

УДК 677.022.3/.5.

**Джанпаизова Василя Мирзахмедовна**

к.х.н. доцент, Южно-Казахстанский Государственный Университет им. М. Ауэзова, г. Шымкент

**Ким Ирина Степановна**

магистр, старший преподаватель, Южно-Казахстанский Государственный Университет им. М. Ауэзова, г. Шымкент

**Асанов Ермек Жаксыбаевич**

магистр, преподаватель, Южно-Казахстанский Государственный Университет им. М. Ауэзова, г. Шымкент

**Коньсбеков Сагындык Муханович**

магистр, преподаватель, Южно-Казахстанский Государственный Университет им. М. Ауэзова, г. Шымкент

E-mail:vasmir1@mail.ru

## ИССЛЕДОВАНИЕ УПРУГИХ СВОЙСТВ ВОЛОКОН ЛЕТУЧЕК В ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ПОЛЕ ДЛЯ СОРТИРОВКИ ХЛОПКА-СЫРЦА ПО КАЧЕСТВЕННЫМ ПОКАЗАТЕЛЯМ

*Бұл мақалада зарядталған айналмалы диэлектрлік барабанның бетіне түсетін үлгілдегінің жағдайы қарастырылған, онда оларға электр өрісінің келесі күші, қарама қарсы шағылысу, үлгілдек талшықтарын түзету, ортадан тепкіш, ауырлық, барабанның реакциясы, үйкеліс және инерция әсер етеді. Электр қуаты мен диэлектрлік барабанның режимдік және конструктивтік параметрлерінің тұрақтылығы барысында үлгілдек талшықтарының деформациясы олардың серпімділігіне байланысты болады, яғни талшықтардың серпінділігі электр өрісіндегі үлгілдектің сұрыптау белгісі ретінде қызмет ете алады. Талшық серпімділігінің өзгеруіне байланысты үлгілдектің қозғалу сипаты да өзгереді, бірақ талшықтардың серпімділігі бойынша ерекшеленетін бірдей салмақтағы үлгілдектер ұшқыштардың бұрылуының әртүрлі бұрыштарында диэлектрлік барабанның айналмалы зарядталған бетінен жұлынып алынатындығы белгілі болды, бұл мақта шикізатын сұрыптауға мүмкіндік береді.*

**Түйін сөздер:** мақта талшығы, электр өрісі, диэлектрлі сепаратор, талшықты сұрыптау, сапа, деформация

*В данной статье рассмотрено поведение летучек хлопка сырца при попадании на поверхность вращающегося заряженного диэлектрического барабана, где на них действуют следующие силы: электрического поля, зеркального отражения, выпрямления волокон летучек, центробежная, тяжести, реакции барабана, трения и инерции. Показано, что при постоянстве режимных и конструктивных параметров диэлектрического барабана и электрической силы деформация волокон летучек зависит от их упругости, т. е. упругость волокон может служить признаком сортирования летучек в электрическом поле. С изменением упругости волокон изменяется характер перемещения летучек, установлено, что летучки одинаковой массы, но отличающиеся по упругости волокон отрываются от вращающейся заряженной поверхности диэлектрического барабана при различных углах поворота, это дает возможность сортирование хлопка-сырца.*

**Ключевые слова:** хлопковое волокно, электрическое поле, диэлектрический сепаратор, рассортировки волокон, качество, деформация.

*This article discusses the behavior of raw cotton flakes when they hit the surface of a rotating charged dielectric drum, where they are affected by the following electric field forces, specular reflection, straightening of the fibers of the volatile particles, centrifugal force, gravity, drum reactions, friction and inertia. It is shown that with the constancy of the mode and design parameters of the dielectric drum and the electric force, the deformation of the volokol blast depends on their elasticity, i.e., the elasticity of the fibers can serve as a sign of sorting of the rays in the electric field. With the change in the elasticity of the fibers, the nature of the movement of the volts changes, it is established that the elbows are of the same mass, but differing in the elasticity of the fibers are detached from the rotating charged surface of the dielectric drum at different angles of rotation, this makes it possible to sort the raw material.*

**Keywords:** cotton fiber, electric field, dielectric separator, fiber sorting, quality, deformation.

В настоящее время улучшение качества текстильной продукции, в частности, пряжи из одного и того же сырья в зависимости от спроса рынка является актуальной задачей, что способствует повышению экспортной способности продукции. Производство высококачественной, конкурентноспособной на мировом рынке продукции на основе

