна точка по навеске, которую стрелок принял как самую кучную, в действительности могла оказаться случайной, и при перестрелке более кучной окажется другая навеска. Поэтому я использую на начальных шагах сразу несколько навесок на нескольких уровнях посадки, что делает значения размеров групп статистически намного более определенными. Увеличения числа выстрелов для настройки здесь нет, потому что при такой схеме кучная навеска определяется по ходу поиска кучной посадки. В схеме «кучная навеска – потом кучная посадка», да еще и с неверно выбранными начальными точками и шагами стрелки сначала тратят патроны на то, чтобы определить кучную навеску, часто по одной группе, что недостоверно, или используя очень ненадежный метод «лестницы», а потом двигают посадку не от БТС, а от произвольного значения, так и не достигнув экстремальной кучности по двум параметрам «навеска-посадка». У многих стрелков из-за неправильно применяемой схемы настройки цель настройки «из системы выжато всё, на что она способна» заменяется смыслом «мы получили то, что смогли». Такой подход к настройке порождает пессимизм и неверие в возможность того, что винтовка может показать действительно выдающиеся результаты по кучности. Я же в своей схеме сразу решаю обе задачи – ищу кучную посадку одновременно и в сочетании с кучной навеской, каждый раз достигая экстремальной кучности за минимально необходимое для решения этой задачи число шагов.

Предметом настоящего исследования являлись технические возможности нового комплекса. В отличие от системы Specter, Monolith 33XC имеет магазинную подачу. У нее более толстый ствол (на срезе диаметром 44 мм), длина 34", твист 1:9, тесный нек 0.368". В отличие от самых первых испытаний образцов BespokeGun, когда не были ясны оптимальные параметры, это уже проверенное временем и настрелом сочетание «пуля-твист-длина ствола». Не лишне будет отметить, что уже после опубликования нашей статьи о винтовке Specter 33XC [2] произошло знаменательное событие. Российская команда в составе Максима Каданцева и Алексея Дубровина с винтовками Specter 33XC заняла первое место на престижных международных соревнованиях в ЮАР, произведя большое впечатление на российских стрелков, давно не ощущавших радости побед в турнирах столь высокого ранга [6, 10]. В этой связи заметим, что Monolith 33XC представляет следующий уровень спортивных винтовок, рассчитанных на победы в самых престижных соревнованиях.

BespokeGun Monolith 33XC с первого взгляда поражает своей монументальностью, качеством, дизайном. Это спортивное оружие, в котором ничего не нужно менять или переделывать, на мой взгляд, является верхом инженерной мысли и дизайна. Все продумано, все нюансы учтены, все для стрелка. (рис. 1). Сразу отмечу, что я не являюсь сотрудником компании BespokeGun и не состою в договорных отношениях с ней. То, что я пишу о Монолите – не реклама, а объективное заключение независимого эксперта.



Рисунок 1. Спортивная винтовка BespokeGun Monolith в калибре 33XC

Отдельного внимания заслуживает магазинная подача. Геометрия подачи Монолита рассчитана так, чтобы при досылании пули не контактировала с горкой подачи. Это позволяет бережно подавать прецизионный патрон даже при минимальном натяге – 0,001", не нарушая посадку пули. Для высокоточной спортивной винтовки такого класса это принципиально: магазинная подача не должна становиться компромиссом точности. Я не любитель магазинной подачи, но применительно к этой винтовке пришлось пересмотреть свои взгляды. На формовке немного поиграл в бенчрестера с подачей с лотка и на этом закончил. Все дни, когда шла настройка, наслаждался работой затвора и магазинной подачей. Всю настройку сделал с магазинной подачей, получил истинное удовольствие. Патрон без перекосов прямолинейно подается в патронник, работа затвора плавная во всех режимах, пробовал по-разному: очень быстро, очень медленно, всегда идеально. Приклад складной, узел складывания всегда в одном натяге, усилие не меняется, кнопки управления узлом комфортные при нажатии и тактильно приятные.

Все эти дни пытался найти что-то, за что можно зацепиться, что нужно доработать, но все оказалось продумано до мелочей и весь комплекс совершенен. Через меня прошло много кастомных винтовок лучших оружейников мира, и я понимаю разницу между совершенным и обычным комплексом. BespokeGun Monolith в калибре 33XC очень впечатляет. Тут эта разница бросается в глаза сразу, выводы делаешь однозначные, винтовка №1 и точка! Если не прав – поправьте, интересно будет послушать аргументы. Но при этом хочу напомнить, что BespokeGun [4] – единственная компания, которая выдает оружие с кучностью 0.3 MOA еще до его настройки на экстремальную кучность!



Рисунок 2. Вид затвора винтовки Monolith 33XC

В настройке винтовки я использовал гильзы Петерсон [12], они очень крепкие, но не лучшего качества, гильзы нужно приводить к единообразию и выводить в нужные цифры [11]. Для тесного нека стенку точил в 0.01400", патрон в сборе 0.366" (рис. 3). Методика подготовки гильз приведена в моей книге [3].

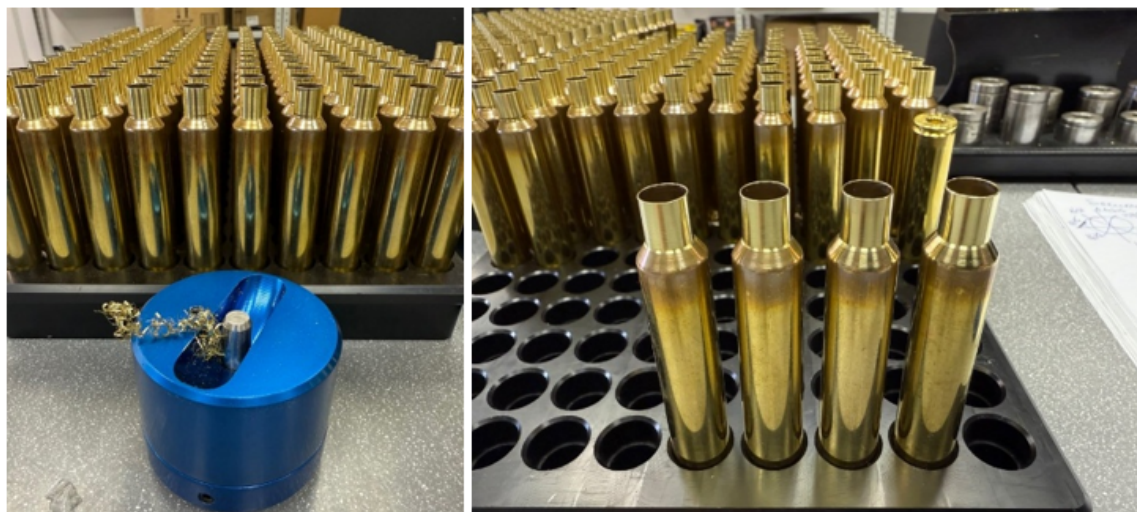


Рисунок 3. Гильзы Петерсон. Слева первый проход до перехода дульца в плечи; справа второй проход с заходом на плечи

Диаметр дульца с патроном 0,366", зазор на сторону 0,001", бушинг 0.365" для подачи патрона без магазина и 0.364" для магазинной подачи (рис. 4).



Рисунок 4. Диаметр дульца с пулей; диаметр дульца до посадки пули

Подготовка 250 гильз заняла 6 дней, поскольку потребовала не только проточки дульца, подрезки, проверки биения, но и трудоемкой формовки капсюльных гнезд. Из 250 гильз 230 были в размере 0.01400" при замере в 8 точках и 20 шт. в размере 0.01395". Гильзы, которые не прошли в размер 0.01400" – это не брак, эти гильзы я откладываю, и когда их набирается достаточное количество, запускаю в работу одним лотом с размером 0.01395".

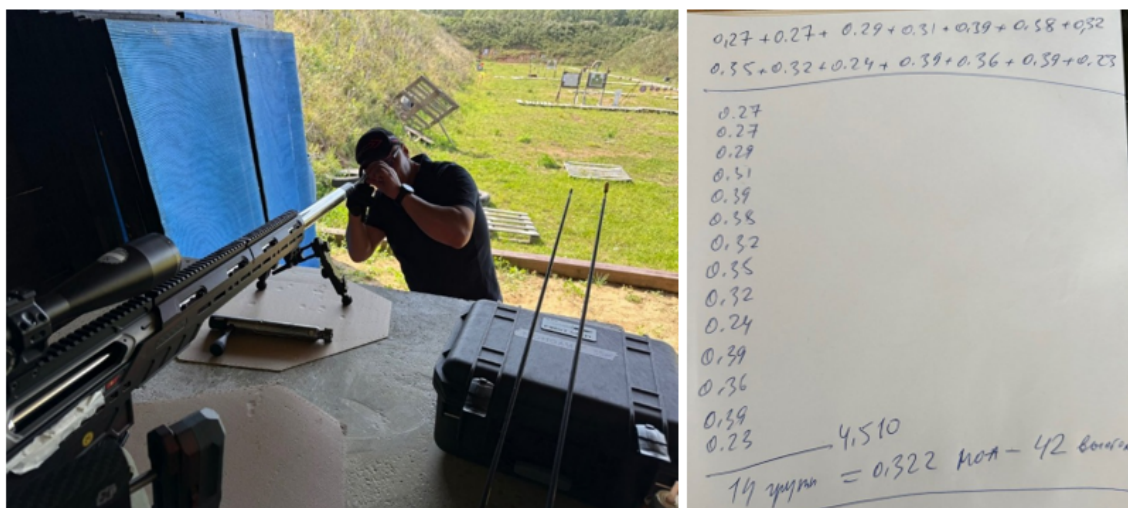


Рисунок 5. Контроль ствола при обкатке. Размер 14 групп при формовке гильз

На обкатку ствола ушло 7 выстрелов-чисток, без спешки, с пониманием сути дела и контролем бороскопом. Техника обкатки ствола приведена в работе [3].

Оставшиеся гильзы отформовал на навеске 75 gr порохом Ирбис 570, пострелял на кучность, проверил откат, работу сошек, мешка. Тестировал выстрел-загрязнитель. Тесты показали, что система отлажена и все узлы работают идеально. Средняя кучность 14 групп по три выстрела на формовке 0.322 MOA. Для изделий Беспок это обычный результат, так было и на других винтовках. Хочу заметить, что это не одна случайная группа, а это 42 выстрела, 14 групп с кучностью 0.322 MOA, это новые не отформованные гильзы, и мне это уже говорило о многом.

Результаты и обсуждение

На рис. 6 приведен фрагмент мишени с формовки, последние серии дня, магазинная подача. Для формовки и обкатки 3ЗХС использую пули 300 gr Сценар, они всегда есть в доступе, и порох Ирбис 570. Никогда не формую гильзы холостым зарядом охотничьего пороха с бумажной затычкой. Глупо стремиться к экстремальной кучности и использовать самые бюджетные и одновременно самые ненадежные способы формовки гильз.



Рисунок 6. Фрагмент мишени при формовке гильз

На настройке винтовки использовал уже патрон с пулей Berger 300 gr [13, 7–9], порох VihtaVuori N 570, капсюли Federal Gold FM215M. Настройку проводил на стрельбище ССК имени Дмитрия Донского [5]. Правильные бетонные столы, правильный щит для мишеней, вентилятор, регулируемый стул, американские бенчрест флаги, комната для релоадинга, место для чистки ствола. Два направления на дистанции 100 метров с прочными бетонными столами. Комплекс лицензирован.



Рисунок 7. Пули Berger 300 gr Hibrid OTM Tactical; ДТК

Прекрасное место, уютная атмосфера, приветливый персонал. Созданы все условия для комфортной настройки, и это очень важно.

На настройку потратил два дня, чуть вышел из намеченного плана из-за многообещающего контура ствола. На срезе толщина 44 мм, и я решил попробовать высокий диапазон по скорости. Экстремальной кучности там не нашел и спустился в уже проверенный, рабочий диапазон 910–950 м/с.

Еще один несомненный плюс толстого контура, кроме прочности - это отсутствие нагрева. Стрелок устает быстрее, чем нагревается ствол, серия 25 выстрелов, а ствол лишь теплый.

Когда я настраивал первый комплекс BespokeGun Specter 33XC, обратил внимание на один нюанс, который меня порадовал. Полка по посадке была 8 шагов с шагом 0.003". Такое у меня было впервые, обычно 3 шага, иногда 4, чрезвычайно редко 5 шагов. Подумал, что повезло и это просто случайность. В этот раз ситуация повторилась, полка по посадке получилась 7 шагов, что является несомненным плюсом: можно не думать про разгар и про то, что настройка уйдет в самый ответственный момент, как это обычно и бывает.

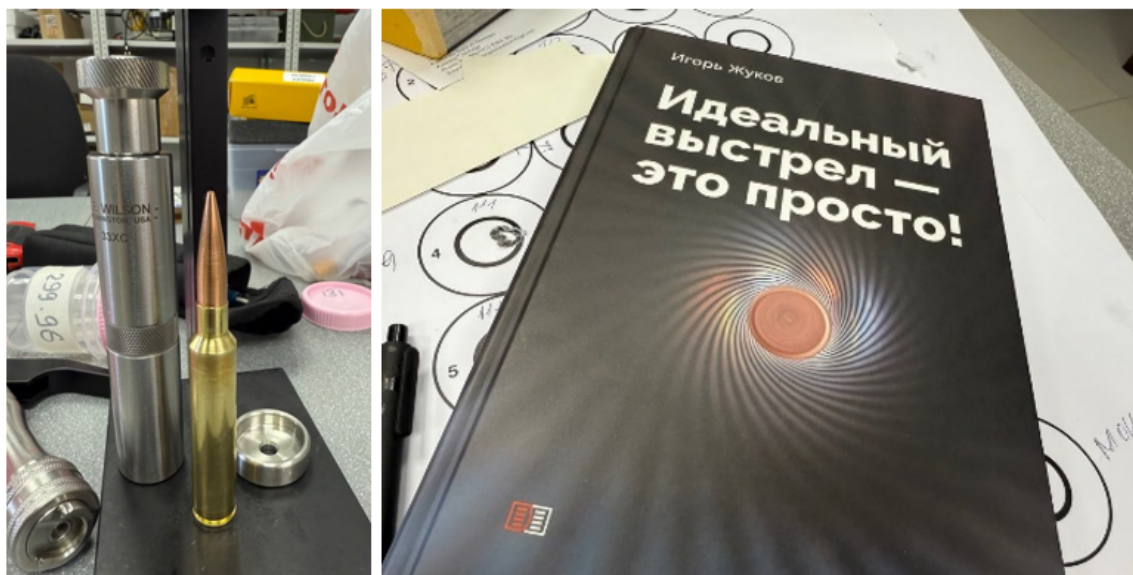


Рисунок 8. Нажимная посадочная матрица Wilson, без микрометра; Книга автора статьи

Скоро буду настраивать еще один Спектр 33XC в нашей команде, буду надеяться, что ситуация повторится. И тогда можно будет сделать далеко идущие выводы!

Полка 7 шагов по 0.003", это 21 тысячная, можно не думать про разгар и уход настройки. Из практики известно, что это не просто очень большая полка, а нереально большая!

В день финальной настройки с погодой не повезло, был рваный ветер весь день, пришлось вспомнить свои навыки в бенчресте и поработать с флагами. В финальный день настройки забыл настроенные мишени и пришлось на месте придумать мишень. Взяли у ребят печать и на картоне напечатали мишени, сама мишень получилась очень удачной, точка сетки прицела Nightforce Competition 15 – 55x52 идеально ложилась в центр мишени, и это было очень удобно! На рис. 9 мишени на кучной полке.



