

УДК 678 + 519. 2

**К ВЫБОРУ ИНФОРМАТИВНОГО ПОКАЗАТЕЛЯ ТОЧНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ  
ТОНИНЫ ВОЛОКОН ШЕРСТИ  
С ПОМОЩЬЮ ЭЛЕКТРОННОЙ МИКРОСКОПИИ**

**TO THE CHOICE OF THE INFORMATIVE INDICATOR OF ACCURACY  
OF MEASUREMENT OF FINENESS OF WOOL FIBRES  
BY MEANS OF ELECTRONIC MICROSCOPY**

*Т.К. КУЛАЖАНОВ, С.В. ВЯЗИГИН, В.З. КРУЧЕНЕЦКИЙ, М.Б. ОТЫНШИЕВ*  
*T.K. KULAZHANOV, S.V. VYAZIGIN, V.Z. KRUCHENETSKY, M.B. OTYNSHIEV*

**(Алматинский технологический университет, Республика Казахстан)**  
**(Almaty Technological University, Republic of Kazakhstan)**

E-mail: wismas @ mail.ru, kruchen\_37@ mail.ru, asutormo@mail.ru

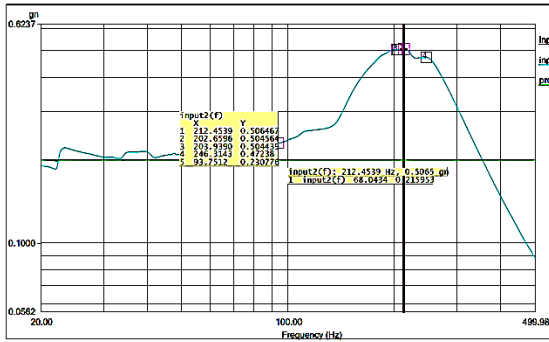


Рис. 3

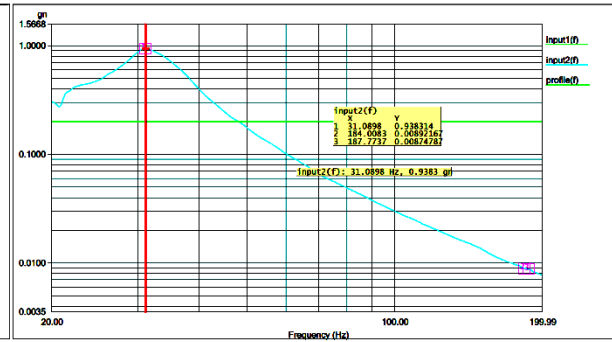


Рис. 4

В настоящее время многие компании-производители позиционируют и реализуют свои материалы как "решения для звукоизоляции", однако в большинстве случаев не известны динамические характеристики этих материалов при различных нагрузках. Поэтому сейчас остро стоит вопрос о получении достоверных характеристик звукоизоляционных материалов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Росин Г.С. Измерение динамических свойств акустических материалов. – М.: Стройиздат, 1972.
2. Exner M.L. Untersuchung des Akustischen Verhaltenskorner Substanzen bei Anregung zu Schubschwingungen / M.L. Exner, W. Guth, F. Immer // Acustica. – 1954. P. 350...358.
3. Овсянников С.Н. Распространение звуковой вибрации в гражданских зданиях. – Томск: Изд-во ТГАСУ, 2000.
4. Росин Г.С. Установка для измерений динамических характеристик упругих материалов резонансным методом. Заводск. лаборатория. – 1960, 26, 10, 1180...1181.

нансным методом. Заводск. лаборатория. – 1960, 26, 10, 1180...1181.

#### REFERENCES

1. Rosin G.S. Izmerenie dinamicheskikh svoystv akusticheskikh materialov. – M.: Strojizdat, 1972.
2. Exner M.L. Untersuchung des Akustischen Verhaltenskorner Substanzen bei Anregung zu Schubschwingungen / M.L. Exner, W. Guth, F. Immer // Acustica. – 1954. R. 350...358.
3. Ovsjannikov S.N. Rasprostranenie zvukovoj vibracii v grazhdanskikh zdaniyah. – Tomsk: Izd-vo TGASU, 2000.
4. Rosin G.S. Ustanovka dlja izmerenij dinamicheskikh harakteristik uprugih materialov rezonansnym metodom. Zavodsk. laboratorija. – 1960, 26, 10, 1180...1181.

Рекомендована Ученым советом НИИСФ РААСН. Поступила 15.05.16.

