

## Определение связи лент льнотресты со стлищем при подборе их пальцами подбирающего аппарата

**Виктор Григорьевич Черников,**  
доктор технических наук, профессор,  
член-корреспондент Российской академии наук,  
главный научный сотрудник;

**Владислав Юрьевич Романенко,**  
кандидат технических наук, заведующий  
лабораторией, e-mail: v.romanenko@vniiml.ru

Всероссийский научно-исследовательский институт механизации льноводства, г. Тверь, Российская Федерация

Качество льнотресты во многом зависит от выбора способа получения тресты. В настоящее время лучшим и широко распространенным способом получения тресты считается росная мочка. Стебли льна укладывают тонким слоем на лугу (стлище), на поле из-под клевера (клеверище) или на участке, где их выращивали (льнище). В процессе вылежки лента прорастает при температуре 18 градусов Цельсия и влажности воздуха 50-60 процентов. При ее подъеме необходимо приложить определенное усилие чтобы не повредить стебли. *(Цель исследования)* Определить величину сил связи стеблей тресты с льнищем или стлищем и коэффициенты сцепления стеблей. *(Материалы и методы)* Для регистрации и замера исследуемых сил, характера процесса подъема был создан прибор, который работал совместно с измерительной информационной системой ИП 264 (БС), а также разработана методика исследований. Данную систему подключили к мобильному компьютеру с установленным в нем программным обеспечением «Испытания». Одна из особенностей программы – возможность передачи данных в формате MS Excel для дальнейшего построения графиков. *(Результаты и обсуждение)* Показали, что характер изменения сил связи стеблей в процессе их подъема, а также величина максимальной силы связи зависят от степени прорастания лент травой и густоты травостоя. *(Выводы)* При подъеме проросшей ленты склонность к разрыву непрерывности ее поступления увеличивается и проявляется при таких значениях соотношения поступательной скорости подборщика и окружной скорости конца пальца подбирающего аппарата, когда относительное удлинение ленты при подъеме на пальцах больше величины относительного удлинения в месте отрыва ее от земли, а коэффициент сопротивления отрыву лент, разостланных на клеверище, больше коэффициента сопротивления отрыву лент, разостланных на льнище и лугу.

**Ключевые слова:** льнотреста, льнище, стебель льна, сила отрыва, коэффициент сопротивления.

**Для цитирования:** Черников В.Г., Романенко В.Ю. Определение связи лент льнотресты со стлищем при подборе их пальцами подбирающего аппарата // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2018. Т. 13. №3. С. 12-16. DOI 10.22314/2073-7599-2018-12-3-12-16

## Determination of the Bonding Force Between the Rettery and Flax Swaths in Their Picking Up by Pick-Up Device Fingers

**Viktor G. Chernikov,** Dr.Sci.(Eng), Professor, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Chief Researcher;

**Vladislav Yu. Romanenko,** Ph.D.(Eng), Head of Laboratory

All-Russian Research Institute for Flax Production (VNIIML), Komsomolsky Ave., 17/56 Tver, 170041, Russian Federation, e-mail: v.romanenko@vniiml.ru

**Abstract.** The quality of flax products depends on the way of flax straw retting. Currently, the best and most widely used method of flax straw retting is way of dew retting. Flax stems are laid in a thin layer on the flax field where they were grown or on a clover or grass field. During the retting process, plants tend to grow through the flax swaths depending on the air temperature (starting from 18°C) and humidity (50-60%). Therefore, the flax straw picking up process should be done with certain efforts, however, without damaging the stems. *(Research purpose)* To determine the bonding forces of the flax straw with the rettery (a flax field or a grass field). *(Materials and methods)* The authors have designed an instrument to measure and register the considered forces as well as a general mechanism of the flax straw picking up process, which operates in