Рисунок 9. Мишени на кучной полке с посадкой 1.879–1.897 " . Последняя мишень – другая навеска на точке старта 1.879 "

Последнюю группу в полке на посадке 1,897" можно было перестрелять, первый выстрел прилетел не туда, где два других, но было полное ощущение, что все три пробойны должны быть вместе.

Я решил, что это последняя группа в полке, и, если она будет кучнее, это ничего не изменит. Общая картина останется прежней, семь посадок с шагом 0.003" (21 тысячная). Результат настройки меня полностью устроил, кучность всех групп в полке 0.187 МОА, что для ELR системы считается просто идеальной. Замечу, это не одна случайная группа, это полка по посадке в 21 тысячную!

Проверил начало полки на посадке 1.879" в другом скоростном диапазоне (рис. 9 справа внизу), скорость значительно выше, это на случай повышения температуры. Все отработало в штатном режиме, как и должно быть. Как показывает практика, если полка по посадке определена правильно, то изменение навески большой роли не играет и на кучности не отражается.

В итоге экстремальная кучность спортивной винтовки BespokeGun Monolith в калибре 33ХС по 7 группам из 3 выстрелов каждая составила 0.187 МОА, на уровне кучности винтовки Specter 33ХС, вместе с тем ряд механизмов винтовки Monolith являются просто совершенными.

Заключение

Проведены комплексные исследования механизмов новой спортивной винтовки BespokeGun Monolith в калибре 33ХС. Результаты превзошли ожидания, все работает безупречно.

Настройка винтовки на экстремальную кучность выявила широкую кучную полку по посадке в диапазоне 1.879–1.894" со средней кучностью 0,187 МОА.

Спортивную винтовку BespokeGun Monolith 33XC можно рекомендовать для побед в самых престижных соревнованиях.

Список литературы

1. БЕСПОК Спектр 33XC – винтовка глазами владельца [Электронный ресурс]. // РЕЛОАДИНГ.РФ. URL: <https://reloading.cc/> (дата обращения: 09.07.2026).
2. Богословский В.Н., Жуков И.Г. Новый проект спортивной винтовки в калибре 33XC [Электронный ресурс]. // Universum: технические науки: электрон. научн. журн. – 2026. URL: <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/23194> (дата обращения: 06.09.2026).
3. Жуков И.Г. Идеальный выстрел – это просто! Москва: Издательство «Издание книг КОМ». – 2023. – 416 с.
4. Московская Оружейная Компания. BespokeGun [Электронный ресурс]. URL: <https://bespokegun.ru/ru/home> (дата обращения: 09.07.2026).
5. Стрелково-стендовый комплекс имени Дмитрия Донского [Электронный ресурс]. URL: <https://sskdonskoy.ru/> (дата обращения: 09.07.2026).
6. 2018 King of 2 Miles (KO2M) Highlights Report [Электронный ресурс]. // AccurateShooter Bulletin. URL: <https://bulletin accurateshooter.com/2018/07/2018-king-of-2-miles-ko2m-highlights-report/> (дата обращения: 09.07.2026).
7. Berger Bullets. 338 Caliber 300 Grain Hybrid OTM Tactical Rifle Bullet [Электронный ресурс]. – Berger Bullets. URL: <https://bergerbullets.com/product/338-caliber-300-grain-hybrid-otm-tactical/> (дата обращения: 09.07.2026).
8. Berger Bullets. 338–378 Weatherby Magnum 300 Grain: Reloading Data [Электронный ресурс]. – Berger Bullets. URL: <https://bergerbullets.com/pdf/338-378-Weatherby-Magnum-300gr.pdf> (дата обращения: 09.07.2026).
9. Berger Bullets. 338 Winchester Magnum 300 Grain: Reloading Data [Электронный ресурс]. – Berger Bullets. URL: <https://bergerbullets.com/pdf/338-Winchester-Magnum-300gr.pdf> (дата обращения: 09.07.2026).
10. King of 1 Mile & King of 2 Miles France. 2026 KO2M/KO1M Rules and Procedures [Электронный ресурс]. URL: <https://www.csatircanjuers.fr/en/general-rules/> (дата обращения: 09.07.2026).
11. Neck-Turning Brass on Milling Machine with Erik Cortina [Электронный ресурс]. // AccurateShooter.com: Daily Bulletin. – 2019. URL: <https://bulletin accurateshooter.com/2019/06/neck-turning-brass-on-milling-machine-with-erik-cortina/> (дата обращения: 11.09.2026).
12. Peterson Cartridge. Peterson Cartridge Introduces 33 XC [Электронный ресурс]. – Peterson Cartridge. – 2024. URL: <https://petersoncartridge.com/blog/peterson-cartridge-introduces-33-xc> (дата обращения: 09.07.2026).

13. Tubb D. Writeup on 33XC/37XC/41XC as of May 2023 [Электронный ресурс] / D. Tubb. – DavidTubb.com, 2023. URL.: – 14 с. (дата обращения: 15.09.2026).

References

1. [BESPOK Spectrum 33XC – A Rifle Through the Owner's Eyes] // RELOADING.RF. (data obrashcheniya: 09.07.2026). – 2026. – URL: <https://reloading.cc/>. (In Russ.)
2. Bogoslovskij V.N., Zhukov I.G. [New Design of a Sport Rifle in 33XC Caliber] // Universum: tekhnicheskie nauki: elektron. nauchn. zhurn. – 2026. – URL: <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/23194>. (accessed 27.09.2026). (In Russ.)
3. Zhukov I.G. [The Perfect Shot – It's Simple! Moscow: Publishing House 'KOM Books Edition']. – 416 s. – 2023. (In Russ.)
4. [BespokeGun] (data obrashcheniya: 09.07.2026) – URL: <https://bespokegun.ru/ru/home>. (In Russ.)
5. [Dmitry Donskoy Rifle Range and Shooting Complex] (data obrashcheniya: 09.07.2026) – URL: <https://sskdonskoy.ru/>. (In Russ.)
6. 2018 King of 2 Miles (KO2M) Highlights Report // AccurateShooter Bulletin. – URL: <https://bulletin accurateshooter.com/2018/07/2018-king-of-2-miles-ko2m-highlights-report/> (дата обращения: 09.07.2026).
7. Berger Bullets. 338 Caliber 300 Grain Hybrid OTM Tactical Rifle Bullet – Berger Bullets – URL: <https://bergerbullets.com/product/338-caliber-300-grain-hybrid-otm-tactical/> (дата обращения: 09.07.2026).
8. Berger Bullets. 338–378 Weatherby Magnum 300 Grain: Reloading Data – Berger Bullets – URL: <https://bergerbullets.com/pdf/338-378-Weatherby-Magnum-300gr.pdf> (дата обращения: 09.07.2026).
9. Berger Bullets. 338 Winchester Magnum 300 Grain: Reloading Data – Berger Bullets – URL: <https://bergerbullets.com/pdf/338-Winchester-Magnum-300gr.pdf> (дата обращения: 09.07.2026).
10. King of 1 Mile & King of 2 Miles France. 2026 KO2M/KO1M Rules and Procedures – URL: <https://www.csatircanjuers.fr/en/general-rules/> (дата обращения: 09.07.2026).
11. Neck-Turning Brass on Milling Machine with Erik Cortina // AccurateShooter.com: Daily Bulletin. – 2019. – URL: <https://bulletin accurateshooter.com/2019/06/neck-turning-brass-on-milling-machine-with-erik-cortina/> (дата обращения: 11.09.2026).
12. Peterson Cartridge. Peterson Cartridge Introduces 33 XC – Peterson Cartridge – 2024. – URL: <https://petersoncartridge.com/blog/peterson-cartridge-introduces-33-xc> (дата обращения: 09.07.2026).
13. Tubb D. Writeup on 33XC/37XC/41XC as of May 2023 – DavidTubb.com, 2023. – URL.: – 14 с. (дата обращения: 15.09.2026).

ТЕКСТИЛЬНАЯ И ЛЁГКАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

Статья поступила в редакцию: 11.09.2026

Статья принята к публикации: 16.09.2026

Статья опубликована: 28.09.2026

УДК 677.05 – 52

Современное состояние и перспективы автоматизации прядильного производства

Махамадаминов Музаффар Мухтор угли

свободный соискатель

Ташкентский институт текстильной и лёгкой промышленности

Республика Узбекистан, г. Ташкент

Махкамова Шоира Фахритдиновна

PhD, доц.

Ташкентский институт текстильной и лёгкой промышленности

Республика Узбекистан, г. Ташкент

E-mail: shoira-0218@mail.ru

Current state and prospects for automation in spinning production

Mahamadaminov Muzaffar

Independent applicant, Tashkent Institute of Textile and Light Industry

Republic of Uzbekistan, Tashkent

Makhkamova Shoira

PhD

Tashkent Institute of Textile and Light Industry

Republic of Uzbekistan, Tashkent

Аннотация

В статье представлен аналитический обзор современного состояния автоматизации технологических процессов прядильного производства. Цель работы – систематизировать применяемые технические решения и определить направления перехода от локальной автоматизации отдельных машин к интегрированным цифровым производственным системам. Методология основана на сравнительном анализе научных публикаций и официальных технических материалов производителей прядильного оборудования. Рассмотрены автоматизация подготовки волокнистого сырья, чесания, вытягивания, прядения, контроля качества и межмашинной транспортировки. На примере решений Rieter и Trützschler проанализированы системы автоматического регулирования технологических параметров, роботизированное присучивание ROBOspin, транспортные решения SERVOCap,

Библиографическое описание: Махамадаминов М.М.У., Махкамова Ш.Ф. Современное состояние и перспективы автоматизации прядильного производства // Universum: технические науки : электрон. научн. журн. 2026. 9(150). URL: <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/23424>

SERVOLap, SERVOTrail и T-CAN, автоматическая смена холстов ROBOLap, оптимизация чесального зазора T-GO и Carding Gap Control, функции AUTO DRAFT и OPTI SET, а также цифровые платформы ESSENTIAL и My Mill. Показано, что основная тенденция развития состоит в объединении автоматического регулирования, роботизации материального потока и цифрового мониторинга в единой производственной среде. Установлено, что дальнейшее развитие связано с самонастраивающимся оборудованием, предиктивным техническим обслуживанием, интеллектуальным контролем качества, интеграцией материальных и информационных потоков и расширением применения искусственного интеллекта. Практическая значимость обзора заключается в возможности использования систематизированных данных при выборе направлений модернизации и уровня автоматизации прядильных предприятий.

Abstract

The paper presents an analytical review of the current state of automation of technological processes in spinning production. The aim is to systematize applied technical solutions and identify directions for the transition from local automation of individual machines to integrated digital production systems. The methodology is based on a comparative analysis of scientific publications and official technical materials from spinning-equipment manufacturers. Automation of fiber preparation, carding, drawing, spinning, quality control and inter-machine material transport is considered. Using Rieter and Trützschler solutions as examples, the review examines automatic process-control systems, ROBOSpin robotic piecing, SERVOCan, SERVOLap, SERVOTrail and T-CAN transport solutions, ROBOLap automatic lap changing, T-GO and Carding Gap Control carding-gap optimization, AUTO DRAFT and OPTI SET functions, and the ESSENTIAL and My Mill digital platforms. The analysis shows that the main development trend is the integration of automatic control, robotic material handling and digital monitoring within a common production environment. Further development is associated with self-optimizing equipment, predictive maintenance, intelligent quality control, integration of material and information flows, and broader use of artificial intelligence. The practical value of the review lies in providing structured information for selecting modernization priorities and appropriate levels of automation in spinning mills.

Ключевые слова: прядильное производство, автоматизация, роботизация, цифровизация, автоматическое регулирование, автоматизированная транспортировка, цифровой мониторинг, интеллектуальное производство.

Keywords: spinning production, automation, robotics, digitalization, automatic control, automated material handling, digital monitoring, intelligent manufacturing.

Введение

Прядильное производство представляет собой многопереходную технологическую систему, где стабильность качества пряжи зависит от согласованной работы большого числа машин и рабочих органов. Поэтому автоматический контроль, регулирование технологических параметров и автоматизация вспомогательных операций становятся необходимыми условиями эффективного производства.

К концу XX – началу XXI века в прядении получили распространение автоматический контроль параметров, обнаружение обрывов, смена паковок и механизированная транспортировка полуфабрикатов [11, с. 51]. Современный этап связан с цифровизацией и Industry 4.0, включая IoT, киберфизические системы, большие данные, облачные вычисления и искусственный интеллект [1; 3, с. 188–190].

Развитие идёт от локального управления отдельной машиной к интегрированным системам, объединяющим технологическое оборудование, контроль, транспорт и программное обеспечение в общей информационно-производственной среде.

Цель исследования – систематизировать направления автоматизации прядильного производства, сопоставить решения Rieter и Trützschler и определить перспективы перехода к комплексным цифровым и интеллектуальным производственным системам.

Материалы и методы

Работа выполнена как аналитический литературный обзор научных публикаций по автоматизации прядения и Industry 4.0, официальных технических материалов Rieter и Trützschler и материалов о комплексной автоматизации прядильного производства. Количественные показатели производителей рассматриваются как заявленные для конкретных машин и конфигураций.

Применены систематизация, функционально-технологический анализ и сравнительное сопоставление. Решения оценивались по технологическим переходам и функциям автоматического регулирования, роботизации материального потока и цифрового мониторинга.

Результаты и обсуждение

Основные направления автоматизации технологических процессов. Автоматизация охватывает две взаимосвязанные группы задач: управление технологическим процессом (измерение параметров, стабилизация линейной плотности, регулирование вытяжки и рабочих зазоров, выявление дефектов) и вспомогательные операции (транспортировка, смена паковок, ликвидация обрывов и передача данных).

Подготовка волокнистого сырья и чесание. На начальных переходах автоматизируются дозирование, разрыхление, очистка и пневмотранспорт; на чесании – подача, рабочий зазор, контроль отходов и смена тазов.

На чесальной машине Trützschler TC 30i система T-GO автоматически оптимизирует чесальный зазор, а WASTECONTROL контролирует отходы и способствует ограничению потерь прядомого волокна [15]. Автоматическая смена тазов также относится к реализованным функциям автоматизации чесального участка [12].

На Rieter C 81 система Carding Gap Control (CGC) с помощью датчиков регулирует расстояние между шляпками и главным барабаном с точностью до сотых долей миллиметра и поддерживает оптимальный чесальный зазор [5]. Наличие аналогичных решений у двух производителей подтверждает общую тенденцию к автоматической адаптации параметров чесания.

В VARIOline ECorized, интегрированной с UNIconrol, частота вращения вентиляторов пневмотранспорта изменяется в зависимости от потребности процесса. По данным Rieter, это позволяет снизить энергопотребление на транспортирование волокон до 30 %, а разрыхлительно-очистительного участка – до 10 % [10].

Автоматизация процесса вытягивания. Основным объектом регулирования на ленточных машинах является линейная плотность ленты: авторегулятор фиксирует отклонения входящего продукта и корректирует работу вытяжного прибора.

На Trützschler TD 10 система DISC LEVELLER работает совместно с цифровым приводом SERVO DRAFT [14]. AUTO DRAFT рекомендует предварительную вытяжку по измерению вытяжного усилия [13], а OPTI SET оценивает положение основной точки вытягивания по показателям вариации линейной плотности [17]. Эти функции дополняют текущее автовыравнивание автоматизированной оптимизацией настройки. Таким образом, автоматизация вытягивания сочетает текущую стабилизацию линейной плотности и автоматизированный выбор параметров процесса.