УДК 678 + 519.2

### К ВЫБОРУ ИНФОРМАТИВНОГО ПОКАЗАТЕЛЯ ТОЧНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ ТОНИНЫ ВОЛОКОН ШЕРСТИ С ПОМОЩЬЮ ЭЛЕКТРОННОЙ МИКРОСКОПИИ

### TO THE CHOICE OF THE INFORMATIVE INDICATOR OF ACCURACY OF MEASUREMENT OF FINENESS OF WOOL FIBRES BY MEANS OF ELECTRONIC MICROSCOPY

Т.К. КУЛАЖАНОВ, С.В. ВЯЗИГИН, В.З. КРУЧЕНЕЦКИЙ, М.Б. ОТЫНШИЕВ  
 T.K. KULAZHANOV, S.V. VYAZIGIN, V.Z. KRUCHENETSKY, M.B. OTYNSHIEV

(Алматинский технологический университет, Республика Казахстан)  
 (Almaty Technological University, Republic of Kazakhstan)

E-mail: wismas @ mail.ru, kruchen\_37 @ mail.ru, asutormo@mail.ru

*В статье изложены вопросы выбора и обоснования информативного критерия при определении тонины волокон шерсти с использованием электронного микроскопа и компьютерных средств обработки результатов измерений.*

*The problems of selection and validation of the information criterion for determining the fineness of wool fibers using electron microscopy and computer-assisted processing of measurement results.*

**Ключевые слова:** тонина, волокна, шерсть, точность, измерение, электронный микроскоп, статистика, числовые характеристики.

**Keywords:** fineness, fibers, wool, accuracy, measurement, electron microscopy, statistics, numerical characteristics.

Как известно, тонина волокон шерсти является основным параметром, положенным в основу государственного стандарта классификации шерсти и формирования ее производственно-продажных партий; она определяет качество продукции в текстильной промышленности, закупочную цену шерсти и экономические показатели функционирования овцеводческих хозяйств. Тонина является к тому же главным свойством шерсти, определяющим ее технологическую ценность и важнейшим признаком в селекции овец, при улучшении качества шерсти [1], [2].

Измерение тонины волокон шерсти связано с большими проблемами, поскольку из-за малости ее размера (единицы – до сотен микрон) механические методы оказываются непригодными, а использование органолептических, оптических, пневматических и других методов сопряжено с большими трудностями, так как волокна расположены в группах, хаотически переплетаясь и накладываясь друг на друга, характеризуются пространственной нерегулярностью. Проблема определения тонины осложняется еще и тем обстоятельством, что ее значение по длине волокон по природе непостоянно, а сами волокна могут иметь некруглое сечение. Отличительной особенностью овечьей шерсти является наличие в одном руно различных типов волокон – пуховых, переходных, остовых [1], [3].

Перечисленные основные особенности волокон шерсти, а также различные факторы предъявляют к инструментальным методам и приборам определения тонины шерсти особые требования. Поэтому для измерения тонины в группе хаотически расположенных экземпляров волокон необходимо измерять ее на отдельных волокнах, причем на участках по их длине, выделенных из группы, свободных от пересечений, наложений и от других артефактов и помех. Также очевидно, что тонина должна определяться из статистической совокупности таких факторов, как *средняя величина*, с необходимой доверительной вероятностью, определяющей погрешность, не превышающую величину, установленную стандартами. Целесообразна наглядная информация всех основных числовых характеристик определения тонины с использованием средств математической статистики, современных аппаратно-программных средств.

Тонину шерсти наиболее часто определяют с помощью проекционных микроскопов (ланометров), обычных оптических микроскопов, оснащенных окуляр- или объектив-микрометрами, электронных микроскопов (ЭМ), а также на приборах Air-Flow, ОГДА и Laserscan [1], [3], [6]. Как и в случае использования светового микроскопа, для измерения тонины волокон шерсти с помощью ЭМ необходимо предварительно получить изображение исследуемой группы шерсти. Встроенная

Web-камера в ЭМ позволяет получить изображение бинаризованное, то есть пригодное для последующей компьютерной обработки. Разработанный авторами прибор на базе ЭМ выполнен в виде законченной конструкции, соединен с компьютером, на который передается информация для определения тонины волокон, обработки изображения и анализа полученных результатов каждой порции из общего изображения исследуемого образца в пределах зоны, ограниченной активным локальным участком просмотра ЭМ. Сканирование зон в пределах всего пространства изображения исследуемого образца происходит автоматически с возможностью задания шага и соответственно числа зон измерений тонины, исходя из заданной доверительной вероятности. Число измерений группы в одном образце может неограниченно варьироваться и задаваться, например, 2000. Результаты определения тонины дифференцированно, по каждой зоне и в целом по каждому образцу, для наглядности визуализируются на экране компьютера, иллюстрируются кривой распределения, числовыми характеристиками. Что касается последних, для того чтобы их оптимизировать в условиях многочисленных факторов, влияющих на измерения, необходимо обосновать выбор информативного критерия, обеспечивающего статистически значимую минимальную величину погрешности измерений и определения функциональной зависимости этого критерия от других значимых факторов, то есть определиться с основными числовыми характеристиками. Ими являются: среднее значение, вариация и форма распределения.