применения новой, более совершенной технологии является важнейшей задачей текстильной отрасли. Технологическое и потребительское качество изделий текстильной промышленности в основном зависит от равномерности по показателям физико-механических свойств, а также от чистоты используемой пряжи. Улучшение показателей

качества текстильных изделий могут быть достигнуты путем применения и внедрения новых технологий и современного оборудования, работающего на более прогрессивных технологических принципах [1-3]. Для выпуска конкурентоспособной текстильной продукции, безусловно, обращают внимание на исходное сырье, особенно, на хлопковое волокно, т.к. оно является натуральным и показатели его свойств определяют качество вырабатываемой пряжи.

Теорию движения частиц по вращающейся цилиндрической поверхности барабана рассматривались в работах Г.Д.Торскова, П.М.Василенко, Н.Г.Гладкова, М.Я.Резкиченко, С.М.Шмелева, Г.В.Зайцева, Ф.Н.Изакова, Г.Айдарова и др. Однако они рассматривают динамику движения частиц без учета их упругих свойств, которые в электрическом поле оказывают существенное влияние на величину приобретаемого частицами заряда.

Использование упругих свойств волокон летучек в электрическом поле позволяет более точно сортировать хлопок-сырец по качественным показателям. В связи с этим большое научное и практическое значение имеет сортирование хлопка-сырца по предварительно разделенным летучкам в электрическом поле для получения высококачественных посевных семян.

Эту задачу легче и проще осуществить на поверхности заряженного натиранием вращающегося диэлектрического барабана, одновременно являющегося наиболее простым по конструктивному исполнению и электробезопасным устройством.

Установлено, что между качеством волокон хлопка-сырца и его семенами существует достаточно тесная корреляционная связь, т. е. чем выше качество волокон хлопка-сырца, тем лучше качество семян и наоборот. Поэтому для получения полноценных семян хлопчатника нами предложено сортировать хлопок-сырец по предварительно выделенным летучкам в электрическом поле [4].

Летучка хлопка-сырца по физическому строению представляет собой семя, покрытое большим количеством (15...20 тыс.) волокон. Семя имеет форму трехосного вытянутого эллипсоида вращения с большой  $a$ , средней  $b$  и малой  $c$  осями и заострено с одного конца. Соответственно этому летучки обладают также формой трехосного эллипсоида вращения с большой  $A$ , средней  $B$  и малой  $C$  осями. На практике форма летучек приближается к сжатому эллипсоиду вращения.

При попадании летучек хлопка-сырца на поверхность вращающегося заряженного диэлектрического барабана на них действуют следующие силы электрического поля  $F_k$ , сила зеркального отражения  $F_3$ , сила выпрямления волокон летучек  $F_b$ , центробежная сила  $F_{ц}$ , сила тяжести  $G$ , сила реакции барабана  $N$ , сила трения  $F_t = f N$  (где  $f$  - коэффициент трения хлопка о поверхность барабана при движении) и сила инерции  $F_{и}$ .

1. Сила электрического поля, возникающая при соприкосновении незаряженной летучки с заряженным диэлектрическим барабаном:

$$F_k = EQ = \frac{\epsilon_0 E^2 AB\Phi_3}{4} \left( 1 + 2 \frac{\epsilon_n - 1}{\epsilon_n - 2} \right) \quad (1)$$

где  $E$  - напряженность электрического поля, В/м;

$(Q)$  - заряд летучки, Кл;

$\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$  Ф/М - диэлектрическая постоянная;

$\epsilon_n$  - относительная диэлектрическая проницаемость летучки;

$\Phi_3$  - коэффициент учитывающий форму летучки

2. Сила зеркального отображения, вызванная взаимодействием заряда летучки с заряженным диэлектрическим барабаном [5]:

$$F_3 = \frac{Q^2}{r_{экр}^2} = \frac{\epsilon_0 E^2 AB\Phi_3}{16\pi} \left( 1 + 2 \frac{\epsilon_n - 1}{\epsilon_n + 2} \right)^2, \quad (2)$$

где  $r_{экр} = 1/2 \sqrt{AB\Phi_3}$  - эквивалентный радиус летучки, м.

