

# ТЕХНОЛОГИИ И СРЕДСТВА МЕХАНИЗАЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА



УДК 631.331.5

**В.И. Курдюмов,  
Е.С. Зыкин,  
И.А. Шаронов**

## УНИВЕРСАЛЬНЫЙ КАТОК-ГРЕБНЕОБРАЗОВАТЕЛЬ

**Ключевые слова:** гребневой посев, сеялка-культиватор, каток-гребнеобразователь, гребень, сферические диски, уплотняющие кольца.

Мировой опыт свидетельствует о том, что технологии производства сельскохозяйственной продукции различаются в зависимости от особенностей культуры, почвенно-климатических условий, предпочтений производителя. Соответственно, с ростом числа технологий увеличивается и потребность в средствах механизации для их эффективного выполнения. Следовательно, адаптация технологических процессов и средств механизации к природно-климатическим и почвенным условиям приобретает все большее значение.

В настоящее время в сельском хозяйстве нашей страны и за рубежом интенсивнее используют агрегаты, выполняю-

щие за один проход несколько операций. Совмещение операций ускоряет технологический процесс. Это создаёт благоприятные условия для развития культурных растений, повышает их урожайность, сокращает число проходов тракторов и машин по полю, что устраняет вредное влияние уплотненной колеи от их колес на развитие растений, особенно при проведении весенних полевых работ.

Во многих агроклиматических зонах страны в условиях недостаточного увлажнения не выдерживается требуемое соотношение между температурой и влажностью почвы для культур позднего срока посева (кукуруза, соя, фасоль). Ко времени наступления оптимума температур для прорастания этих культур посевной слой почвы иссушается, поэтому приемы обработки почвы должны способствовать повышению температуры верхнего слоя

при одновременном сохранении влаги на глубине заделки семян.

Для удовлетворения агротехнических требований и обеспечения качества формирования гребня предложен каток-гребнеобразователь, который в агрегате с сеялкой-культиватором образует гребни почвы оптимальных размеров и плотности одновременно с посевом (рис. 1) [1, 2].



Рис. 1. Комбинированный посевной агрегат

Это улучшает условия прорастания семян и, в конечном итоге, увеличивает урожайность возделываемых культур. Данный агрегат позволяет совместить операции культивации, посева, образования гребней и прикатывания, что обеспечивает сокращение затрат труда, топливосмазочных материалов и сроков посева при возделывании культуры.

Каток-гребнеобразователь включает раму, состоящую из боковых балок 1, продольных балок 2 и поперечных балок 3 и 4 (рис. 2). На боковых балках 1 имеются пластины 5 с прорезями. В прорези вставлены полуоси 6, установленные с возможностями их перемещения в вертикальной плоскости и фиксирования в заданном положении. На полуосях 6 установлены сферические диски 7. На продольных балках 2 в подшипниках установлена ось с прикатывающими кольцами 8. Конструкцией предусмотрено изменение положения прикатывающих колец вместе с осью в горизонтальной плоскости.

Каток-гребнеобразователь посредством кронштейна 9 агрегируют с требуемой машиной. К кронштейну присоединена штанга 10. На штанге установлена пружина 11 для регулировки давления катка на почву.

При подготовке катка-гребнеобразователя к работе сферические диски 7 устанавливаются на требуемый угол атаки.

При необходимости изменения высоты гребня сферические диски 7 вместе с полуосями 6 перемещают по прорезям в пластине и фиксируют в требуемом положении. Изменение положения сферических дисков 7 в вертикальной плоскости позволяет использовать каток для формирования гребней почвы любых размеров (в соответствии с агротребованиями для возделывания различных культур).