Автоматизация прядения и ликвидации обрывов. На кольцевых и компактных машинах автоматизируются контроль прядильных мест, обнаружение обрывов, смена паковок, транспортировка ровницы и сбор производственных данных. Одной из наиболее трудоёмких операций остаётся присучивание.

Rieter ROBOspin автоматически выполняет присучивание на кольцевых и компактных прядильных машинах [6, 8]. Получив сигнал системы контроля веретён, робот перемещается к месту обрыва и выполняет рабочий цикл. По данным Rieter, системы ROBOspin суммарно выполняют более 1 млн присучиваний в неделю, что соответствует сокращению около 2000 операторо-часов [6].

Автоматизация перемотки и контроля качества. Электронные очистители непрерывно выявляют недопустимые дефекты пряжи, после чего дефектный участок удаляется, а концы соединяются автоматически. Производственные данные могут использоваться для поиска причин отклонений на предшествующих переходах.

Перспективным направлением является применение компьютерного зрения и ИИ для классификации дефектов и поддержки решений в контроле качества [2]. Полностью автономную корректировку всей технологической цепочки на основе ИИ пока следует рассматривать преимущественно как перспективу.

Автоматизация межмашинного материального потока. Переход к автоматизированному участку требует сокращения ручных операций при перемещении холстов, тазов с лентой, катушек с ровницей, початков и готовых паковок.

В концепции Rieter SERVOpap транспортирует тазы, SERVOpap – холсты к гребнечесальным машинам, ROBOpap выполняет автоматическую смену холста и соединение настила, SERVOpail перемещает катушки с ровницей, SERVOpack обеспечивает упаковку пряжи, а link-система организует циркуляцию початков и патронов между кольцевой прядильной и мотальной машинами [8, 9]. Общая концепция полностью автоматизированной фабрики также представлена в стратегии Rieter Vision 2027 [4].

Тем самым автоматизация распространяется не только на отдельные машины, но и на физическое перемещение полуфабрикатов и паковок между ними.

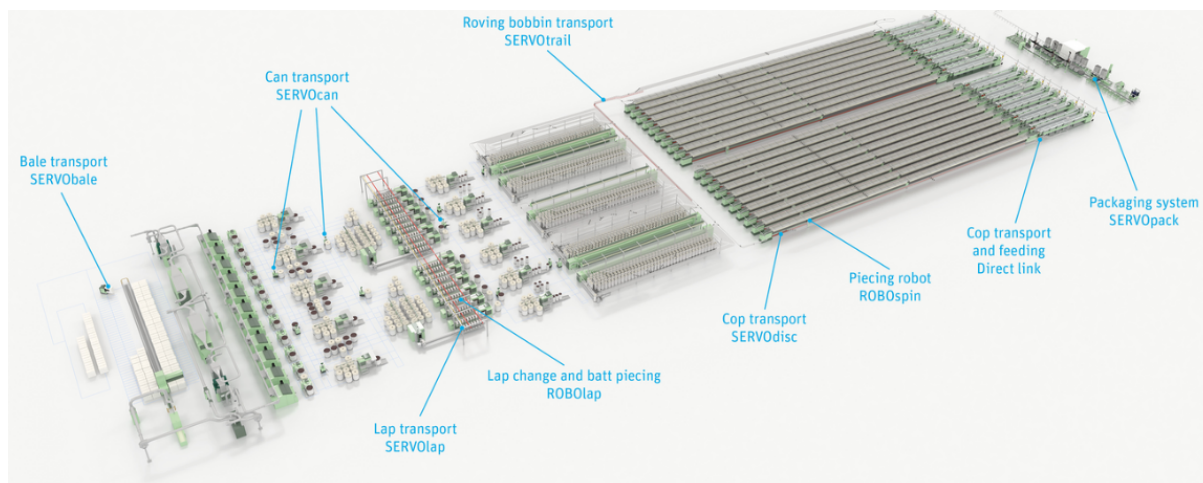


Рисунок 1. Система комплексной автоматизации прядильного производства Rieter. Источник: [8]

Trützschler T-CAN автоматизирует транспортировку тазов между чесальными и ленточными машинами [18]. Система объединяет AGV, маршрутную инфраструктуру и программное управление, обеспечивая смену и перемещение тазов, контроль заряда и автоматическую подзарядку транспортных единиц.

Цифровой мониторинг и интеллектуализация производства. Цифровые платформы объединяют данные о выпуске, качестве, состоянии оборудования, энергопотреблении и отклонениях. Rieter ESSENTIAL используется для мониторинга и анализа производства [7], а концепция Smart Spinning Mill связывает цифровые данные с машинами, автоматизацией и материальным потоком [9]. Trützschler My Mill обеспечивает мониторинг оборудования, производственных показателей, сообщений об ошибках, формирование отчётов и интеграцию со сторонними приложениями [16].

Облачная технология обеспечивает безопасный и защищённый доступ посредством аутентификации My Identity. Такая сетевая архитектура обеспечивает чёткое разделение производственной сети оборудования (зелёная) и внутренней сети предприятия (синяя), что позволяет обеспечить высокий уровень информационной безопасности.

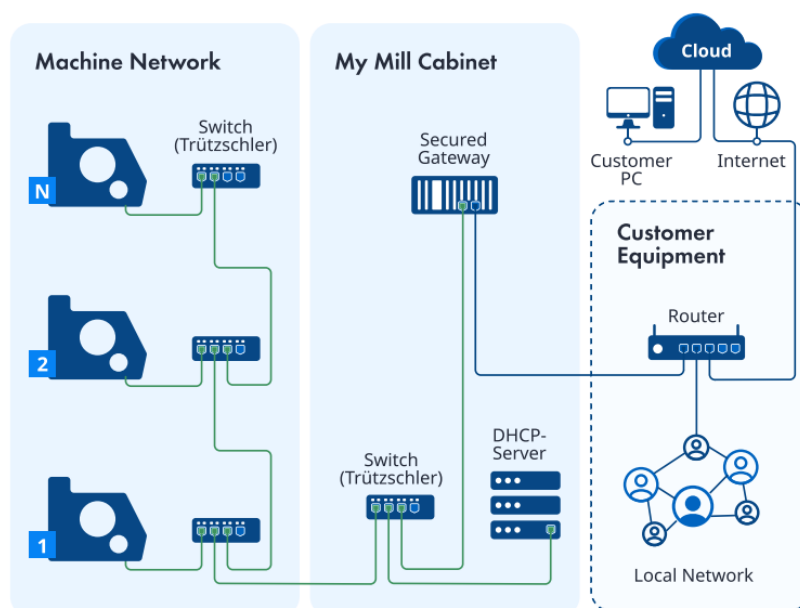


Рисунок 2. Сетевая архитектура цифровой системы My Mill (Trützschler). Источник: [16]

Дальнейшее развитие связывается с Industry 4.0, IoT, Big Data, облачными и киберфизическими технологиями и ИИ [1; 3, с. 188–190]. При этом следует разграничивать реализованные функции – автовыравнивание, цифровые приводы, автоматическую смену паковок, роботизированное присучивание, транспортировку и мониторинг – и перспективные решения, включая цифровые двойники, сквозную автономную оптимизацию и машинное обучение для управляющих решений.

Технологические эффекты, ограничения и перспективы. Автоматизация способствует стабилизации параметров полуфабрикатов, сокращению времени реакции на обрывы и отклонения, уменьшению ручных транспортных операций и повышению использования оборудования. Экономический эффект определяется снижением трудоёмкости и простоев, но зависит от масштаба предприятия, ассортимента, стоимости труда и объёма инвестиций.

К ограничениям относятся высокая стоимость комплексных решений, совместимость оборудования разных поколений и производителей, требования к цифровой инфраструктуре и информационной безопасности, а также необходимость подготовки специалистов на стыке технологии прядения, автоматического управления и анализа данных.

Перспективы включают расширение роботизации, самонастраивающееся оборудование, интеллектуальный контроль качества, предиктивное обслуживание, интеграцию материального и информационного потоков и применение ИИ для прогнозирования качества, диагностики отклонений и оптимизации режимов. Общая траектория развития: автоматизация операции – машины – участка – материального потока – цифровой мониторинг – интеллектуальное управление.

Заключение

Проведённый обзор показывает переход прядильного производства от локальных автоматических функций к комплексным системам, объединяющим технологическое оборудование, транспорт, роботизированные устройства и цифровые платформы. Базовым уровнем остаётся автоматическое регулирование технологических параметров, тогда как роботизация и цифровизация расширяют автоматизацию на вспомогательные операции и производственные данные.

Решения Rieter и Trützschler демонстрируют общую тенденцию к интеграции автоматического регулирования, цифрового мониторинга и материального потока. Rieter развивает сквозную автоматизацию кольцевого и компактного прядения, включая ROBOspin и транспортные системы; Trützschler сочетает интеллектуальные функции машин, автоматизированную транспортировку и облачный мониторинг. Системы CGC у Rieter C 81 и T-GO у Trützschler TC 30i подтверждают развитие автоматического поддержания оптимальных условий чесания [5, 15].

К промышленно реализованным технологиям относятся электронное автовыравнивание, цифровые приводы, автоматическая смена паковок, роботизированное присучивание, автоматизированная транспортировка и цифровой мониторинг. Дальнейшее развитие связано с интеллектуальным контролем качества, предиктивной аналитикой, цифровыми двойниками и более автономной оптимизацией режимов. Результаты обзора могут использоваться при выборе направлений модернизации прядильных предприятий.

Список литературы

1. Dal Forno A.J., Bataglini W.V., Steffens F. de Souza A.A.U. Industry 4.0 in textile and apparel sector: a systematic literature review // Research Journal of Textile and Apparel. – 2023. – Т. 27, № 1. – P. 95–117. – DOI: 10.1108/RJTA-08-2021-0106.
2. Gamal A., Eltaib M.E.H., Dewidar M. Can computer vision and AI techniques impact the quality control system for textile yarns? (Review) // Discover Artificial Intelligence. – 2026. – Т. 6. – Art. 583. – P. 1–33. – DOI: 10.1007/s44163-026-01313-0.
3. Jabbar A., Tausif M. Industry 4.0 in staple yarn spinning industry // Developments in Yarn Spinning Technologies. – 2025. – P. 187–208. – DOI: 10.1016/B978-0-443-13887-4.00009-0.
4. Rieter Holding Ltd. Annual Report 2025: Vision 2027 – the fully automated spinning mill [Электронный ресурс]. – 2026. – P. 23–25. – 212 с. URL: <https://reports.rieter.com/2025/ar/en/automation> (дата обращения: 08.09.2026).
5. Rieter. Card C 81: High-performance card C 81 [Электронный ресурс]. – 2026. URL: <https://www.rieter.com/products/systems/fiber-preparation/card-c-81> (дата обращения: 05.09.2026).
6. Rieter. Competitive Advantage with Automated Piecing ROBOSpin [Электронный ресурс]. – 2024. URL: <https://www.rieter.com/company/news-and-success-stories/details/competitive-advantage-with-automated-piecing-robospin> (дата обращения: 05.09.2026).
7. Rieter. ESSENTIAL – Digital Spinning Mill Management System [Электронный ресурс]. – 2026. URL: <https://www.rieter.com/products/smart-spinning-mill/spinning-mill-digitization/essential> (дата обращения: 05.09.2026).
8. Rieter. Automation Solutions for Ring and Compact Spinning [Электронный ресурс]. – 2026. URL: <https://www.rieter.com/products/smart-spinning-mill/spinning-mill-automation/ring-and-compact-spinning-automation> (дата обращения: 05.09.2026).
9. Rieter. Spinning Mill Automation [Электронный ресурс]. – 2026. URL: <https://www.rieter.com/products/smart-spinning-mill/spinning-mill-automation> (дата обращения: 05.09.2026).
10. Rieter. VARIOLine ECOrized [Электронный ресурс]. – 2026. URL: <https://www.rieter.com/products/systems/fiber-preparation/varioline-ecorized> (дата обращения: 05.09.2026).
11. Saggiomo M., Wischnowski M., Simonis K., Gries T. Automation in production of yarns, woven, and knitted fabrics // Automation in Garment Manufacturing. – 2018. – P. 49–74. – DOI: 10.1016/B978-0-08-101211-6.00003-3.
12. Trützschler. Automatic Can Changer [Электронный ресурс]. – 2026. URL: <https://www.truetzschler.com/en/spinning/products/draw-frames/detailed-information/draw-frame-technology/automatic-can-changer/> (дата обращения: 05.09.2026).
13. Trützschler. AUTO DRAFT – Automatic optimisation of break draft [Электронный ресурс]. – 2026. URL: <https://www.truetzschler.com/en/spinning/products/draw-frames/detailed-information/draw-frame-variety/auto-draft/> (дата обращения: 05.09.2026).
14. Trützschler. Autoleveller Draw Frame TD 10 [Электронный ресурс]. – 2026. URL: <https://www.truetzschler.com/en/spinning/products/draw-frames/detailed-information/autoleveller-draw-frame-td-10/> (дата обращения: 05.09.2026).

15. Trützschler. Card TC 30i [Электронный ресурс]. – 2026. URL: <https://www.truetzschler.com/en/spinning/products/card/detailed-information/card-tc-30i/> (дата обращения: 05.09.2026).
16. Trützschler. My Mill. Cloud Based Mill Monitoring System [Электронный ресурс]. [truetzschler_spinning/downloads/broschuere/fact_sheets/Digital_FactSheet_My_Mill_EN.pdf](https://www.truetzschler.com/en/spinning/downloads/broschuere/fact_sheets/Digital_FactSheet_My_Mill_EN.pdf). URL: https://www.truetzschler.com/fileadmin/user_upload/ (дата обращения: 05.09.2026).
17. Trützschler. OPTI SET – Self-optimising to the perfect main drafting point [Электронный ресурс]. – 2026. URL: <https://www.truetzschler.com/en/spinning/products/draw-frames/detailed-information/draw-frame-variety/opti-set/> (дата обращения: 05.09.2026).
18. Trützschler. T-CAN – Automated Can Transport [Электронный ресурс]. – 2026. URL: <https://www.truetzschler.com/en/spinning/products/automation/t-can/> (дата обращения: 05.09.2026).

References

1. Dal Forno A.J., Bataglini W.V., Steffens F. de Souza A.A.U. Industry 4.0 in textile and apparel sector: a systematic literature review // Research Journal of Textile and Apparel. – 2023. – Vol. 27, No. 1. – P. 95–117. – DOI: 10.1108/RJTA-08-2021-0106.
2. Gamal A., Eltaib M.E.H., Dewidar M. Can computer vision and AI techniques impact the quality control system for textile yarns? (Review) // Discover Artificial Intelligence. – 2026. – Vol. 6. – Art. 583. – P. 1–33. – DOI: 10.1007/s44163-026-01313-0.
3. Jabbar A., Tausif M. Industry 4.0 in staple yarn spinning industry // Developments in Yarn Spinning Technologies. – 2025. – P. 187–208. – DOI: 10.1016/B978-0-443-13887-4.00009-0.
4. Rieter Holding Ltd. Annual Report 2025: Vision 2027 – the fully automated spinning mill [Electronic resource]. – 2026. – P. 23–25. – 212 с. – URL: <https://reports.rieter.com/2025/ar/en/automation> (дата обращения: 08.09.2026).
5. Rieter. Card C 81: High-performance card C 81 [Electronic resource]. – 2026. – URL: <https://www.rieter.com/products/systems/fiber-preparation/card-c-81> (дата обращения: 05.09.2026).
6. Rieter. Competitive Advantage with Automated Piecing ROBOspin [Electronic resource]. – 2024. – URL: <https://www.rieter.com/sustainability/sustainability-stories/details/competitive-advantage-with-automated-piecing-robospin> (дата обращения: 05.09.2026).
7. Rieter. ESSENTIAL – Digital Spinning Mill Management System [Electronic resource]. – 2026. – URL: <https://www.rieter.com/products/smart-spinning-mill/spinning-mill-digitization/essential> (дата обращения: 05.09.2026).
8. Rieter. Automation Solutions for Ring and Compact Spinning [Electronic resource]. – 2026. – URL: <https://www.rieter.com/products/smart-spinning-mill/spinning-mill-automation/ring-and-compact-spinning-automation> (дата обращения: 05.09.2026).
9. Rieter. Spinning Mill Automation [Electronic resource]. – 2026. – URL: <https://www.rieter.com/products/smart-spinning-mill/spinning-mill-automation> (дата обращения: 05.09.2026).
10. Rieter. VARIOline ECOrized [Electronic resource]. – 2026. – URL: <https://www.rieter.com/products/systems/fiber-preparation/varioline-ecorized> (дата обращения: 05.09.2026).