3. Сила выпрямления волокон летучки в зоне его контактирования с заряженной поверхностью диэлектрического барабана [4]:

$$F_{\text{в}} = \frac{\pi d^2}{4} (\epsilon_{\text{л}} - 1) n_{\text{к}} \epsilon_0 E^2, \quad (3)$$

где  $d$  - диаметр волокон летучки, м;  
 $n_{\text{к}}$  - количество контактирующих с поверхностью заряженного диэлектрического барабана волокон летучки.

#### 4. Центробежная сила

$$F_{\text{ц}} = \frac{mv_{\text{л}}^2}{R_{\text{б}} + r_{\text{экв}}} = \frac{mv_{\text{л}}^2}{R}, \quad (4)$$

где  $m$  - масса летучки, кг;  
 $v_{\text{л}}$  - скорость перемещения летучки, м/с;  
 $R_{\text{б}}$  - радиус барабана, м;  
 $R$  - расстояние от оси вращения барабана до центра тяжести летучки, м.

#### 5. Сила тяжести

$$G = mg \quad (5)$$

#### 6. Сила инерции

$$F_{\text{и}} = m \frac{dv_{\text{л}}}{dt}. \quad (6)$$

#### 7. Сила $N$ реакции диэлектрического барабана на летучку.

#### 8. Сила трения

$$F_{\text{т}} = fN \quad (7)$$

где  $f$  - коэффициент трения летучки о поверхность диэлектрического барабана при движении.  
 Проектируя силы, действующие на летучки, на ось  $Oy$  и подставив их значения, получим

$$N = mg \cos \alpha + \epsilon_0 E^2 AB \Phi_3 L - \frac{mv_{\text{л}}^2}{R}, \quad (8)$$

где  $\alpha$  - угол поворота летучек, град.  
 Суммарная электрическая сила, действующая на летучки,

$$F_{\text{т}} = F_{\text{к}} + F_{\text{з}} - F_{\text{в}} = \epsilon_0 E^2 AB \Phi_3 L$$

Чтобы выявить признак сортирования летучек хлопка-сырца в электрическом поле, в выражении (8) силу реакции  $N$  заменим силой упругости волокон  $F_{\text{у}}$ , т. е.  $N = F_{\text{у}} = \lambda \Delta C$  и после некоторых преобразований, получим

$$\lambda = \frac{mg \cos \alpha + \epsilon_0 E^2 AB \Phi_3 L - (mv_{\text{л}}^2 / R)}{\Delta C}, \quad (9)$$

где  $\lambda$  - деформация волокон летучек, м;  $\Delta C$  - упругость волокон летучек, Н/м.

Из выражения (9) следует, что при постоянстве режимных и конструктивных параметров диэлектрического барабана и электрической силы деформация волокон летучек зависит от их упругости, т. е. упругость волокон может служить признаком сортирования летучек в электрическом поле.

Из выражения (1) следует, что с уменьшением упругости волокон летучек возрастает их деформация. Увеличение же деформации волокон летучек связано с

увеличением площади их соприкосновения с поверхностью барабана, что обуславливает увеличение заряда летучек и, следовательно, силы их прижатия. С увеличением упругости волокон летучек происходит обратное явление, т.е. уменьшается сила прижатия. Поэтому на летучки одинаковой массы, но отличающейся по упругости волокон действуют электрические силы прижатия различной величины при прочих равных условиях к заряженному

барабану лучше притягиваются летучки с меньшей упругостью волокон.

Кроме того, в результате деформации волокон изменяется не только площадь соприкосновения летучек с поверхностью заряженного барабана, но и согласно закона Кулона уменьшается расстояние между взаимодействующими частицами, т.е. между летучкой и её зеркальным отображением. Поэтому на летучки с одинаковой массой, но с различной упругостью волокон действует и электрическая сила зеркального отображения  $F_3$  различной величины. В связи с этим перед электрической силой в выражении (9)