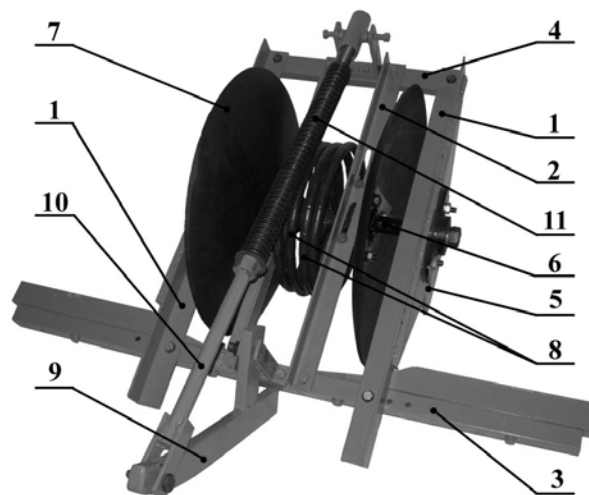


Рис. 2. Каток-гребнеобразователь:  
1 – боковые балки; 2 – продольные балки;  
3 – передняя балка; 4 – задняя балка;  
5 – пластина с прорезями; 6 – полуось;  
7 – сферические диски; 8 – прикатывающие кольца; 9 – кронштейн; 10 – штанга;  
11 – пружина

Прикатывающие кольца 8 в зависимости от угла установки сферических дисков 7 перемещают в горизонтальной плоскости и фиксируют в заданном положении. Это позволяет добиться более качественного образования гребня за счет совмещения плоскостей наибольшего давления на почву со стороны сферических дисков 7 и колец 8. Вследствие этого образуется гребень с требуемой плотностью.

Особенность работы катков такого типа состоит в том, что при изменении угла атаки  $\alpha$  сферических дисков плоскость наибольшего давления на почву, создаваемого дисками, смещается от первоначального положения на расстояние  $\lambda$  (рис. 3). В этом случае процесс формирования гребня протекает некачественно, то есть происходит частичное разрушение гребня и недостаточное его уплотнение. Для устранения этого недостатка в конструкции предусмотрено совмещение плоскостей наибольшего давления на почву сферических дисков и колец.

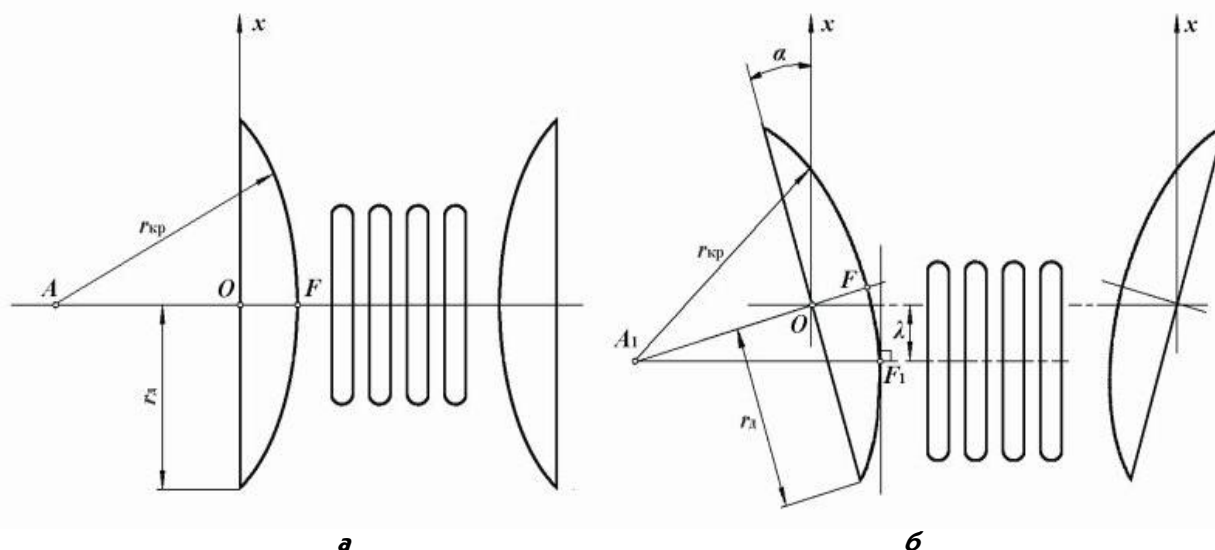


Рис. 3. К определению смещения  $\lambda$  оси колец катка-гребнеобразователя при изменении угла атаки дисков  $\alpha$ : а – угол атаки  $\alpha$  равен нулю; б – угол атаки  $\alpha$  отличен от нуля

Смещение прикатывающих колец

$$\lambda = \sin \alpha \sqrt{r_{кр}^2 - r_d^2}, \quad (1)$$

где  $r_{кр}$  – радиус кривизны сферической поверхности, м;

$r_d$  – радиус сферического диска, м.