11. Saggiomo M., Wischnowski M., Simonis K., Gries T. Automation in production of yarns, woven, and knitted fabrics // Automation in Garment Manufacturing. – 2018. – P. 49–74. – DOI: 10.1016/B978-0-08-101211-6.00003-3.
12. Trützschler. Automatic Can Changer [Electronic resource]. – 2026. – URL: <https://www.truetzschler.com/en/spinning/products/draw-frames/detailed-information/draw-frame-technology/automatic-can-changer/> (дата обращения: 05.09.2026).
13. Trützschler. AUTO DRAFT – Automatic optimisation of break draft [Electronic resource]. – 2026. – URL: <https://www.truetzschler.com/en/spinning/products/draw-frames/detailed-information/draw-frame-variety/auto-draft/> (дата обращения: 05.09.2026).
14. Trützschler. Autoleveller Draw Frame TD 10 [Electronic resource]. – 2026. – URL: <https://www.truetzschler.com/en/spinning/products/draw-frames/detailed-information/autoleveller-draw-frame-td-10/> (дата обращения: 05.09.2026).
15. Trützschler. Card TC 30i [Electronic resource]. – 2026. – URL: <https://www.truetzschler.com/en/spinning/products/card/detailed-information/card-tc-30i/> (дата обращения: 05.09.2026).
16. Trützschler. My Mill. Cloud Based Mill Monitoring System [Electronic resource]. [truetzschler_spinning/downloads/broschuere/fact_sheets/Digital_FactSheet_My_Mill_EN.pdf](https://www.truetzschler.com/en/spinning/downloads/broschuere/fact_sheets/Digital_FactSheet_My_Mill_EN.pdf). – URL: https://www.truetzschler.com/fileadmin/user_upload/ (дата обращения: 05.09.2026).
17. Trützschler. OPTI SET – Self-optimising to the perfect main drafting point [Electronic resource]. – 2026. – URL: <https://www.truetzschler.com/en/spinning/products/draw-frames/detailed-information/draw-frame-variety/opti-set/> (дата обращения: 05.09.2026).
18. Trützschler. T-CAN – Automated Can Transport [Electronic resource]. – 2026. – URL: <https://www.truetzschler.com/en/spinning/products/automation/t-can/> (дата обращения: 05.09.2026).

Статья поступила в редакцию: 22.08.2026

Статья принята к публикации: 15.09.2026

Статья опубликована: 28.09.2026

УДК 638.2+66.047

DOI: 10.32743/UniTech.2026.150.9.23418

Исследование качественных и технологических показателей коконов тутового шелкопряда при различных способах первичной переработки

Самандаров Достон Ишмухаммат угли

PhD, доц.

Ташкентский государственный технический университет

Республика Узбекистан, г. Ташкент

E-mail: ishmuxammedovich@mail.ru

Study of the quality and technological characteristics of silkworm cocoons subjected to different primary processing methods

Samandarov Doston Ishmukhammat ugli

PhD

Ass. Prof., Tashkent State Technical University

Republic of Uzbekistan, Tashkent

Аннотация

В статье представлены результаты сравнительной оценки качественных и технологических свойств коконов тутового шелкопряда после применения различных способов первичной переработки. Цель исследования заключалась в определении наиболее эффективного режима обработки, обеспечивающего сохранение технологических характеристик коконного сырья и повышение его промышленной ценности. Экспериментальные исследования проведены на девяти группах образцов, подвергнутых различным видам физического воздействия, включая замораживание, микроволновую, инфракрасную, вакуумную, вибрационную и ультразвуковую обработку, а также их комбинированные варианты. Методика исследования основывалась на сравнительном анализе показателей качества в соответствии с требованиями действующих государственных стандартов. Оценка включала товарные и дефектные коконы, размерный состав, массу и шелконосность, линейную плотность и метрическое число шелковой нити, непрерывность размотки и выход шелковой продукции. Установлено, что наиболее высокие качественные и технологические показатели достигнуты при комбинированной обработке инфракрасным излучением при температуре 70 °С и ультразвуком частотой 40 кГц. Применение данного режима обеспечило максимальную долю товарных коконов и шелконосность, благоприятные

Библиографическое описание: Самандаров Д.И.У. Исследование качественных и технологических показателей коконов тутового шелкопряда при различных способах первичной переработки // Universum: технические науки : электрон. научн. журн. 2026. 9(150). URL: <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/23418>

показатели массы и технологических свойств шелковой нити, высокую непрерывность размотки и выход шелковой продукции. Результаты исследования свидетельствуют о перспективности комбинированной инфракрасно-ультразвуковой обработки как эффективного способа первичной переработки коконов тутового шелкопряда.

Abstract

The article presents the results of a comparative evaluation of the quality and technological properties of silkworm cocoons after the application of various primary processing methods. The aim of the study was to determine the most effective treatment regime that ensures the preservation of the technological characteristics of cocoon raw material and enhances its industrial value. Experimental studies were conducted on nine groups of samples subjected to different types of physical treatment, including freezing, microwave, infrared, vacuum, vibration, and ultrasonic treatments, as well as their combined variants. The research methodology was based on a comparative analysis of quality indicators in accordance with the requirements of applicable national standards. The evaluation included marketable and defective cocoons, size distribution, cocoon weight and silk content, linear density and metric count of the silk thread, reeling continuity, and silk product yield. The results showed that the highest quality and technological performance was achieved using combined infrared treatment at 70 °C and ultrasound at a frequency of 40 kHz. This treatment regime provided the highest proportion of marketable cocoons and silk content, favorable cocoon weight and technological properties of the silk thread, high reeling continuity, and silk product yield. The results demonstrate the potential of combined infrared–ultrasonic treatment as an effective method for the primary processing of silkworm cocoons.

Ключевые слова: кокон, куколка, тутовой шелкопряд, бабочка, первичная переработка, инфракрасная излучения, ультразвук, температура, влажность.

Keywords: cocoon, pupa, silkworm, butterfly, primary processing, infrared radiation, ultrasound, temperature, humidity.

Введение

Оценка качественных и технологических свойств коконов шелкопряда является важнейшим этапом в определении эффективности процессов первичной переработки [10, 4, 2]. Настоящее исследование основано на сравнительном анализе девяти образцов, полученных после различных видов обработки. Анализ охватывает шесть групп показателей, характеризующих коммерческое качество, размеры коконов, содержание шелка, свойства волокна, непрерывность размотки и выход шелковых продуктов. Такой подход позволяет выявить изменения, вызванные применяемыми методами обработки, и экспериментально определить технологический процесс, обеспечивающий наилучшее сохранение технологических характеристик коконов [8, 7].

Сравнительный анализ экспериментальных данных позволяет определить влияние различных методов обработки на качественные и технологические показатели, определяющие промышленную ценность коконов [9, 6, 5].

Материалы и методы

Оценка качественных и технологических показателей коконов тутового шелкопряда, подвергнутых различным методам первичной переработки, проводилась путем сравнительного анализа экспериментальных образцов. Методическая основа классификации и оценки коконов базировалась, прежде всего, на требованиях Межгосударственного стандарта ГОСТ 31256-2004 «Коконы тутового шелкопряда воздушно-сухие. Технические условия», применимых к коконам белых пород и гибридов после первичной обработки. Технологическая терминология, относящаяся к живым коконам, рассматривалась в соответствии с Межгосударственным стандартом ГОСТ 31257 «Коконы тутового шелкопряда живые. Технические условия» [1].

Испытания выполнялись в лабораторных условиях с соблюдением одинаковых условий проведения эксперимента. Температурные режимы, продолжительность обработки и технологические параметры соответствовали установленной программе испытаний. Количество коконов в каждой экспериментальной партии составляло 100 шт.

При переработке коконов тутового шелкопряда исследовались девять различных способов обработки:

1. Замораживание при температуре $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$;
2. Микроволновая обработка при мощности 700 Вт;
3. Обработка горячим воздухом при температуре $75\text{ }^{\circ}\text{C}$;
4. Комбинированная ИК вибрационная обработка при температуре $75\text{ }^{\circ}\text{C}$ и частоте вибрации 8,15 Гц;
5. ИК обработка при температуре $75\text{ }^{\circ}\text{C}$
6. Вакуумная обработка при остаточном давлении 130 Па
7. Комбинированная ИК и УЗ обработка при $70\text{ }^{\circ}\text{C}$ и 20 кГц;
8. Комбинированная ИК и УЗ обработка при $70\text{ }^{\circ}\text{C}$ и 30 кГц;
9. Комбинированная ИК и УЗ обработка при $70\text{ }^{\circ}\text{C}$ и 40 кГц.

Подготовка образцов. Для сравнительной оценки влияния различных физических воздействий на качественные и технологические показатели коконов были сформированы девять экспериментальных вариантов, различающихся режимами и параметрами обработки. Полученные образцы пронумеровали от №1 до №9 и подвергли комплексным лабораторным исследованиям по единой методике, обеспечивающей сопоставимость результатов и объективную оценку технологических свойств коконного сырья [3].

Результаты и обсуждения

Полученные результаты лабораторных исследований были систематизированы и подвергнуты сравнительному анализу. Основные качественные и технологические показатели исследованных образцов коконов подробно представлены в табл. 1–6.

В табл. 1 представлены результаты комплексной оценки качественных характеристик коконов по таким показателям, как сортовые, рубцовые, атласистые, пятнистые, остроконечные, тонкополюсные, тонкостенные коконы, двойники, а также другие виды дефектов.

Таблица 1.

Сравнительная оценка влияния различных методов первичной переработки на долю коконов товарного качества и дефектных коконов

№	Номер образца	Сортовые и дефектные коконы, %								
		сортовые	рубцовые	атласные	пятнистые	остроконечные	тонкоплюсые	тонкостенные	Двойник	Прочие
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	№ 1	57,84	5,88	1,96	19,62	3,92	3,92	5,88	3,92	-
2	№ 2	72,00	10,00	-	13,00	7,00	1,00	3,00	-	-
3	№ 3	61,00	6,00	-	13,00	3,00	4,00	4,00	1,00	-
4	№ 4	66,00	6,00	-	12,00	3,00	-	6,00	1,00	-
5	№ 5	65,69	3,00	-	15,00	5,00	3,00	-	1,00	-
6	№ 6	38,89	10,00	-	40,00	10,78	2,22	4,67	-	-
7	№ 7	67,00	2,00	-	9,82	7,00	3,00	20,00	0,98	-
8	№ 8	69,61	1,96	-	8,63	5,88	-	3,92	-	-
9	№ 9	73,00	4,90	-	7,00	2,22	1,96	2,94	-	-

Наилучшие качественные показатели установлены для образца №9: доля коммерчески жизнеспособных коконов достигла максимального значения – 73,00 %, доля коконов низкой плотности составила минимальные 7,00 %, остроконечных – 2,22 %, тонкостенных – 2,94 %. Атласистые коконы и коконы-двойники отсутствовали, что подтверждает высокую эффективность применённого режима первичной переработки и сохранение качества коконного сырья.

В табл. 2 представлены результаты анализа коконов по малому, среднему, крупному и особо крупному калибрам. Распределение коконов по калибру является важным технологическим показателем, характеризующим однородность сырья по размерам и позволяющим оценить влияние различных способов первичной переработки на сохранение геометрических параметров коконов.

Таблица 2.

Сравнительная оценка распределения размеров коконов

№	Номер образца	Калибр коконов, %			
		Мелкий (14-15 мм)	Средний (16-19мм)	Крупный (20-22 мм)	Особо крупный (23 мм и выше)
1	2	3	4	5	6
1	№ 1	-	84,75	15,25	-
2	№ 2	-	51,52	43,77	-
3	№ 3	-	76,12	23,38	-
4	№ 4	-	80,60	13,89	-
5	№ 5	-	86,11	19,40	-
6	№ 6	-	82,86	17,14	-
7	№ 7	-	71,23	35,21	-
8	№ 8	-	64,79	42,87	-
9	№ 9	-	72,13	48,48	-

Результаты калибровки показали отсутствие коконов малого и особо крупного калибра во всех исследованных образцах. Наиболее благоприятные показатели установлены для образца №9: доля коконов среднего калибра составила 72,13 %, а крупного – 48,48 %, являясь максимальной среди исследованных вариантов. Полученные результаты подтверждают сохранение размерных характеристик и технологической однородности коконов после первичной переработки.

В табл. 3 представлены результаты оценки основных технологических показателей коконов, включающих среднюю массу кокона и среднее содержание шелка. Данные параметры являются важными критериями технологической ценности коконного сырья, поскольку характеризуют его продуктивные свойства и потенциальный выход шелкового волокна при последующей переработке.

Таблица 3.

Сравнительная оценка массы и содержания шелка в коконах

№	Номер образца	Масса кокона, среднее значение, г,	Шелконосность, среднее значение, %
1	2	3	4
1	№ 1	0,536	53,54
2	№ 2	0,626	52,08
3	№ 3	0,557	55,14
4	№ 4	0,563	55,06
5	№ 5	0,519	55,88
6	№ 6	0,531	51,85
7	№ 7	0,585	55,16
8	№ 8	0,597	56,73
9	№ 9	0,622	58,19

Результаты анализа свидетельствуют о выраженном преимуществе образца №9. Его средняя масса составила 0,622 г, что является одним из наиболее высоких значений в экспериментальной серии и практически соответствует максимальному показателю образца №2 (0,626 г). При этом образец №9 характеризовался максимальным содержанием шелка – 58,19 %, превосходя по данному показателю все исследованные варианты.

В табл. 4 представлены результаты анализа линейной плотности шелковой нити, выраженной в тексах, и метрического числа – показателей, характеризующих технологические свойства нити, полученной из коконов, подвергнутых различным методам переработки.

Таблица 4.

Сравнительная оценка линейной плотности и количества нитей в метрической шкале шелка из коконов

№	Номер образца	Текс, среднее значение	№ метрический, среднее значение
1	2	3	4
1	№ 1	0,269	3717

№	Номер образца	Текс, среднее значение	№ метрический, среднее значение
2	№ 2	0,257	3757
3	№ 3	0,281	3559
4	№ 4	0,262	3817
5	№ 5	0,283	3534
6	№ 6	0,282	3546
7	№ 7	0,290	3448
8	№ 8	0,281	3559
9	№ 9	0,307	3891

Результаты показывают, что образец Образец №9 продемонстрировал наиболее высокие показатели: линейная плотность нити составила 0,307 текс, а метрическое число – 3891. Линейная плотность превысила показатель образца №7 (0,290 текс) примерно на 5,9 %, а метрическое число являлось максимальным среди всех вариантов. Полученные результаты свидетельствуют о сохранении благоприятных технологических характеристик коконной нити после первичной переработки. В табл. 5 представлены результаты анализа технологических показателей, таких как длина непрерывной намотки, общая длина шелковой нити и процент непрерывной намотки.