На рисунке 1 показаны зависимости деформации волокон летучек

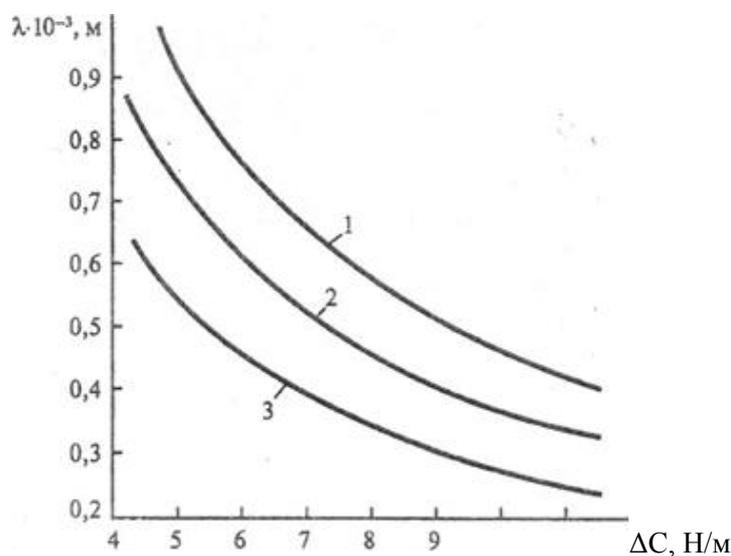


Рисунок 1 - Зависимость деформации  $\lambda$  волокон летучек различной массы  $m$  от их упругости  $\Delta C$  при массе  $m = 140 \cdot 10^{-6}$  кг (1),  $m = 180 \cdot 10^{-6}$  (2) и  $m = 220 \cdot 10^{-6}$  кг (3)

различной массы в зависимости от их упругости, построенные по выражению (9) для следующих значений параметров:  $\alpha^0 = 0^\circ$ ;  $E = 12 \cdot 10^5$  В/м;  $A = 32,42 \cdot 10^{-3}$  м;  $B = 24,62 \cdot 10^{-3}$  м;  $\Phi_3 = 1,17$ ;  $L = 0,68$ ;  $v_{л} = v_6 = 2,7$  м/с;  $R = 0,215$  м. Как следует из рис. 1, при одном и том же угле поворота и массе летучек увеличением упругости волокон уменьшается их деформация. Например, если для летучек массой  $180 \cdot 10^{-6}$  кг и упругостью волокон 5 Н/м их деформация составляет  $0,75 \cdot 10^{-3}$  м (кривая 2), то для летучек той же массы, но при упругости волокон 10 Н/м она составляет  $0,37 \cdot 10^{-3}$  м, т. е. с увеличением упругости волокон летучек с 5 до 10 Н/м их деформация уменьшается более чем в 2 раза. Такая же закономерность наблюдается и для летучек массой  $140 \cdot 10^{-6}$  и  $220 \cdot 10^{-6}$  кг (кривые 1 и 3).

предложено ввести коэффициент  $k$  - учитывающий изменение величины электрической силы в зависимости от упругости волокон летучек.

Из вышеизложенного следует, что из-за различия величины электрической силы прижатия для летучки одной и той же массы, но с отличающимися по упругости волокон при постоянстве других сил, отрыв последних от поверхности барабана происходит при различных углах поворота, т.е. упругость волокон летучек может служить признаком сортирования хлопка-сырца.

С уменьшением деформации волокон летучек соответственно уменьшается и площадь их соприкосновения с поверхностью заряженного диэлектрического барабана. Уменьшение же площади соприкосновения, в свою очередь, приводит к уменьшению заряд, приобретаемого летучкой и, следовательно, к снижению электрической силы их прижатия. При увеличении деформации соответственно увеличивается площадь соприкосновения летучек с поверхностью заряженного барабана, в результате чего увеличивается заряд летучек и, следовательно, электрическая сила их прижатия. Таким образом, на летучки одинаковой массы, но при разной упругости волокон, действуют различные электрические силы прижатия, т. е. при прочих равных условиях к поверхности вращающегося заряженного диэлектрического барабана

сильнее притягиваются летучки с меньшей упругостью волокон.

Кроме того, в результате деформации волокон летучек изменяется не только площадь их соприкосновения с поверхностью заряженного диэлектрического барабана, но и уменьшается расстояние между взаимодействующими частицами, т. е. между летучкой и ее зеркальным отображением.

$$r_{\text{ЭКВ}}^2 = r_{\text{ЭКВ}}^2 - 2\lambda,$$

где  $r_{\text{ЭКВ}}^2$ ,  $r_{\text{ЭКВ}}^2$  - расстояние между взаимодействующими летучками до деформации их волокон и после нее, м.