Полученное выражение (1) устанавливает взаимосвязь смещения  $\lambda$  оси прикатывающих колец в горизонтальной плоскости от конструктивных параметров сферического диска и угла атаки диска.

Для обеспечения требуемого качества формируемого гребня почвы катком-гребнеобразователем необходимо, чтобы прикатывающие кольца оптимально уплотняли почву на глубине заделки семян, рыхлили и мульчировали верхний надсеменной слой почвы и разрушали крупные комки, расположенные на поверхности почвы.

Для разрушения почвенных комков прикатывающими кольцами катка-гребнеобразователя важно обеспечить условие защемления почвенного комка ободом кольца. При воздействии поверхности кольца на почвенный агрегат между ободом и комком почвы, а также между комком и поверхностью возникают сила  $R_1$ , характеризующая действие обода прикатывающего кольца на комок почвы, и реакция почвы  $R_2$  от действия на нее комка (рис. 4). Эти силы можно разложить, соответственно, на нормальные состав-

ляющие  $F_{н1}$  и  $F_{н2}$  и силы трения  $F_{т1}$  и  $F_{т2}$ . Если суммарное значение проекций сил трения на ось  $x$  больше суммы выталкивающих сил в проекции на ту же ось, то почвенный комок будет задерживаться между ободом кольца и поверхностью почвы и подминаться под кольцо. Если это условие не выполняется, то комок почвы выталкивается вперед, что приводит к образованию почвенного валика перед прикатывающим кольцом.

Следовательно, нужно определить конструктивно-технологические параметры рабочих элементов катка-гребнеобразователя, которые исключают образования валика почвы перед прикатывающим кольцом.

Условие защемления почвенного комка ободом кольца выполняется, когда угол контакта прикатывающего кольца с почвенным комком

$$\xi_k \geq \arctg[(\mu_1 + \mu_2)/(1 - \mu_1\mu_2)], \quad (2)$$

где  $\mu_1, \mu_2$  – коэффициенты трения прикатывающего кольца о почву и почвенного комка о почву соответственно.

Тогда диаметр прикатывающего кольца катка-гребнеобразователя можно определить в зависимости от высоты деформируемого слоя почвы  $h_d$ , диаметра почвенного комка  $d_{ПКmax}$  и оптимального угла  $\xi_k$ :

$$d_{кmin} = \frac{h_d + 0,5d_{ПКmax} \langle 1 + \cos\{\arctg[(\mu_1 + \mu_2)/(1 - \mu_1\mu_2)]\} \rangle}{1 - \cos\{\arctg[(\mu_1 + \mu_2)/(1 - \mu_1\mu_2)]\}}. \quad (3)$$

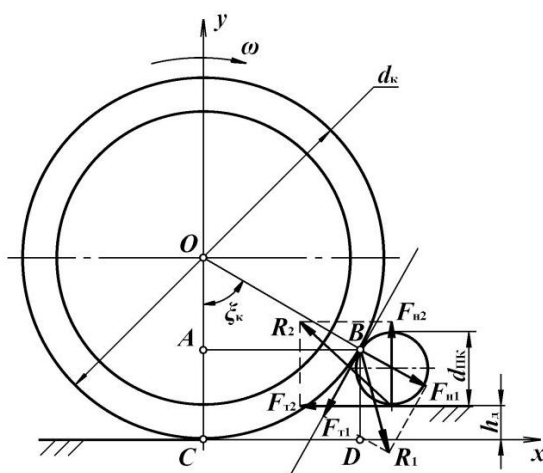


Рис. 4. Взаимодействие прикатывающего кольца с почвенным комком

В процессе работы катка-гребнеобразователя в результате воздействия прикатывающих колец на почву создается давление  $p_k$ , которое можно определить как отношение равнодействующей силы  $R_p$  от взаимодействия силы тяги  $T$ , расходуемой на преодоление сопротивления перекачиванию и вертикальной нагрузки  $P_p$ , приходящейся на почву от действия катка к площади поверхности контакта кольца с почвой  $S_k$  (рис. 5):

$$p_k = R_p / (m S_k), \quad (4)$$

где  $m$  – количество прикатывающих колец, шт.