Таблица 5.

Сравнительная оценка длины непрерывной намотки и общей длины шелковой нити из коконов

№ п/п	Номер образца	Одиночная размотка, среднее значение		
		Непрерывно-разматываемая длина, м	Общая длина, м	В процентах
1	2	3	4	
1	№ 1	992	992	100 %
2	№ 2	900	900	100 %
3	№ 3	650	883	74 %
4	№ 4	633	825	77 %
5	№ 5	783	1050	75 %
6	№ 6	550	792	69 %
7	№ 7	725	825	87 %
8	№ 8	950	950	100 %
9	№ 9	967	967	100 %

Результаты показывают, что образец №9 характеризовался высокой длиной непрерывной намотки – 967 м, полностью совпадающей с общей длиной нити, что обеспечило 100 % непрерывность размотки. Аналогичный показатель отмечен только у образцов №1, №2 и №8. Полученные результаты свидетельствуют о высокой технологической целостности коконной нити и её устойчивости к обрывам при размотке.

В табл. 6 представлены результаты анализа по технологическим показателям, таким как выход сырого шелка, сырье коконов, остатки оболочки, общий выход шелковой продукции, куколки, растворимые вещества и удельный расход.

Таблица 6.**Сравнительная оценка выхода шелковой продукции из коконов**

№	Номер образца	Выход продукции, %						
		Шелк-сырец	Кокон-ный сдир	Оболочка одонка	Всего шелко-продук-тов	Куколка	Раствори-мые веще-ства	Удель-ный рас-ход
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	№ 1	37,74	4,72	1,42	43,88	43,86	12,26	2,7
2	№ 2	45,64	3,36	4,03	53,03	45,64	1,33	2,2
3	№ 3	41,08	5,41	2,70	49,19	47,57	3,24	2,4
4	№ 4	40,64	6,42	6,42	53,48	44,39	2,13	2,5
5	№ 5	43,20	2,43	9,22	54,85	37,86	7,29	2,3
6	№ 6	42,42	6,06	7,88	56,36	40,00	3,64	2,4
7	№ 7	34,85	6,57	3,54	44,96	43,94	11,10	2,9
8	№ 8	45,45	3,41	7,95	56,81	37,50	5,69	2,2
9	№ 9	38,19	8,04	7,07	53,27	41,70	5,03	2,6

Образец №9 характеризовался общим выходом шелковой продукции 53,27 %, в том числе выходом шелка-сырца 38,19 %. Следует отметить, что максимальный общий выход шелковой продукции установлен для образца №8 (56,81 %), а образец №6 также имел более высокий показатель (56,36 %). Кроме того, выход шелка-сырца у образца №9 был ниже, чем у образцов №2 (45,64 %) и №8 (45,45 %). Таким образом, преимущество образца №9 определяется не максимальным выходом шелковой продукции или шелка-сырца как отдельными показателями, а совокупностью его качественных и технологических характеристик, включая максимальную долю товарных коконов и шелконосность, высокие показатели массы кокона и свойств шелковой нити, а также 100 %-ную непрерывность размотки при длине нити 967 м.

Выводы

Сравнительный анализ девяти образцов по шести группам качественных и технологических показателей показал, что наиболее сбалансированным комплексом характеристик обладал образец №9, обработанный комбинированным воздействием ИК-излучения при 70 °С и ультразвука частотой 40 кГц. Доля товарных коконов составила 73,00 %, шелконосность – 58,19 %, средняя масса кокона – 0,622 г, линейная плотность нити – 0,307 текс, метрическое число – 3891. Длина непрерывно разматываемой нити достигла 967 м при 100 %-ной непрерывности размотки. Общий выход шелковой продукции составил 53,27 %, а выход шелка-сырца – 38,19 %, при этом максимальные значения данных показателей были получены для других экспериментальных вариантов. Следовательно, преимущество образца №9 обусловлено не максимальным выходом продукции по отдельному показателю, а совокупностью показателей товарного качества коконов,

шелконосности и технологических свойств шелковой нити. Полученные результаты позволяют рассматривать комбинированный режим ИК 70 °С + УЗ 40 кГц как наиболее рациональный среди исследованных вариантов по комплексу оцененных качественных и технологических характеристик.

Список литературы

1. Абдукадиров М.А. Исторический контекст и будущий потенциал шелко-водства в узбекистане // Современная биология и генетика. – 2025. – № 13.
2. Дадажонов Ш.Д., Каримов Р.Ж. Ў., Зокиров Г.Д. Подготовка крученых нитей из натурального шелка к дальнейшему использованию // Universum: технические науки. – 2023. – С. 16–20.
3. Сафаров Ж.Э. Султанова Ш.А. Фу Я. Усенов А.Б. Самандаров Д.И. Душанова Д.Д. Экспериментальное исследование сушки коконов тутового шелкопряда с использованием инфракрасного и ультразвукового воздействия // Universum: технические науки: электрон. научн. журн. – 2026.
4. Сафаров Ж.Э., Дадаев Г.Т., Эркинов Д.Д. У. Исследование первичной обработки коконов тутового шелкопряда // Universum: технические науки. – 2018. – С. 8–11.
5. Сафаров Ж.Э. и др. Исследование техники и технологии для морки и сушки коконов тутового шелкопряда // Universum: технические науки. – 2019. – С. 45–47.
6. Турдалиева М.М., Тургунбеков А.М. Ў. Исследование и анализ современного состояния коконопрядильных машин // Universum: технические науки. – 2025. – Т. 4. – С. 38–41.
7. Юматов Е.Н. Оценка новых источников белка насекомых в условиях Российской Федерации, как устойчивая альтернатива традиционным вариантам производства белоксодержащих продуктов // Сельское хозяйство. – 2019. – С. 1–24.
8. Bhat A., Sahaf K.A., Buhroo Z.I., Mir S.A. Effect of different stifling methods on cocoon quality parameters: A comparative study // Journal of Entomological Research. – 2025. – Т. 49, № 1.
9. Chen S.R., Chen J.Y., Mujumdar A.S. A preliminary study of steam drying of silkworm cocoons // Drying Technology. – 1992. – Т. 10, № 1.
10. Lee Y.W. Silk reeling and testing manual. – Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1999. – 130 P.(FAO Agricultural Services Bulletin; No. 136).

References

1. [Historical Context and Future Potential of Sericulture in Uzbekistan] // Sovremennaya biologiya i genetika. – 2025. – No. 13. (In Russ.)
2. Dadazhonov Sh.D., Karimov R.Zh. Ў., Zokirov G.D. Preparation of twisted threads from natural silk for further use // Universum: technical sciences. – 2023. – No. 4–4 (109). – P. 16–20.

3. [Sultanova Sh.A. Fu Ya. Usenov A.B. Samandarov D.I. Dushanova D.D. Experimental Investigation of Mulberry Silkworm Cocoon Drying Using Infrared and Ultrasonic Treatment] // *Universum: tekhnicheskie nauki: elektron. nauchn. zhurn.* – 2026. (In Russ.)
4. Safarov Zh.E., Dadaev G.T., Erkinov D.D.U. Study of primary processing of silkworm cocoons // *Universum: technical sciences.* – 2018. – No. 9 (54). – P. 8–11.
5. Safarov Zh.E. et al. Study of equipment and technology for drying and drying silkworm cocoons // *Universum: technical sciences.* – 2019. – No. 9 (66). – P. 45–47.
6. Turdialieva M.M., Turgunbekov A.M. Ў. Study and analysis of the current state of cocoon spinning machines // *Universum: technical sciences.* – 2025. – Vol. 4, No. 2 (131). – P. 38–41.
7. Yumatov E.N. Evaluation of new sources of insect protein in the conditions of the Russian Federation, as a sustainable alternative to traditional options for the production of protein-containing products // *Agriculture.* – 2019. – No. 1. – P. 1–24.
8. Bhat A., Sahaf K.A., Buhroo Z.I., Mir S.A. Effect of different stifling methods on cocoon quality parameters: A comparative study // *Journal of Entomological Research.* – 2025. – Vol. 49, No. 1.
9. Chen S.R., Chen J.Y., Mujumdar A.S. A preliminary study of steam drying of silkworm cocoons // *Drying Technology.* – 1992. – Vol. 10, No. 1.
10. Lee Y.W. Silk Reeling and Testing Manual. FAO Agricultural Services Bulletin No. 136. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1999.

Статья поступила в редакцию: 26.08.2026

Статья принята к публикации: 14.09.2026

Статья опубликована: 28.09.2026

УДК 677.021.1

DOI: 10.32743/UniTech.2026.150.9.23407

Оценка эффективности отделения сорных примесей в процессе очистки семян хлопчатника на основе вероятностно-статистического подхода

Турдиев Рахматулла Мухаммадали угли

преподаватель кафедры высшей математики

Наманганский государственный технический университет

Республика Узбекистан, г. Наманган

E-mail: rahmatulla.turdiyev.96@mail.ru

Акрамов Алишер Ашуралиевич

д-р техн. наук, проф.

Научно-исследовательский институт лубяных и других технических культур

Республика Узбекистан, г. Ташкент

Жуманиязов Кадам Жуманиязович

Научно-исследовательский институт лубяных и других технических культур

Республика Узбекистан, г. Ташкент

Assessment of the effectiveness of weed impurity separation in the process of cotton seed cleaning based on a probabilistic-statistical approach

Turdiyev Rakhmatulla Mukhammadali ugli

lecturer

Department of Higher Mathematics, Namangan State Technical University

Uzbekistan, Namangan

Akramov Alisher Ashuralievich

doctor of Technical Sciences, Professor

Research Institute of Bast and Other Industrial Crops

Uzbekistan, Tashkent

Zhumaniyazov Kadam Zhumaniyazovich

Research Institute of Bast and Other Industrial Crops

Uzbekistan, Tashkent

Аннотация

В статье представлено исследование вероятностно-статистического моделирования процесса очистки семян хлопчатника с учётом конструктивных параметров рабочих органов очистительного оборудования. Актуальность работы обусловлена необходимостью

Библиографическое описание: Турдиев Р.М.У., Акрамов А.А., Жуманиязов К.Ж. Оценка эффективности отделения сорных примесей в процессе очистки семян хлопчатника на основе вероятностно-статистического подхода // Universum: технические науки : электрон. научн. журн. 2026. 9(150). URL: <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/23407>

повышения эффективности очистки при воздействии комплекса случайных факторов, определяющих отделение примесей на отдельных элементах технологической системы. Цель исследования заключается в разработке количественной оценки эффективности очистки в зависимости от расстояния между планками, угла их наклона и количества последовательно расположенных элементов, а также в определении вероятности прохождения мелких частиц примесей через сетчатую поверхность. В качестве методической основы использован вероятностно-статистический подход Севастьянова, рассматривающий процесс очистки как последовательность независимых вероятностных событий. Проведён анализ влияния конструктивных параметров на общую эффективность отделения примесей и выполнена оценка вероятности прохождения частиц через отверстия сетчатой поверхности с применением теории геометрических вероятностей. Установлено, что уменьшение расстояния между планками и увеличение угла их наклона способствуют росту эффективности очистки, а увеличение числа последовательных элементов позволяет приблизить результат к максимальному значению. Определено влияние соотношения диаметра отверстия и размера частицы на вероятность её прохождения через сетчатую поверхность. Полученные результаты могут быть использованы при проектировании и оптимизации оборудования для очистки семян хлопчатника.

Abstract

The article presents a study of probabilistic and statistical modeling of the cotton seed cleaning process considering the design parameters of the working elements of cleaning equipment. The relevance of the research is determined by the need to improve cleaning efficiency under the influence of multiple random factors affecting impurity separation at individual stages of the technological process. The aim of the study is to develop a quantitative assessment of cleaning efficiency depending on the distance between bars, their inclination angle, and the number of sequential elements, as well as to determine the probability of small impurity particles passing through the mesh surface. The methodological basis of the research is the probabilistic and statistical approach proposed by Sevastyanov, which considers the cleaning process as a sequence of independent probabilistic events. The influence of structural parameters on the overall efficiency of impurity separation was analyzed, and the probability of particle passage through mesh openings was evaluated using the theory of geometric probability. It was established that reducing the distance between bars and increasing their inclination angle lead to an increase in cleaning efficiency, while increasing the number of sequential elements allows the efficiency to approach the maximum level. The effect of the ratio between mesh opening diameter and impurity particle size on the probability of particle passage was determined. The obtained results can be applied for the design and optimization of cotton seed cleaning equipment.

Ключевые слова: вероятностно-статистический подход, эффективность очистки, сетчатая поверхность, геометрическая вероятность, планка, очистка семян хлопчатника.

Keywords: probabilistic-statistical approach, cleaning efficiency, mesh surface, geometric probability, bar, cotton seed cleaning.

Введение

При оценке качественных показателей процесса очистки семян хлопчатника недостаточно только теоретического анализа кинематики движения [3; 4]. Необходимо также применение вероятностно-статистических моделей, позволяющих количественно оценивать эффективность очистки. В связи с многоступенчатым и случайным характером технологического процесса отделение частиц примесей на каждой отдельной планке целесообразно рассматривать как самостоятельное вероятностное событие, а общую эффективность определять с учётом последовательного воздействия этих событий [9; 5].

В данном направлении особое значение имеет вероятностно-статистический метод, предложенный Севастьяновым, который позволяет рассматривать технологический процесс как цепь последовательных вероятностных событий, не зависящих друг от друга. Однако применение данного метода к конструктивным параметрам машины для очистки семян хлопчатника — углу наклона планок, расстоянию между ними и их количеству, а также оценка вероятности прохождения мелких частиц примесей через сетчатую поверхность требуют отдельного исследования [2; 6; 8].

Цель исследования заключается в моделировании общей эффективности процесса очистки семян хлопчатника в зависимости от конструктивных параметров на основе метода Севастьянова, а также в оценке вероятности прохождения мелких частиц примесей через отверстия сетчатой поверхности с использованием теории геометрических вероятностей.

Материалы и методы

Согласно вероятностно-статистическому методу, предложенному Севастьяновым, технологический процесс рассматривается как цепь последовательных вероятностных событий, не зависящих друг от друга. Вероятность того, что примесь не отделится перед каждой планкой и пройдёт через неё, характеризуется величиной p . При последовательном прохождении z планок общая эффективность очистки определяется соответствующей вероятностной зависимостью [1].

Элементарная вероятность p для одной планки рассматривается как геометрическая и кинематическая функция расстояния между планками L (мм) и угла установки планки α . Чем меньше расстояние перемещения и чем больше составляющая центробежной силы, перпендикулярная плоскости планки, тем выше вероятность отделения примесей.

Постоянный коэффициент A зависит от рабочей геометрии планки и условий скольжения. Его значение определяется на основании экспериментальных результатов: $\alpha = 45^\circ$, $L = 100$ мм, $\eta = 70,9\%$, $p \approx 18,6\%$ для 6 рядов.