В абсолютном большинстве данные измерений тонины концентрируются вокруг среднего значения. Для его оценки обычно используются: *среднее арифметическое, медиана и мода*. Первая из них, наиболее распространенная, является результатом деления суммы всех наблюдений числовых величин на их количество. Но поскольку она зависит от всех элементов выборки, то наличие экстремальных значений достаточно силь-

но влияет на результат. В этом случае среднее арифметическое может исказить смысл числовых данных. Следовательно, описывая набор данных, содержащий экстремальные значения, целесообразно указывать медиану, или и ее, и среднее арифметическое. Наглядной характеристикой является также мода. Это число, которое чаще других встречается в выборке, но используется обычно только для иллюстрации, поскольку значительно зависит от конкретной выборки [4], [5].

При описании свойств больших числовых выборок, а также оценки распределения данных удобно использовать квартили или квантили. Поскольку измеряемые данные тонины обычно следуют в произвольном порядке, их следует рандомизировать (упорядочить по возрастанию). В то время как медиана разделяет упорядоченный массив пополам, квартили разбивают набор данных на четыре части, квантили – на  $N$  частей (обычно четное число). В некоторых случаях можно вместо среднего арифметического использовать среднее геометрическое значение (корень  $n$ -й степени из произведения  $n$  величин). Этот показатель позволяет точнее оценить степень изменения переменной с течением времени. Колебания выборочного среднего вокруг математического ожидания меньше, чем колебания исходных данных. Этот факт непосредственно следует из закона больших чисел. При увеличении объема выборки влияние экстремальных значений ослабевает [5].

Второе важное свойство числовых данных – их *вариация*, характеризующая степень дисперсии данных. Возможно использование пяти оценок вариации данных: *размах, межквартильный размах, дисперсия, стандартное отклонение и коэффициент вариации*. Напомним, что размах – это разность между наибольшим и наименьшим элементами выборки. Межквартильный размах является средним; это разность между третьим и первым квартилями выборки; позволяет оценить разброс 50% элементов и не учитывать влияние экстремальных элементов.

Следует заметить, что, хотя размах и межквартильный размах позволяют оценить соответственно общий и средний разброс выборки, ни одна из этих оценок не учитывает, как именно распределены данные. Дисперсия и стандартное отклонение лишены этого недостатка и позволяют оценить степень колебания данных вокруг среднего значения. Выборочная дисперсия является приближением среднего арифметического, вычисленного на основе квадратов разностей между каждым элементом выборки и выборочным средним. Стандартное выборочное отклонение равно квадратному корню из выборочной дисперсии, то есть оно является естественной оценкой дисперсии. Зная среднее арифметическое выборки и стандартное выборочное отклонение, можно определить интервал, которому принадлежит основная масса данных по тонине. Таким образом, описанные численные значения позволяют контролировать характеристики изменчивости данных по тонине в процессе ее определения. Чем больший разброс имеют данные, тем больше их размах, дисперсия и стандартное отклонение; чем концентрированной или однородней данные, тем меньше эти показатели. Если все элементы выборки равны между собой, то есть размах отсутствует, то дисперсия и стандартное отклонение равны нулю. Естественно, что ни одна из этих оценок изменчивости не может быть отрицательной. В отличие от предыдущих абсолютных оценок разброса *коэффициент вариации* является относительной оценкой. Он равен стандартному отклонению, деленному на среднее арифметическое, в процентах.

Третье важное свойство выборки, которое желательно для наглядности учитывать при определении тонины, – *форма ее распределения*. Как следует из построения кривых и анализа при оценке тонины, ее распределение имеет типичную кривую Гаусса, то есть нормальный закон распределения. Это следует не только из визуальной, но и аналитической оценки всех основных параметров кривой,

выполненной подобно изложенному подходу в [4]. Заметим, что все указанные выше числовые характеристики программно вычисляются по всей выборке, то есть по всей генеральной совокупности данных измерений. Они являются описательными статистиками и, следовательно, обоснованным инструментом для оценки точности и погрешности определения тонины. Действительно, основная доля наблюдений концентрируется вокруг медианы, образуя кластер. У симметричных данных математическое ожидание и медиана совпадают, а наблюдения концентрируются вокруг математического ожидания. Это означает, что для оценки изменчивости можно применять эмпирическое правило, которое гласит: "...если данные имеют колоколообразное распределение, то приблизительно 68% наблюдений отстоят от математического ожидания не более чем на одно стандартное отклонение; приблизительно 95% отстоят не более чем на два и 99% – не более чем на три стандартных отклонения..." [5]. Таким образом, стандартное отклонение дает основание считать, как распределены значения тонины и как идентифицируются ее выбросы. Поэтому *принятая нами доверительная вероятность* определения тонины, составляет *не менее 0,95*, что соответствует стандартам.