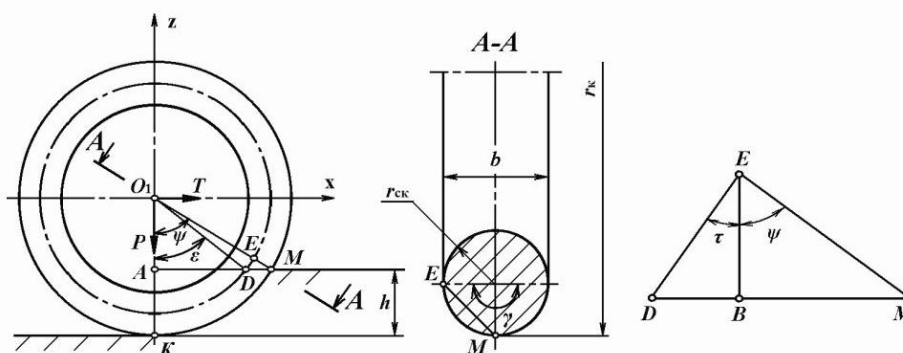


Рис. 5. К определению давления, создаваемого прикатывающим кольцом на почву

Для практических расчетов давления прикатывающих колец на почву применительно к конструктивным особенностям нового катка выражение (4) можно записать следующим образом:

$$p_k = \frac{\sqrt{P_p^2 + 0,74m(P_p^4 / 4k_{oc} b r_k^2)^{0,667}}}{3,043 \cdot 10^{-4} r_{ck} \gamma_{ц} \psi_{к} \{r_k - r_{ck} \{1 - [2 \sin(0,5\gamma_{ц})] / \gamma_{ц}\}\}}, \quad (5)$$

- где  $k_{oc}$  – коэффициент объемного смятия почвы, Н/м<sup>3</sup>;
- $b_k$  – ширина прикатывающего кольца, м;
- $r_k$  – радиус прикатывающего кольца, м;
- $r_{ck}$  – радиус сечения прикатывающего кольца, м;
- $\gamma_{ц}$  – центральный угол окружности радиусом  $r_{ck}$ , град.;
- $\psi_{к}$  – угол контакта прикатывающего кольца с почвой, град.

Таким образом, давление прикатывающих колец на почву зависит от результирующего усилия, действующего на почву, конструктивных параметров катка-гребнеобразователя и физико-механических свойств почвы.

Изменение плотности почвы в гребне после обработки катком-гребнеобразователем обусловлено воздействием его основных рабочих элементов, к которым относят прикатывающие кольца и сферические диски. В связи с этим плотность почвы в гребне  $\rho_r$  после

прохода катка-гребнеобразователя можно выразить как сумму плотности почвы после воздействия прикатывающих колец  $\rho_{пк}$  и изменение плотности под действием сферических дисков  $\Delta\rho_d$ :

$$\rho_r = \rho_{пк} + \Delta\rho_d. \quad (6)$$

Плотность почвы в гребне после воздействия прикатывающих колец  $\rho_{пк}$  можно определить по формуле, которую можно переписать с учетом конструктивных параметров разрабатываемого катка [3]:

$$\rho_{пк} = \frac{\rho_{тф}}{k_0 + 1 - j^{-1} \ln \left( \frac{\sqrt{P_p^2 + 0,74 m (P_p^4 / 4 k_{oc} b_k r_k^2)^{0,667}}}{29,82 r_{ск} \gamma_{ц} \psi_k \langle r_k - r_{ск} \{1 - [2 \sin(0,5 \gamma_{ц})] / \gamma_{ц} \} \rangle} \right)}, \quad (7)$$

где  $\rho_{тф}$  – плотность твердой фазы почвы, кг/м<sup>3</sup>;

$k_0$  – коэффициент пористости при нагрузке  $9,8 \cdot 10^4$  Па;

$j$  – коэффициент, характеризующий сжимаемость почвы.

Приращение плотности почвы  $\Delta\rho_d$  в гребне при воздействии сферического диска катка-гребнеобразователя обусловлено изменением объема почвы (рис. 6), следовательно, можно записать:

$$\Delta\rho_d = \rho_1 \langle \{1/[1 - (\Delta V/V_1)]\} - 1 \rangle, \quad (8)$$

где  $\rho_1$  – плотность почвы до прохода сферических дисков, кг/м<sup>3</sup>;

$\Delta V$  – изменение объема почвы в гребне, м<sup>3</sup>;

$V_1$  – объем почвы до уплотнения, м<sup>3</sup>.