С целью установления зависимости эффективности очистки от расстояния между планками L и угла их наклона α выражение (2) подставляется в выражение (1):

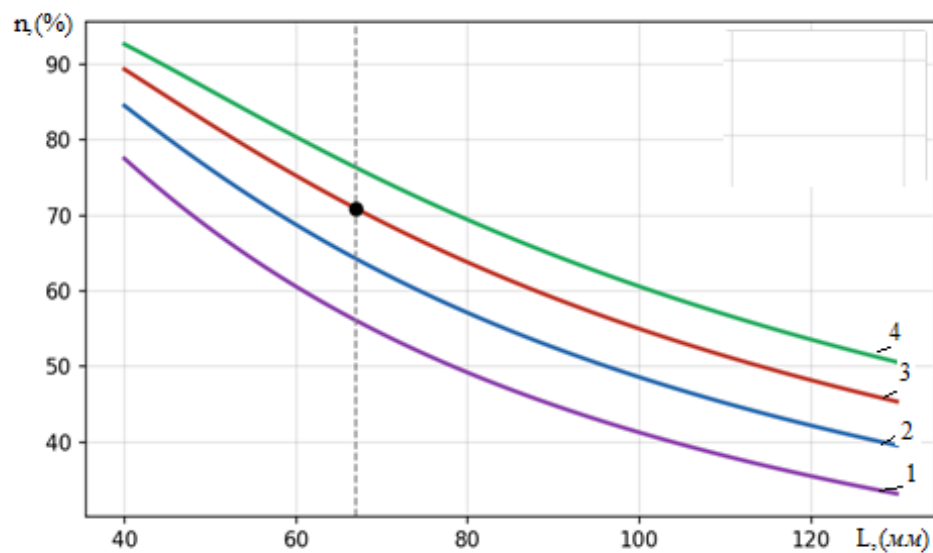


Рисунок 1. Схема изменения эффективности очистки в зависимости от расстояния между планками L при количестве планок $n=4, n=5, n=6, n=7$

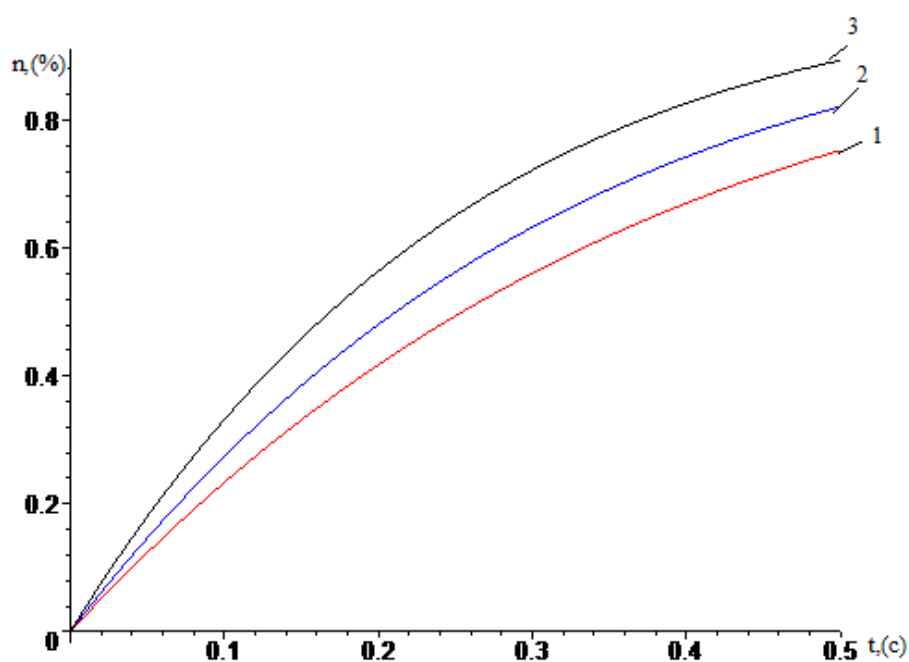


Рисунок 2. Схема изменения эффективности очистки во времени при углах наклона планок $\alpha=60^\circ, \alpha=45^\circ, \alpha=30^\circ$

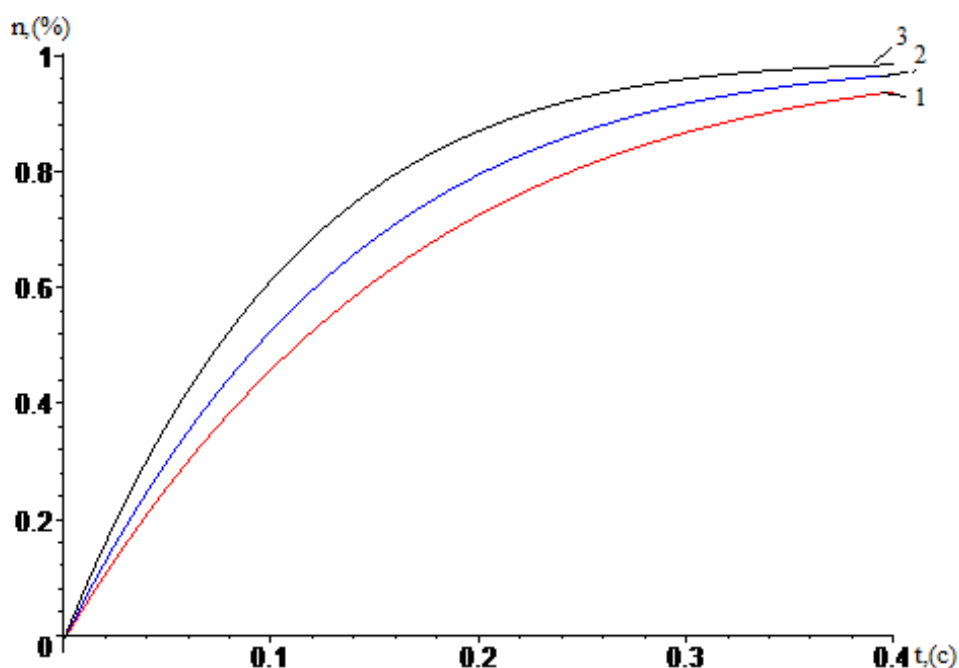


Рисунок 3. Схема изменения эффективности очистки во времени при шагах между планками $Z=300$ мм, $Z=400$ мм, $Z=500$ мм

Результаты и обсуждение

Модель показывает, что при уменьшении расстояния между планками L , то есть при более плотном их расположении, вероятность отделения примеси на одной планке увеличивается, вследствие чего возрастает и общая эффективность очистки. С увеличением угла наклона α эффективность последовательно повышается за счёт увеличения значения $\sin \alpha$. При увеличении количества планок (рядов) эффективность асимптотически приближается к 100 %. Это свидетельствует о том, что после определённого количества рядов дальнейшее увеличение числа планок может быть экономически нецелесообразным.

В оборудовании для очистки семян хлопчатника мелкие частицы примесей, отделяемые посредством сетчатой поверхности, проходят через её отверстия и удаляются из потока семян вниз. Если условно принять частицу примеси за шар диаметром d , а отверстие сетки — за окружность диаметром a , то на основе вероятности случайного расположения центра частицы внутри отверстия вероятность прохождения частицы через одно отверстие может быть определена с использованием теории геометрических вероятностей [3, 2].

Таблица 1.

Расчётные значения для различных размеров отверстий ($a=6; 8; 10; 12$ мм) и диаметров частиц примесей ($d=1...6$ мм) представлены в таблице 1

a , мм	d , мм	P , %
6	1	69.44
6	2	44.44
6	3	25.00
6	4	11.11
6	5	2.78

a, мм	d, мм	P, %
6	6	0.00
8	1	76.56
8	2	56.25
8	3	39.06
8	4	25.00
8	5	14.06
8	6	6.25
10	1	81.00
10	2	64.00
10	3	49.00
10	4	36.00
10	5	25.00
10	6	16.00
12	1	84.03
12	2	69.44
12	3	56.25
12	4	44.44
12	5	34.03
12	6	25.00

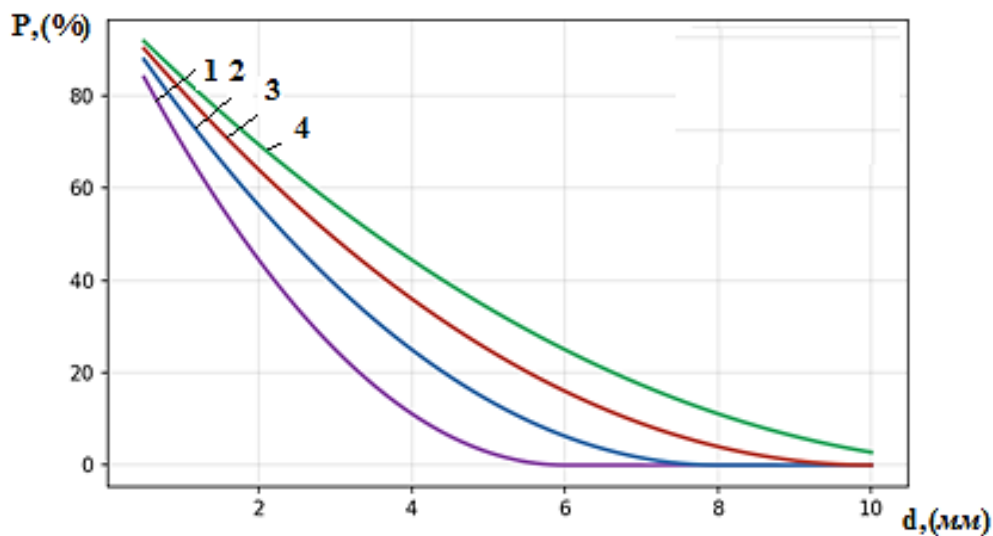


Рисунок 4. Зависимость вероятности прохождения частиц примесей через отверстия сетчатой поверхности от диаметра примеси при диаметрах отверстий $a=6 \text{ мм}$, $a=8 \text{ мм}$, $a=10 \text{ мм}$, $a=12 \text{ мм}$

При движении потока семян хлопчатника по сетчатой поверхности частица примеси получает возможность пройти над несколькими отверстиями, то есть имеет n попыток. В этом случае общая вероятность выпадения примеси определяется с учётом количества таких возможностей.

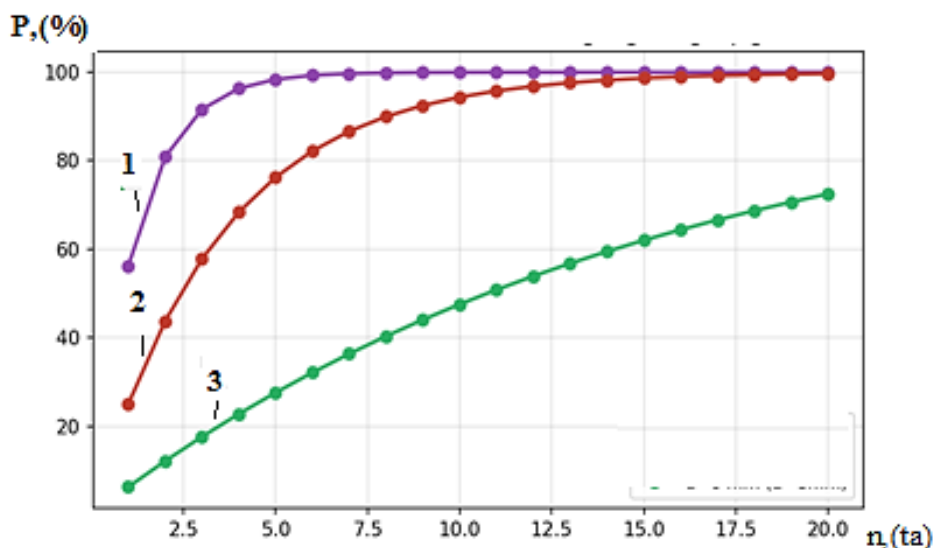


Рисунок 5. Зависимость вероятности прохождения частиц примесей через отверстия сетчатой поверхности от количества возможностей n при диаметрах отверстий $d=8$ мм, $d=6$ мм, $d=4$ мм

По мере приближения размера отверстия a к диаметру частицы примеси d вероятность её прохождения резко уменьшается. Например, при $a=8$ мм для частицы диаметром $d=2$ мм вероятность прохождения составляет $P=56$ %, тогда как для частицы диаметром $d=6$ мм она составляет всего 6 %.

Заключение

В результате проведённого вероятностно-статистического анализа установлено, что модель, построенная на основе метода Севастьянова, позволяет количественно выражать зависимость эффективности очистки от расстояния между планками L , угла их наклона α и количества планок.

При более плотном расположении планок (уменьшении L) и увеличении угла наклона α общая эффективность очистки последовательно возрастает.

Вероятность прохождения мелких частиц примесей через отверстия сетчатой поверхности зависит от соотношения размера отверстия a и диаметра частицы примеси d , а также от количества «попыток» n , которые частица получает при движении по сетчатой поверхности. Длина сетчатой поверхности является одним из определяющих факторов эффективности отделения мелких примесей.

Полученные результаты имеют практическое значение при проектировании рабочих органов оборудования для очистки семян хлопчатника, оснащённых планками и сетчатыми поверхностями, поскольку позволяют предварительно прогнозировать эффективность очистки и осуществлять научно обоснованный выбор их конструктивных параметров.

Список литературы

1. Антонов В.И. Теоретическая механика (динамика). – Москва: МИСИ-МГСУ; «Интермедиадор». – 2017. – 21 с.

2. Ахмедов А.Н., Абдурахимов С.А. Технология получения рафинированного отбеленного форпрессового масла из низкосортных семян хлопчатника // Пищевая промышленность. – 2020. – № 6. – С. 23–26.
3. Жамолов А.С., Мурадов Р.М. Эффективные способы очистки хлопка от мелкого сора // Universum: технические науки. – 2020. – № 5–2 (74). – С. 10–14.
4. Ильхамджанов П.И., Салижанов Д.Т., Абдурахимов А.А. Линейные размеры семян тонковолокнистого хлопчатника // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. – 1991. – № 4–6. – С. 81–82.
5. Мехомонов И.И. Технология обработки семян хлопчатника и изучение качества статистическими методами // Молодой учёный. – 2016. – Т. 10.
6. Расулов Р.Х., Эрдонов А.М. Очистка хлопка с помощью виброочистки // Universum: технические науки. – 2022. – С. 39–42.
7. Рашидов Т.Р. и др. Основы теоретической механики: учеб. пособие. – Т.: Ўқитувчи, 1991.
8. Сарбаров Х.Н., Джуманиязов К. Исследование влияния загрязнения семян хлопчатника на качество ворса // Экономика и социум. – 2024. – № 10–1 (125). – С. 816–820.
9. Турсунов З.Р.У. и др. Анализ существующих очистителей хлопковых семян на хлопкоочистительных предприятиях // Universum: технические науки. – 2023. – № 10–4 (115). – С. 11–17.
10. Федорова Л.А., Агапова Л.А. Теоретическая механика. – Санкт. – Петербург: ИХБТ, НИУ ИТМО, 2004.

References

1. Antonov V.I. Theoretical Mechanics (Dynamics). – Moscow: MISI-MGSU; «Intermediator». – 2017.
2. Rashidov T.R. et al. Fundamentals of Theoretical Mechanics: A Tutorial. – Т.: Ўқитувчи, 1991.
3. Fedorova L.A., Agapova L.A. Theoretical Mechanics. – St. Petersburg: IKBTU, NRU ITMO, 2004.
4. Tursunov Z.R.U. et al. Analysis of Existing Cotton Seed Cleaners at Cotton Ginning Enterprises // Universum: Technical Sciences. – 2023. – No. 10–4 (115). – P. 11–17.
5. Akhmedov A.N., Abdurakhimov S.A. Technology of obtaining refined bleached forepress oil from low-grade cotton seeds // Food industry. – 2020. – No. 6. – P. 23–26.
6. Mekhomonov I.I. Technology of processing cotton seeds and studying quality by statistical methods // Young scientist. – 2016. – Vol. 10.
7. Rasulov R.Kh., Erdonov A.M. Cotton cleaning using vibration cleaning // Universum: technical sciences. – 2022. – No. 7–2 (100). – P. 39–42.
8. Ilkhamdzhanov P.I., Salizhanov D.T., Abdurakhimov A.A. Linear dimensions of fine-fiber cotton seeds // News of higher educational institutions. Food technology. – 1991. – No. 4–6. – P. 81–82.