В связи с этим на летучки одинаковой массы, но отличающиеся упругостью волокон, действует и разная электрическая сила зеркального отображения. Исходя из этого в выражении (8) перед слагаемым  $\epsilon_0 E^2 AB\Phi_3 L$  необходимо ввести коэффициент  $k$ , учитывающий изменение суммарной электрической силы, действующей на летучки в зависимости от упругости их волокон, т. е.

$$N = mg \cos \alpha + k \epsilon_0 E^2 AB\Phi_3 L - m v_d^2 / R \quad (10)$$

Коэффициент  $k$  определяют экспериментально и описывают следующим эмпирическим выражением [4]:

$$k = 0,6125 + 0,1706 \Delta C - 0,015 \Delta C^2$$

Как следует из расчетных зависимостей, с изменением упругости волокон изменяется характер перемещения летучек. В частности, скорость летучек с упругостью волокон 6 Н/м выравнивается с окружной скоростью барабана при угле поворота  $\alpha = 36^\circ$  (кривая 1), тогда как скорость летучек с упругостью волокон 10 Н/м выравнивается с окружной скоростью барабана при  $\alpha = 46^\circ$  (кривая 2), т.е. скорость летучек с меньшей упругостью волокон раньше выравнивается с окружной скоростью барабана

по сравнению с летучками, обладающими большей упругостью волокон. При этом летучки с большей , упругостью волокон не разделяя движение барабана сразу начинают скользить с опережением и отрываются от него при  $\alpha = 75^\circ$  со скоростью отрыва 2,9 м/с. Летучки же с меньшей упругостью волокон совместно движутся с барабаном ( $X_c = 47^\circ$ , а затем начинают скольжение с опережением при  $\alpha = 83^\circ$  с последующим отрывом от поверхности барабана при  $OЦ = 145^\circ$  со скоростью отрыва 2,97 м/с.

Исследования показывают, что летучки одинаковой массы, но отличающиеся по упругости волокон отрываются от вращающейся заряженной поверхности диэлектрического барабана при различных углах поворота. Это свидетельствует о том, что сортирование хлопка-сырца можно осуществлять по упругости волокон летучек, и заодно с ним решить вопрос подготовки высококачественных посевных семян хлопчатники.

Результаты экспериментальных исследований подтвердили сделанные нами теоретические предпосылки. Сортирование летучек хлопка-сырца в электрическом поле по упругим свойствам позволило получить биологически однородный посевной материал по массе, геометрическим размерам и плотности.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что упругость волокон может служить одним из основных признаков при сортировании хлопка-сырца по предварительно выделенным летучкам в электрическом поле по качеству их волокон.

#### Список использованной литературы

- 1 Официальный веб сайт компании Truetzschler Group – поставщика текстильного оборудования. [www.truetzschler.com]
- 2 Официальный веб сайт компании Rieter– поставщика текстильного оборудования. www.rieter.com
- 3 Официальный веб сайт компании Marzoli Machines Textile– поставщика текстильного оборудования. www.marzoli.it
- 4 Росабоев А. Т. Трибозлектрическое сортирование хлопка- сырца для получения полноценных посевных семян: автореф. дисс.... канд. техн. наук. – Ташкент. 1993.
- 5 Bin Gang Xu and Xiao Ming Tao. Techniques for Torque Modification of Singles Ring Spun Yarns // Textile Research. - October 2008. – Vol 78(10). - P. 869-879.

#### Джанпаизова Василя Мирзахмедовна

**Лауазымы:** х.ғ.к., «Тоқыма материалдарының технологиясы және жобалануы» кафедрасының доценты, М. Ауезов атындағы Оңтүстік Қазақстан мемлекеттік университеті

**Пошталық мекен-жайы:** 160013, Қазақстан Республикасы, Шымкент қ., Отырар молтекгі, 55 үй, 62 пәт.

**Ұялы тел:** +77017379117

#### Ким Ирина Степановна

**Лауазымы:** магистр, «Жеңіл өнеркәсіп бұйымдарының технологиясы және конструкциялануы» кафедрасының аға оқытушысы, М. Ауезов атындағы Оңтүстік Қазақстан мемлекеттік университеті