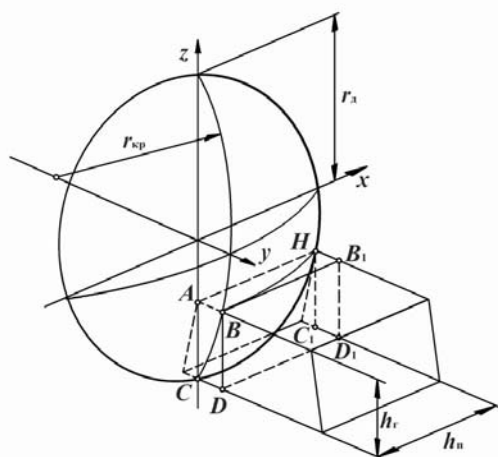


Рис. 6. К определению объема почвы, деформируемого сферическим диском

После соответствующих математических преобразований и подстановок выражение (8) примет вид:

$$\Delta\rho_d = \left\{ \rho_1 \left[ 1 - \frac{0,33 h_r r_{кр} \cos \left[ \arcsin \left( \frac{r_d - h_r}{r_{кр}} \right) \right] \left\{ \lambda + r_d \cos \alpha \cdot \cos \left[ \arcsin \left( 1 - h_r / r_d \right) \right] \right\}}{\left\{ \lambda + r_d \cos(\alpha) \cos \left[ \arcsin \left( 1 - h_r / r_d \right) \right] \right\}} \right] \times \right. \\ \left. \times \frac{1 - \cos \alpha \cdot \cos \left\{ \arcsin \left[ r_d \cos \left[ \arcsin \left( 1 - h_r / r_d \right) \right] / r_{кр} \cos \left\{ \arcsin \left[ \frac{r_d - h_r}{r_{кр}} \right] \right\} \right] \right\}}{h_r \left\{ l_M - [(m-1)/m] \int_0^{l_M} [\cos(k_M x)]^{m-2} dx \right\}} \right\} - \rho_1. \quad (9)$$



Подставим выражения (7) и (9) в формулу (6) для определения плотности почвы в гребне после обработки катком-гребнеобразователем, после чего получим:

$$\rho_{\Gamma} = \frac{\rho_{\Gamma\Phi}}{k_0 + 1 - j^{-1} \ln \left( \frac{\sqrt{P_p^2 + 0,74 m (P_p^4 / 4 k_{oc} b_k r_k^2)^{0,667}}}{29,82 r_{ck} \gamma_{II} \psi_k \langle r_k - r_{ck} \{1 - [2 \sin(0,5 \gamma_{II})] / \gamma_{II}\} \rangle} \right)} + \left\{ \rho_1 \left[ 1 - \frac{0,33 h_{\Gamma} r_{kp} \cos \left[ \arcsin \left( \frac{r_d - h_{\Gamma}}{r_{kp}} \right) \right] \{ \lambda + r_d \cos \alpha \cdot \cos [\arcsin(1 - h_{\Gamma} / r_d)] \}}{\{ \lambda + r_d \cos \alpha \cdot \cos [\arcsin(1 - h_{\Gamma} / r_d)] \}} \right] \times \frac{1 - \cos \alpha \cdot \cos \left[ \arcsin \left[ r_d \cos [\arcsin(1 - h_{\Gamma} / r_d)] / r_{kp} \cos \left[ \arcsin \left[ \frac{r_d - h_{\Gamma}}{r_{kp}} \right] \right] \right] \right]}{h_{\Gamma} \{ l_m - [(m-1)/m] \} \int_0^{l_m} [\cos(k_m x)]^{m-2} dx} \right\} - \rho_1 \quad (9)$$



Рис. 7. Растения сои через 38 дней после посева

Таким образом, с помощью выражения (9) можно определить плотность почвы в гребне после его обработки катком-гребнеобразователем в зависимости от физико-механических свойств почвы, конструктивных параметров катка-гребнеобразователя и геометрических параметров гребня.

В ходе лабораторных исследований были подтверждены теоретические закономерности процесса формирования гребня почвы, а также обоснованы оптимальные конструктивные параметры катка-гребнеобразователя, при которых плотность почвы в гребне оптимальна.