Отметим еще один важный показатель – *стандартная ошибка среднего*, которая определяет диапазон изменения выборки и равна стандартному отклонению генеральной совокупности  $\delta$ , деленной на квадратный корень из объема выборки  $n$ :  
$$\delta_{\text{сто}} = \delta \sqrt{n}.$$

Из этого выражения легко видеть влияние объема выборки на стандартное отклонение выборки среднего. Так, четырехкратное увеличение объема выборки приводит к уменьшению последнего вдвое. Из этого же выражения нетрудно определить влияние объема выборки на концентрацию средних значений и выборочных распределений и интервалы, содержащие заданную часть (95%) выборочных средних тонины. Обосно-

вание необходимого объема выборки (числа измерений) нетрудно выполнить, воспользовавшись центральной предельной теоремой.

На рис. 1...4 приводятся полученные при измерении тонины волокон шерсти некоторые основные числовые характе-

ристики. В частности, представлены зависимости измерения: на рис. 1 – средних значений тонины, рис. 2 – стандартного отклонения, рис. 3 – коэффициента вариации значений тонины, рис. 4 – статистической ошибки измерения значений тонины шерсти.



Рис. 1



Рис. 2



Рис. 3



Рис. 4

## ВЫВОДЫ

Основные числовые характеристики (среднее значение, разброс и форма распределения) позволяют достаточно полно описать, наблюдать и анализировать свойства данных по тонине в процессе ее определения. Более глубокие исследования и их наглядность позволяют получить применение пяти рассмотренных выше базовых показателей для оценки симметричности распределения и иллюстрировать это диаграммой площадей [4], [5]. Рассмотренные числовые характеристики являются описательными статистиками и, следовательно, обоснованным инструментом для оценки точности и погрешности определения тонины.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Разумеев К.Э. Сырье для предприятий шерстяной отрасли промышленности. – МГТУ им. А.Н.Косыгина, 2003.

2. ГОСТ 30702–2000. Шерсть. Торговая сельскохозяйственно-промышленная классификация. – М.: Изд-во стандартов, 2001.

3. Разгонов Н.Т. Методы и проблемы измерения тонины в отечественной практике // Мат. Междунар. научн.-практ. конф.: Современные достижения биотехнологии воспроизводства – основа повышения продуктивности сельскохозяйственных животных: СНИИЖК. Т.III. – Ставрополь, 2009. С.91...99.

4. Крученецкий В.З., Калабина А.А., Крученецкий В.В. К оценке времени загрузки Web-сайта дистанционного обучения // Вестник АГУ. – Алматы. Вып. 3. 2014. С.53...60.

5. Левин М.Д., Стефан Д., Кребиль Т.С., Беренгсон М.Л. Статистика для менеджеров с использованием Microsoft Excel. – 4-е ид. / пер с англ. – М.: Издательский дом "Вильямс", 2004.

6. Белик Н.И. Использование метода OFDA в измерении тонины шерсти // Овцы, козы, шерстяное дело. – 2010, № 3. С. 39...41.

## REFERENCES

1. Razumeev K. Je. Syr'e dlja predpriyatij sherstjanoj otrasli promyshlennosti. – MGТУ im. A.N.Kosygina, 2003.

2. GOST 30702–2000. Sherst'. Torgovaja sel'skohozjajstvenno-promyshlennaja klassifikacija. – M.: Izd-vo standartov, 2001.

3. Razgonov N.T. Metody i problemy izmerenija toniny v otechestvennoj praktike // Mat. Mezhdunar. nauchn.-prakt. konf.: Sovremennye dostizhenija biotehnologii vosproizvodstva – osnova povyshenija produktivnosti sel'skohozjajstvennyh zhivotnyh: SNIIZhK. T.III. – Stavropol', 2009. S.91...99.

4. Krucheneckij V.Z., Kalabina A.A., Krucheneckij V.V. K ocenke vremeni zagruzki Web-sajta distancionnogo obuchenija // Vestnik ATU. – Almaty. Vyp. 3. 2014. S.53...60.

5. Levin M.D., Stefan D., Krebil' T.S., Berengson M.L. Statistika dlja menedzherov s ispol'zovaniem Microsoft Excel. – 4-e id. / per s angl. – M.: Izdatel'skij dom "Vil'jams", 2004.

6. Belik N.I. Ispol'zovanie metoda OFDA v izmerenii toniny shersti // Ovcy, kozy, sherstjanoe delo. – 2010, № 3. S. 39...41.

Рекомендована кафедрой информационных технологий. Поступила 03.02.16.

---