-
9. Zhamolov A.S., Muradov R.M. Effective methods for cleaning cotton from small debris // *Universum: technical sciences*. – 2020. – No. 5–2 (74). – P. 10–14.
 10. Sarbarov Kh.N., Dzhumaniyazov K. Study of the effect of cotton seed contamination on lint quality // *Economy and Society*. – 2024. – No. 10–1 (125). – P. 816–820.

Статья поступила в редакцию: 05.09.2026

Статья принята к публикации: 20.09.2026

Статья опубликована: 28.09.2026

УДК 677.075+536.2

**Методология формирования пакетов из текстильных материалов и
экспериментальное исследование их термофизических и
физическо-механических свойств**

Юнусходжаева Нилуфар Дониёровна

ассистент кафедры дизайн

Наманганский государственный технический университет

Республика Узбекистан, г. Наманган

E-mail: lotos.nilufar1988@mail.ru

Миртолипова Наргиза Хасанходжаевна

д-р PhD, доц.

кафедра Мода и дизайн, Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности

Республика Узбекистан, г. Ташкент

Юнусходжаева Хайринисо Маллаевна

д-р PhD, проф.

кафедра Мода и дизайн, Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности

Республика Узбекистан, г. Ташкент

Ташпулатов Салих Шукурович

д-р. техн. наук, проф.

кафедра Мода и дизайн, Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности

Республика Узбекистан, г. Ташкент

E-mail: ssht61@mail.ru

Библиографическое описание: Методология формирования пакетов из текстильных материалов и экспериментальное исследование их термофизических и физическо-механических свойств // Universum: технические науки : электрон. научн. журн. Юнусходжаева Н.Д. [и др.]. 2026. 9(150). URL: <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/23441>

Methodology for forming bags from textile materials and an experimental study of their thermophysical and physical-mechanical properties

Yunuskhodjaeva Nilufar

Assistant

Design Department, Namangan State Technical University

Uzbekistan, Namangan

Mirtolipova Nargiza

PhD, Associate Professor

Fashion and Design Department, Tashkent Institute of Textile and Light Industry

Uzbekistan, Tashkent

Yunuskhodjaeva Khairiniso

PhD, Professor

Fashion and Design Department, Tashkent Institute of Textile and Light Industry

Uzbekistan, Tashkent

Tashpulatov Salikh

Dr. Tech. Sc, Professor

Department of Fashion and Design, Tashkent Institute of Textile and Light Industry

Uzbekistan, Tashkent

Аннотация

В статье освещены вопросы формирования многослойных текстильных пакетов для женской теплозащитной одежды, выбора их компонентов, а также методика экспериментального определения их физико-механических и теплофизических свойств. В качестве объектов исследования были выбраны теплозащитные пакеты, состоящие из внешнего слоя на основе 100 % полиэстеровой плащевой ткани и различных наполнителей: синтепона, хлопковой ваты, шерсти, верблюжьей шерсти и других материалов. При формировании конструкции пакетов применялись стежка, декоративные принты и машинные строчки различной ширины. В ходе исследований были изучены такие показатели, как толщина пакетов, поверхностная плотность, теплозащитная способность, воздухопроницаемость, влажность, разрывная нагрузка, относительное удлинение при разрыве, износостойкость и водонепроницаемость. Для оценки тепловых свойств была обоснована методика использования экспериментальной установки, работающей в режиме регулярного теплового обмена в воздушной среде, наряду с методом сравнения на приборе AW-2. При математическом описании процессов теплопередачи использовались закон Фурье и понятие эквивалентного коэффициента теплопроводности для многослойных систем. Анализ экспериментальных данных показал, что тип наполнителя, толщина пакета, воздухопроницаемость, влажность и механизм формирования конструкции взаимосвязанно влияют на теплозащитные свойства. Результаты исследования демонстрируют возможность создания импортозамещающих теплозащитных пакетов на основе использования имеющегося в регионе природного и местного сырья.

Abstract

This article examines the formation of multilayer textile bags for women's thermal protective clothing, the selection of their components, and a methodology for experimentally determining their physical, mechanical, and thermal properties. The study subjects were thermal bags consisting of an outer layer made of 100 % polyester raincoat fabric and various fillers, including synthetic padding,

cotton wadding, wool, camel hair, and other materials. Stitching, decorative prints, and machine stitches of varying widths were used to construct the bags. The study examined such parameters as bag thickness, surface density, thermal insulation capacity, air permeability, moisture content, breaking load, relative elongation at break, wear resistance, and water resistance. To evaluate the thermal properties, a methodology was developed for using an experimental setup operating in a regular heat exchange mode in an air environment, along with a comparison method using an AW-2 device. Fourier's law and the concept of equivalent thermal conductivity for multilayer systems were used to mathematically describe heat transfer processes. Analysis of experimental data showed that the filler type, package thickness, air permeability, humidity, and the structure formation mechanism all interrelatedly affect thermal insulation properties. The study's results demonstrate the feasibility of creating import-substituting thermal insulation packages using locally available natural and locally available raw materials.

Ключевые слова: теплозащитная одежда, текстильный пакет, наполнитель, синтепон, хлопковая вата, шерсть, теплопроводность, тепловое сопротивление, воздухопроницаемость, влажность, закон Фурье, многослойный материал.

Keywords: thermal protective clothing, textile package, filler, synthetic padding, cotton wadding, wool, thermal conductivity, thermal resistance, air permeability, humidity, Fourier law, multilayer material.

Введение

При разработке конструкций современной одежды управление тепло- и влагообменом между организмом человека и внешней средой является одной из важнейших научно-практических задач. Одежда ограничивает передачу тепла, выделяемого телом человека, в окружающую среду, но при этом должна обеспечивать возможность отвода избыточной влаги и тепла. По этой причине комплексная оценка теплофизических, гигиенических и механических свойств материалов одежды считается одним из основных условий проектирования функциональных изделий [1, 2, 4–6, 11–13, 24].

Тепловые свойства текстильных материалов зависят не только от химического состава волокон. Толщина, пористость, поверхностная плотность материала, расположение волокон, объем воздуха между слоями, влажность и способ конструктивного формирования оказывают существенное влияние на процесс теплопередачи. В современных исследованиях термические свойства текстильных материалов рассматриваются как сложная пористая композитная система, состоящая из волокон, воздуха и влаги. В частности, воздух, удерживаемый в пористых структурах, является одним из важных факторов, снижающих теплопередачу [13, 3, 7–9].

В текстильных материалах теплопередача происходит преимущественно за счет совокупности механизмов теплопроводности, конвекции и излучения. В пористых волокнистых материалах значительная часть теплового потока передается через твердую составляющую материала и воздух, находящийся в порах. В современных научных обзорах диаметр волокон, пористость, толщина материала, структура переплетения и скорость воздушного потока отмечаются как основные структурные и внешние факторы, определяющие процесс теплопередачи [2, 6, 9].

В теплозащитной одежде этот вопрос усложняется, так как она состоит не из однослойной ткани, а из многослойного пакета, включающего внешнюю оболочку, наполнитель, подкладку и конструктивные элементы. Общие термические свойства такого пакета зависят не только от характеристик отдельных слоев, но и от порядка их расположения и способа соединения.

Цель данной работы является определение теплофизических, физико-механических и гигиенических свойств теплозащитных текстильных пакетов, изготовленных на основе различных наполнителей и механизмов конструктивного формирования, а также в обосновании оптимального состава пакета для женской одежды, предназначенной для изготовления швейных изделий для холодных климатических условий.

В качестве объекта исследования были выбраны текстильные материалы и сформированные из них многослойные пакеты, предназначенные для использования в теплозащитной одежде. В качестве внешнего слоя пакета была выбрана плащевая ткань из 100 % полиэстера. Выбор данного материала обусловлен его относительно высокой механической прочностью, устойчивостью к воздействию внешней среды, способностью сохранять форму, а также пригодностью для использования в качестве внешней оболочки теплозащитной одежды.

Для достижения поставленной цели были определены следующие задачи:

- 1) выбор тканей для оболочки и наполнителей, пригодных для использования в составе теплозащитных пакетов;
- 2) изучение влияния различных видов швов и декоративных технологий на формирование пакетов;
- 3) определение толщины и поверхностной плотности пакетов;
- 4) определение показателей трибологических, теплозащитных свойств, воздухопроницаемости и гигроскопичности, сравнительный анализ результатов экспериментальных исследований и выбор оптимальных пакетов материалов для теплозащитной одежды на основе полученных результатов.

Материалы и методы исследования

Исследование включало в себя на выбор компонентов для формирования теплозащитного пакета, а именно синтепон, материалы на хлопковой основе, овечья и верблюжья шерсть и их комбинации. При выборе наполнителя учитывались следующие критерии: теплозащитная способность; толщина и объемная структура; масса; гигроскопичность (влагопоглощение); воздухопроницаемость; устойчивость к сжатию и деформации; восстанавливаемость формы; доступность в качестве местного сырья.

Экспериментальные исследования проводились в лабораторных условиях «SenTexUz» при Ташкентском институте текстильной и легкой промышленности на основе соответствующих стандартных методов [14–23].

Для проведения экспериментальных исследований были подготовлены образцы на основе пяти различных вариантов наполнителей и трех механизмов формирования конструкции (табл. 1).

Таблица 1.

Варианты наполнителей, использованных для формирования теплозащитного пакета в системе «тканевая оболочка+наполнитель»

№	Верхний слой пакета	Наполнитель	Механизм формирования конструкции
1	100% полиэстер (плащевая ткань)	Синтепон	Декоративная стежка-вышивка шириной 0,7–1,0 см
2	100% полиэстер (плащевая ткань)	Шерстин	Принт и машинная стежка
3	100% полиэстер (плащевая ткань)	Синтепон + верблюжья шерсть	Машинная стежка шириной 4,0 см
4	100% полиэстер (плащевая ткань)	Синтепон + овечья шерсть	Машинная стежка шириной 10,0 см
5	100% полиэстер (плащевая ткань)	Синтепон	Машинная стежка шириной 7,0 см

Были приняты три основных варианта механизма формирования конструкции пакета (рисунок 1):

- а) вышивка в виде декоративных геометрических фигур;
- б) нанесение декоративного элемента в виде принта с последующим закреплением строчкой;
- в) формирование слоев пакета с помощью машинных строчек на заданном расстоянии.

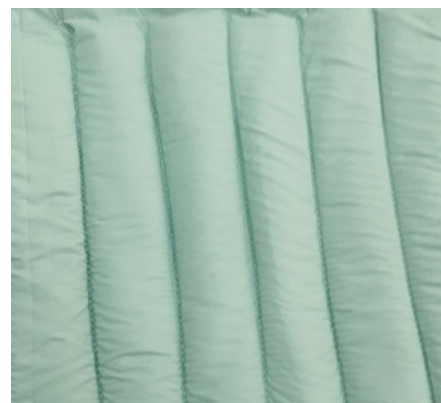
**а****б****в**

Рисунок 1. Виды формирования теплозащитных пакетов: а) вышивкой в виде декоративной геометрической формы; б) с использованием техники печатания декоративного элемента в виде орнамента (принта) и чеков; в) с применением стержней для формирования структуры слоев пакета

Основная цель такого подхода заключалась в определении влияния строчек не только на эстетические, но и на теплофизические свойства.

Результаты и обсуждения

При выборе внешней оболочки на основе этих показателей необходимо учитывать не только водостойкость и механическую прочность, но и массу материала.

Использование очень плотного и тяжелого материала для теплоизоляции может увеличить общую массу одежды. Поэтому для конструкции должен быть обеспечен баланс «минимальной массы – достаточной прочности – высокой термической эффективности».

В результате проведенного исследования выявлены (таблица 2), что для оболочки формируемого пакета выбрана ткань с содержанием волокна 100 % ПЭ с водонепроницаемой обработкой, где показатель воздухопроницаемости меньше, а прочность крашения сухому трению больше по сравнению с другими вариантами.

Таблица 2.

Показатели тканей, применяемых в качестве оболочки в теплоизоляционных упаковках

Показатели		Водонепроницаемая обработка	Однослойное пленочное покрытие	Однослойное пленочное покрытие	Однослойное пленочное покрытие	Без покрытия	ГОСТ 28 486-90
Содержание волокна		100% ПЭ	100% ПЭ	100% ПЭ	100% ПЭ	50% ПЭ + 50% хлопок	
Поверхностная плотность, гр./м ²		150	150	130	180	195	не менее 45
Разрывная нагрузка, Н:	по основе:	52	55	52	55	40	не менее 30
	по утку:	41	40	38	46	52	не менее 30
Истирание, цикл		более 20000	более 20000	более 20000	более 20000		
Воздухопроницаемость, см ³ / (см ² ·с)		2,22	2,70	5,67	4,62	3,27	1,99
Изменение размеров после влажной обработки, %, не более:	по основе	-1	0	0	0	0	3,0
	по утку	0	0	0	0	0	2,0
Прочность крашения	по сухому	5	4	4	4	4	3 балла, обычный «ОК»
	по мокрому	4	4	4	4	4	

По данным таблицы 3, образец пакета из синтепона сравнительно легкий с массой 42,31 гр., а показатель теплоизоляции зафиксирован в интервале 74,0 – 74,6 %. В холлафайбере сохранение тепла составило 73,9 – 74,2 %.

Таблица 3.

Физико-механические показатели пакетов теплоизоляционной женской одежды

Наименование показателя	Холла-файбер	Ватин, шерсть	Хлопок, вата	Синтети-ческий ватин	Ватин 1	Ватин 2	Синтепон
Толщина, мм	3,5	2,1	1,8	2,55	2,6	1,8	2,0
Масса, гр. (30×30 см)	42,38	48,72	58,23	53,45	56,60	58,88	42,31
Удержание тепла, %	74,2	75,2	72,0	72,5	73,8	73,1	74,6
Влажность наполнителя, %	0,96	9,5	10,01	3,21	1,69	1,53	1,04
Воздухопроницаемость, см ³ /(см ² ·с)	2,22	2,70	5,67	4,62	3,27	1,99	2,19

Хотя теплоизоляция хлопка, ваты наполнителя составляет 71,6 – 72,0 %, его влажность достигла 10,01 %. Это показывает, что природные волокнистые компоненты обладают высокой способностью поглощать влагу.

Удержание тепла в ватине и шерсти достигло 73,5 – 75,2 %. Однако влажность составляет 9,5 %, что указывает на необходимость учета влияния влажности на термические свойства в условиях эксплуатации.

Воздухопроницаемость синтетического ватина составляет 4,62 см³/(см²·с), что выше, чем у синтепона. Для холодной одежды повышенный воздухообмен может усилить потерю тепла. Однако очень низкая воздухопроницаемость может привести к накоплению влаги в микроклимате под одеждой. Поэтому требуется комплексная оценка оптимальной стоимости.

При формировании тепловых свойств текстильных материалов особое значение имеет воздух, удерживаемый между волокнами. Научные исследования показывают, что наличие пористости и воздушных прослоек в волокнистых материалах играет важную роль в ограничении теплового потока [10, 18].

Поэтому в исследовании внимание уделялось не только волокнистому составу наполнителя, но и его расположению внутри пакета, а также степени сжатия в местах простегивания.