**Пошталық мекен-жайы:** 160013, Қазақстан Республикасы, Шымкент қ., Парниковая көшесі 14

Ұялы тел: +77076560079

**Асанов Ермек Жақсыбаевич**

**Лауазымы:** магистр, «Жеңіл өнеркәсіп бұйымдарының технологиясы және конструкциялануы» кафедрасының оқытушысы М. Ауезов атындағы Оңтүстік Қазақстан мемлекеттік университеті

**Пошталық мекен-жайы:** 160013, Қазақстан Республикасы, Шымкент қ., Терескей молтек ауданы, 33 үй, 57 пәтер

Ұялы тел: +77025365616

**Коньсбеков Сағындық Муханович**

**Лауазымы:** магистр, «Жеңіл өнеркәсіп бұйымдарының технологиясы және конструкциялануы» кафедрасының оқытушысы М. Ауезов атындағы Оңтүстік Қазақстан мемлекеттік университеті

**Пошталық мекен-жайы:** 160013, Қазақстан Республикасы, Шымкент қ., Б.Момышулы кош., 23А үй, 40 пәтер

Ұялы тел: +77475655608

**Сапалы көрсеткіш бойынша мақта шикізатын сұрыптау үшін электр өрісінде талшық үлпілдегінің берік қасиетін қолдану**

**Джанпаизова Василия Мирзахмедовна**

**Должность:** к.х.н., доцент кафедры «Технология и проектирование текстильных материалов», Южно-Казахстанский Государственный Университет им. М. Ауезова

**Почтовый адрес:** 160013 Республика Казахстан, г.Шымкент, мкр. Отырар, д.55, кв.62

**сот.телефон:** +77017379117

**Ким Ирина Степановна**

**Должность:** старший преподаватель, магистр кафедры «Технология и конструирование изделий легкой промышленности», Южно-Казахстанский Государственный Университет им. М. Ауезова

**Почтовый адрес:** 160013 Республика Казахстан, г.Шымкент, ул. Парниковая 14

**сот.телефон:** +77076560079

**Асанов Ермек Жақсыбаевич**

**Должность:** преподаватель, магистр кафедры «Технология и проектирование текстильных материалов», Южно-Казахстанский Государственный Университет им. М. Ауезова

**Почтовый адрес:** 160013 Республика Казахстан, г.Шымкент, мкр. Север дом №33, кв. 57

**сот.телефон:** ++7711465703

**Коньсбеков Сағындық Муханович**

**Должность:** преподаватель, магистр кафедры «Технология и проектирование текстильных материалов», Южно-Казахстанский Государственный Университет им. М. Ауэзова

**Почтовый адрес:** 160013 Республика Казахстан, г.Шымкент, ул.Б.Момышулы, д.23А, кв. 40

**сот.телефон:** +77475655608

**Использование упругих свойств волокон летучек в электрическом поле для сортировки хлопка-сырца по качественным показателям**

**Janpaizova Vassiliya Mirzahmedovna**

**Position:** Cand. Chem. Sci (Eng.), Assoc.Prof of the chair «Technology and design textile materials » of M. Aueзов South Kazakhstan State university

**Mailing address:** 160013, Republic of Kazakhstan, Shymkent, mcr Otrar ,55 / 62

**Mob. Phon:** +77017379117

**Kim Irina Stepanovna**

**Position:**senior lecturer, master of the Department "Technology and design of light industry products", South Kazakhstan state University. M. Aueзов

**Mailing address:** 160013, Republic of Kazakhstan, Shymkent, ParnikovayaSt.14

**Mob.Phon:** +77076560079

**Asanov Ermek Zhaksybayevich**

**Position:** teacher, master of the department "Technology and design of textile materials", South Kazakhstan State University. M. Aueзов

**Mailing address:** 160013 Republic of Kazakhstan, Shymkent, md. North house number 33, apt. 57

**Mob. Phon::** +7711465703

**Konysbekov Sagyndyk Mukhanovich**

**Position:** teacher, master of the department "Technology and design of textile materials", South Kazakhstan State University. M. Aueзов

**Mailing address:** 160013 Republic of Kazakhstan, Shymkent, B.Momyshuly St., 23A, apt. 40

**Mob. Phon::** +77475655608

**Using the elastic properties of volatile fibers in an electric field to sort raw cotton according to quality indicators**