Производственные исследования разработанных средств механизации проводили в крестьянско-фермерском хозяйстве «Макаров А.В.» Чердаклинского района Ульяновской области в мае 2010 г.

При гребневом посеве всходы сои появились на 2-3 дня раньше, чем всходы сои, посеянной гладким способом на контрольном участке. Также растения сои при гребневом посеве опережали в развитии растения на контрольном участке на протяжении всего периода вегетации. Урожайность сои, посеянной гребневым способом, оказалась на 21,9% больше по сравнению с урожайностью этой культуры на контрольном участке и составила 17,8 ц/га (при гладком способе посева – 13,9 ц/га).

За период эксплуатации данным агрегатом было посеяно 50 га сои. Экономический эффект составил 4300 руб/га.

**Библиографический список**

1. Патент RU № 62765. Каток-гребнеобразователь / В.И. Курдюмов,

Е.С. Зыкин, И.А. Шаронов. – Оpubл. 10.05.2007 г. – Бюл. № 13.

2. Патент RU № 2347338. Каток-гребнеобразователь / В.И. Курдюмов, И.А. Шаронов. – Оpubл. 27.02.2009 г. – Бюл. № 6.

3. Боков Д.В. Определение плотности почвы на дне борозды, образованной сошником / Д.В. Боков // Техника в сельском хозяйстве. – 2004. – № 5. – С. 31.



УДК 534.2.26:620.22:677.017

А.Ф. Костюков

## ПРИБОРЫ И МЕТОДЫ ЛАБОРАТОРНОГО КОНТРОЛЯ ОСНОВНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ВОЛОКОН С ПОМОЩЬЮ УЛЬТРАЗВУКА

**Ключевые слова:** волокна, прочность волокон, линейная плотность, средняя длина, ультразвук, лабораторный экспресс-контроль.

В источниках литературы уже сообщалось об исследованиях по разработке метода экспресс-контроля основных технологических и потребительских свойств волокон, производимых сельскохозяйственными предприятиями [1].

Основными факторами, влияющими на изменение сигнала, являются: количество волокон в единице массы в канале прозвучивания, которое несет полезную информацию о параметрах волокон, температура, относительная влажность и барометрическое давление окружающей среды, которые искажают величину полезного сигнала. Погрешность, вызываемая нестабильностью амплитуд принимаемых колебаний, а также влиянием климатических факторов, устраняется тем, что фазовый сдвиг, вызванный изменением пути распространения вследствие огибания волокон, регистрируется по смещению пучности или узла стоячей акустической волны с помощью подстройки базы измерения в сравнении с базой измерения в отсутствие волокна. Для этого изменяют мерную базу между датчиками акустических колебаний, добиваясь пучности или узла стоячей акустической волны на приемном датчике в отсутствие образца между ними (рис. 1).

Затем помещают между датчиками эталонный пакет волокон, параметры которых определены ранее стандартными методами, и, изменяя мерную базу, до-

бываются пучности или узла стоячей акустической волны на приемном датчике. По отношению баз с эталонным образцом и без образца определяют коэффициент пропорциональности, после чего, поместив между датчиками испытуемый образец и изменяя базу, добиваются пучности или узла акустических колебаний на приемном датчике, а о параметрах волокон испытуемого образца судят по величине базы измерения, умноженной на коэффициент пропорциональности.

С помощью подобного приема можно реализовать статистический экспресс-контроль разрывной прочности и линейной плотности волокон растительного и животного происхождения, производимых сельхозпредприятиями.

Разрывная прочность волокон находится в прямо пропорциональной зависимости от толщины волокон, их массы. А поскольку изменение фазы акустического (ультразвукового) сигнала находится в обратной линейной зависимости от статистически средней толщины волокон и, следовательно, от их количества в единице массы, находящейся в зоне прозвучивания, то может быть получена однозначная линейная характеристика, позволяющая достаточно оперативно производить статистическую оценку средней прочности волокон в партии сырья [2].

Как известно, линейная плотность волокна – это масса волокна, приходящаяся на единицу длины данного волокна. Следовательно, для ее определения необходимо знание средней длины волокон в пробе, массу пробы и количество волокон в образце.