Конструктивные швы приводят к локальному сжатию наполнителя. В результате сжатия в определенных местах уменьшается воздушная прослойка, что может изменить локальное тепловое сопротивление материала. По этой причине ширина и расположение строчек рассматривались как одни из факторов, определяющих общую термическую эффективность теплозащитного пакета.

Заключение

Таким образом, на основе проведенных исследований может быть сделаны следующие научно-практические выводы: при выборе пакетов материалов для теплоизоляционной одежды необходимо комплексно оценивать не только показатели теплозащиты, но и такие показатели, как толщина, масса, воздухопроницаемость, влажность, механическая прочность, устойчивость к трению и непроницаемость; тепловые свойства теплоизоляционного пакета зависят не только от его волокнистого состава, толщины и пористой структуры, но и от механизма конструктивного формирования. Расположение и ширина швов могут повлиять на

локальное тепловое сопротивление пакета, изменяя степень сжатия наполнителя; по данным эксперимента, образец синтепона является одним из легких вариантов с массой 42,31 г, а показатель теплового удержания зафиксирован в диапазоне 74,0 – 74,6 %. Этот показатель позволяет рассматривать его как один из наиболее перспективных вариантов наполнителей для теплоизоляции; комбинации ватина с шерстью и синтепоном, и натуральной шерстью показывают перспективные результаты с точки зрения сохранения тепла. Однако высокая влажность естественных волокон требует особого изучения их тепловых свойств во влажных условиях; достижение до 10,01 % стоимости влаги в хлопково-бумажном наполнителе свидетельствует о необходимости учета гигроскопических свойств натуральных волокнистых материалов. Повышение влажности может изменить механизм передачи тепла; высокая или низкая воздухопроницаемость не должна самостоятельно оцениваться как «хороший» или «плохой» показатель. Для одежды в холодную погоду оптимальным должен быть баланс между сохранением тепла и выделением влаги в микроклимате одежды; важна и механическая прочность теплоизоляционных пакетов, внешняя оболочка и швы должны обеспечивать эксплуатационную устойчивость пакета. Поэтому термические и механические показатели должны оцениваться совместно; перспективным направлением для создания импортозамещающих теплоизоляционных пакетов является использование местного сырья, в том числе хлопка, шерсти и их комбинаций с синтетическими наполнителями; на основе результатов исследования на следующем этапе целесообразно математическое моделирование рационального состава теплоизоляционных пакетов, создание универсальной регрессионной модели и проведение натурных испытаний готовой одежды.

Список литературы

1. Кокеткин П.П. Одежда: технология – техника, процессы – качество: справочник / П.П. Кокеткин. – Москва: МГУДТ, 2001. – 560 с.
2. Лукьянова Е.Б. Особенности проектирования женской теплозащитной одежды для условий криосферы: монография / Е.Б. Лукьянова, И.В. Черунова, С.Ш. Ташпулатов. – Курск: Университетская книга, 2022. URL:.. – 62 с. (дата обращения: 22.09.2026).
3. Лунина Е.В. Способ изготовления швейных изделий с композиционными усилительными элементами / Е.В. Лунина, А.Н. Степанищева, С.Ш. Ташпулатов, Л.Т. Саттарова, М.Ж. Ералиева // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. – 2019. – № 5 (383). – С. 173–177.
4. Пулатова С.У. Разработка методологии проектирования одежды специального назначения: монография / С.У. Пулатова, Н.Г. Закиряева, С.Ш. Ташпулатов, И.В. Черунова, Б.Г. Алимухамедова; под ред. С.Ш. Ташпулатова. – Курск: Университетская книга, 2022. URL:.. – 116 с. (дата обращения: 22.09.2026).
5. Расулова М.К. Разработка технологии изготовления спецодежды с улучшенными эксплуатационными свойствами: монография / М.К. Расулова, С.Ш. Ташпулатов, И.В. Черунова. – Курск: Университетская книга, 2020. URL:.. – 191 с. (дата обращения: 22.09.2026).

6. Стенькина М.П. Исследование теплофизических свойств полимерной основы для терморегулирующих компонентов оболочки одежды / М.П. Стенькина, И.В. Черунова, С.Ш. Ташпулатов // *Universum: технические науки: электрон. научн. журн.* – 2022. – № 1 (94).
7. Ташпулатов С.Ш. Теоретические основы технологии изготовления швейных изделий: учебное пособие для вузов / С.Ш. Ташпулатов, Е.Г. Андреева. – Ташкент: Наука и технология, 2017. URL:. – 215 с. (дата обращения: 22.09.2026).
8. Ташходжаева М.А. Влияние компонентов пакета швейных изделий на его теплоизоляционные свойства / М.А. Ташходжаева, Б.А. Расулмухамедова, С.Ш. Ташпулатов // *Международный форум «Научное сотрудничество в Евразийском пространстве: цифровизация и модернизация промышленности с применением искусственного интеллекта»*, Душанбе, 10 апр. – 2025. – С. 155–158.
9. Ташходжаева М.А. Анализ материалов для формирования пакетов теплозащитной одежды различного назначения / М.А. Ташходжаева, С.Ш. Ташпулатов // *Universum: технические науки: электрон. научн. журн.* – 2024. – № 7 (124).
10. Черунова И.В. Исследование влияния пористости на теплопроводность однослойных вспененных материалов типа «неопрен» / И.В. Черунова, Е.Н. Сирота, С.Ш. Ташпулатов, П.В. Черунов, З.У. Зуфарова, Г.И. Махмудова, З.А. Сабирова // *Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности.* – 2021. – № 3 (393). – С. 75–80. – DOI: 10.47367/0021-3497_2021_3_75.
11. Abdubanonova U.A. Retrospective analysis of the technology for making clothes from genuine leather and fur / U.A. Abdubanonova, S. Sh. Tashpulatov. // *Materials of the XVI International Student Scientific Conference «Student Scientific Forum»*. (дата обращения: 22.09.2026).
12. Alimukhamedova B.G. Study of the dependence of the breaking load of a material on the characteristics of the polymer composition and sewing threads in the «fabric + polymer composition + sewing threads» system / B.G. Alimukhamedova, S. Sh. Tashpulatov // *Universum: технические науки: электрон. научн. журн.* – 2023. – № 7 (112).
13. Alimukhamedova B.G. Technology of fastening seams against moving apart in garments made of tweed fabrics / B.G. Alimukhamedova, S. Sh. Tashpulatov // *Universum: технические науки: электрон. научн. журн.* – 2023. – № 7 (112).
14. ISO 11092:2026. Textiles – Physiological effects – Measurement of thermal and water-vapour resistance under steady-state conditions (sweating guarded-hotplate test). – Geneva: International Organization for Standardization, 2026. – 17 P.
15. ISO 21232:2018. Textiles – Determination of moisturizing effect of textile materials by measurement of microclimate between textiles and simulated human skin using sweating guarded hotplate. – Geneva: International Organization for Standardization, 2018. – 9 P.
16. ISO 5084:1996. Textiles – Determination of thickness of textiles and textile products. – Geneva: International Organization for Standardization, 1996. – 5 P.
17. ISO 9237:1995. Textiles – Determination of the permeability of fabrics to air. – Geneva: International Organization for Standardization, 1995. – 5 P.

18. ISO 13934-1:2013. Textiles – Tensile properties of fabrics – Part 1: Determination of maximum force and elongation at maximum force using the strip method. – Geneva: International Organization for Standardization, 2013. – 12 P.
19. ISO 12947-1:1998. Textiles – Determination of the abrasion resistance of fabrics by the Martindale method – Part 1: Martindale abrasion testing apparatus. – Geneva: International Organization for Standardization, 1998. – 12 P.
20. ISO 811:2018. Textiles – Determination of resistance to water penetration – Hydrostatic pressure test. – Geneva: International Organization for Standardization, 2018. – 5 P.
21. ISO 15831:2004. Clothing – Physiological effects – Measurement of thermal insulation by means of a thermal manikin. – Geneva: International Organization for Standardization, 2004. – 11 P.
22. ISO 13938-1:2019. Textiles – Bursting properties of fabrics – Part 1: Hydraulic method for determination of bursting strength and bursting distension. – Geneva: International Organization for Standardization, 2019. – 6 P.
23. ISO 17617:2014. Textiles – Determination of moisture drying rate. – Geneva: International Organization for Standardization, 2014. – 24 P.
24. Nutfullaeva L.N. Research of conditions of formation package and ensure the safety of the pillows from composite nonwoven fibers materials / L.N. Nutfullaeva, A.F. Plekhanov, I.G. Shin, Sh. N. Nutfullaeva, E.A. Bogomolov // Известия высших учебных заведений. Серия «Технология текстильной промышленности». – 2019. – № 2 (380). – P. 95–101.

References

1. Koketkin P.P. [Clothing: technology – technique, processes – quality: handbook]. Moscow, MGUDT Publ., 2001. 560 P. (In Russ.)
2. Luk'yanova E.B., Cherunova I.V., Tashpulatov S.Sh. [Features of designing women's thermal protective clothing for cryosphere conditions: monograph]. Kursk, Universitetskaya kniga Publ., 2022. URL: (accessed 27.09.2026) – 62 c. (In Russ.)
3. Lunina E.V., Stepanishcheva A.N., Tashpulatov S.Sh., Sattarova L.T., Eralieva M.Zh. [Method of manufacturing garments with composite reinforcing elements] // Izvestiya VUZov. Tekhnologiya tekstil'noi promyshlennosti. – 2019. – No. 5. – P. 173–177. (In Russ.)
4. Pulatova S.U., Zakiryaeva N.G., Tashpulatov S.Sh., Cherunova I.V., Alimukhamedova B.G. [Development of methodology for designing special-purpose clothing: monograph] / ed. by S.Sh. Tashpulatov. Kursk, Universitetskaya kniga Publ., 2022. URL: (accessed 27.09.2026) – 116 c. (In Russ.)
5. Rasulova M.K., Tashpulatov S.Sh., Cherunova I.V. [Development of technology for manufacturing workwear with improved operational properties: monograph]. Kursk, Universitetskaya kniga Publ., 2020. URL: (accessed 27.09.2026) – 191 c. (In Russ.)
6. Sten'kina M.P., Cherunova I.V., Tashpulatov S.Sh. [Study of thermophysical properties of polymer base for temperature-regulating components of clothing shell] // Universum: tekhnicheskie nauki. – 2022. – No. 1 (94). (In Russ.)

7. Tashpulatov S.Sh., Andreeva E.G. [Theoretical foundations of clothing manufacturing technology: textbook for universities]. Tashkent, Nauka i tekhnologiya Publ., 2017. URL: (accessed 27.09.2026) – 215 с. (In Russ.)
8. Tashkhodzhaeva M.A., Rasilmukhamedova B.A., Tashpulatov S.Sh. [Influence of garment package components on its thermal insulation properties] // Mezhdunarodnyi forum «Nauchnoe sotrudnichestvo v evraziiskom prostranstve: tsifralizatsiya i modernizatsiya promyshlennosti s primeneniem iskusstvennogo intellekta». Dushanbe. – 2025. – P. 155–158. (In Russ.)
9. Tashkhodzhaeva M.A., Tashpulatov S.Sh. [Analysis of materials for forming thermal protective clothing packages for various purposes] // Universum: tekhnicheskie nauki. – 2024. – No. 7 (124). (In Russ.)
10. Cherunova I.V., Sirota E.N., Tashpulatov S.Sh., Cherunov P.V., Zufarova Z.U., Makhmudova G.I., Sabirova Z.A. [Study of the influence of porosity on thermal conductivity of single-layer foamed materials of «neoprene» type] // Izvestiya VUZov. Tekhnologiya tekstil'noi promyshlennosti. – 2021. – No. 3. – P. 75–80. (In Russ.)
11. Abdubanonova U.A., Tashpulatov S.Sh. Retrospective analysis of the technology for making clothes from genuine leather and fur. // Materials of the XVI International Student Scientific Conference «Student Scientific Forum». URL.
12. Alimukhamedova B.G., Tashpulatov S.Sh. Study of the dependence of the breaking load of a material on the characteristics of the polymer composition and sewing threads in the «fabric + polymer composition + sewing threads» system // Universum: tekhnicheskie nauki. – 2023. – No. 7 (112). (In Russ.)
13. Alimukhamedova B.G., Tashpulatov S.Sh. Technology of fastening seams against moving apart in garments made of tweed fabrics // Universum: tekhnicheskie nauki. – 2023. – No. 7 (112). (In Russ.)
14. ISO 11092:2026. Textiles – Physiological effects – Measurement of thermal and water-vapour resistance under steady-state conditions (sweating guarded-hotplate test). Geneva, International Organization for Standardization, 2026.
15. ISO 21232:2018. Textiles – Determination of moisturizing effect of textile materials by measurement of microclimate between textiles and simulated human skin using sweating guarded hotplate. Geneva, International Organization for Standardization, 2018.
16. ISO 5084:1996. Textiles – Determination of thickness of textiles and textile products. Geneva, International Organization for Standardization, 1996.
17. ISO 9237:1995. Textiles – Determination of the permeability of fabrics to air. Geneva, International Organization for Standardization, 1995.
18. ISO 13934-1:2013. Textiles – Tensile properties of fabrics – Part 1: Determination of maximum force and elongation at maximum force using the strip method. Geneva, International Organization for Standardization, 2013.
19. ISO 12947-1:1998. Textiles – Determination of the abrasion resistance of fabrics by the Martindale method – Part 1. Geneva, International Organization for Standardization, 1998.

-
20. ISO 811:2018. Textiles – Determination of resistance to water penetration – Hydrostatic pressure test. Geneva, International Organization for Standardization, 2018.
 21. ISO 15831:2004. Clothing – Physiological effects – Measurement of thermal insulation by means of a thermal manikin. Geneva, International Organization for Standardization, 2004.
 22. ISO 13938-1:2019. Textiles – Bursting properties of fabrics – Part 1: Hydraulic method. Geneva, International Organization for Standardization, 2019.
 23. ISO 17617:2014. Textiles – Determination of moisture drying rate. Geneva, International Organization for Standardization, 2014.
 24. Nutfullaeva L.N., Plekhanov A.F., Shin I.G., Nutfullaeva Sh.N., Bogomolov E.A. Research of conditions of formation package and ensure the safety of the pillows from composite nonwoven fibers materials // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2019. – No. 380 (2). – P. 95–101.

ДЛЯ ЗАМЕТОК

ДЛЯ ЗАМЕТОК

UNIVERSUM: ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Электронный научный журнал

№ 9(150)

Сентябрь 2026 г.

Часть 4

Свидетельство о регистрации СМИ: Эл № ФС 77 – 54434 от 17.06.2013

Мнение авторов может не совпадать с позицией редакции.

Издание содержит научную информацию и в соответствии с ч. 4 ст. 1
Федерального закона от 29.12.2010 № 436-ФЗ «О защите детей от информации,
причиняющей вред их здоровью и развитию» не подлежит классификации
(маркировке) по возрастным категориям

Издательство ООО «Юниверсум»

Объём издания: 84 с.

Минимальные системные требования: процессор с частотой от 1,3 ГГц; ОЗУ от
512 МБ; программа для чтения PDF-файлов; доступ к сети Интернет

Дата размещения в сети Интернет: 28.09.2026

Журнал размещается в:

CYBERLENINKA

e НАУЧНАЯ ЭЛЕКТРОННАЯ
БИБЛИОТЕКА
LIBRARY.RU

Google
scholar

ULRICHSWEB
GLOBAL SERIALS DIRECTORY

>BASE

СОЦИОНЕТ

OpenAIRE



Registry of Open Access
Repositories (ROAR)