conjunction with the IP 264 (BS) measurement information system, and also developed a research methodology. This system is integrated with a laptop with the pre-installed «Testing» software. The system is adopted to use the MS Excel software to transfer data in MS Excel format for further plotting. (*Results and discussion*) It has been shown that the bonding forces of flax stems, their changing pattern, and the maximum value during the picking up process depend on the degree of penetration by grass plants into flax swaths and the grass plant density per square meter. (*Conclusions*) In process of picking up the grass-penetrated swaths, they show weak strength characteristics for transportation and an increased tendency to break the continuity of their picking up. The values of the ratio of the translational speed of a pick-up device and the rotary speed of a picking device fingertip can be greater than the value of the relative elongation at the point of pulling the swath away from the ground. The coefficient of strength to pick up the swaths from a clover reterry is higher than that of flax and grass reterries.

**Keywords:** Retted flax straw, Flax field, Flax stems, Bonding force, Coefficient of strength.

**For citation:** Chernikov V.G., Romanenko V.Yu. Determination of the bonding force between the reterry and flax swaths in their picking up by pick-up device fingers. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tehnologii*. 2018. 12:(3): 12-16. DOI 10.22314/2073-7599-2018-12-3-12-16. (In Russian)

**У**борка льна состоит из ряда последовательных операций: теребление стеблей, отделение семенных коробочек, расстил стеблей для вылежки, подбор их и прессование в крупные паковки, а также транспортирование паковок. Особое место среди перечисленных выше операций, в значительной мере определяющих качество продукции, занимает подбор стеблей и прессование их в крупные паковки [1]. Выход длинного волокна на льнозаводах во многом зависит от качества подбора тресты и ее состояния после подбора, то есть зависит от выбора способа получения тресты.

Наиболее широко распространен способ росной мочки. В настоящее время он считается наилучшим [2]. Стебли льна укладывают тонким слоем на лугу (стлище), на поле из-под клевера (клеверище), или на участке, где их выращивали (льнище). В процессе вылежки лента прорастает при температуре 18°C и влажности воздуха 50-60%. Поэтому при ее подъеме необходимо приложить определенное усилие, чтобы не повредить стебли.

Выбор величины окружной скорости концов пальцев подборщика, а также характер взаимодействия движущихся пальцев подборщика с поднимаемой лентой можно рассматривать только на основе достаточных данных о жесткости стеблей тресты и степени их связи с льнищем.

Для обеспечения чистоты подбора лент с льнища и выхода длинного волокна без потерь необходимо, чтобы лента поступала в подборщик без разрывов и сгуживания, а это зависит от выбора окружной скорости концов пальцев подбирающего аппарата, величины силы взаимодействия пальцев со стеблями [1-4].

**Цель исследований** – определить величину сил связи стеблей тресты с льнищем или стлищем и коэффициент сцепления стеблей.

**Материалы и методы.** Для регистрации и замера исследуемых сил, выявления отдельных фаз про-

цесса подъема ленты разработан прибор, функционирующий совместно с измерительной информационной системой ИП 264 (БС) (рис. 1).



Рис. 1. Общий вид измерительной системы ИП 264 подключенной к ноутбуку и модулю согласования МС-1

Fig. 1. General view of the testing system IP-264 connected to the laptop and the module of coordination MC-1

Система предназначена для научно-исследовательских целей, а также энергетической, эксплуатационно-технологической оценок машин и проведения тяговых испытаний тракторов. Она обеспечивает прием дискретных и аналоговых сигналов от первичных преобразователей любого типа. Прибор и принципиальная схема измерений приведены на рис. 2.

На рисунке 2 представлены силовое звено 1 и приборы, размещенные в передвижной измерительной системе ИП 264 (БС). Данная система была подключена мобильному компьютеру, с установленным в нем программным обеспечением «Испытания» с возможностью передачи данных в формате MS Excel для дальнейшего построения графиков.

Силовое звено представляет из себя упругую резиновую пластину прямоугольного сечения 30×40 мм с двумя наклеенными на него проволочным датчиками. Связь между силовым звеном, измерительной системой ИП 264 (БС) и ноутбуком осуществляется с помощью проводного соединения. Использовали переносной источник питания 12 В.

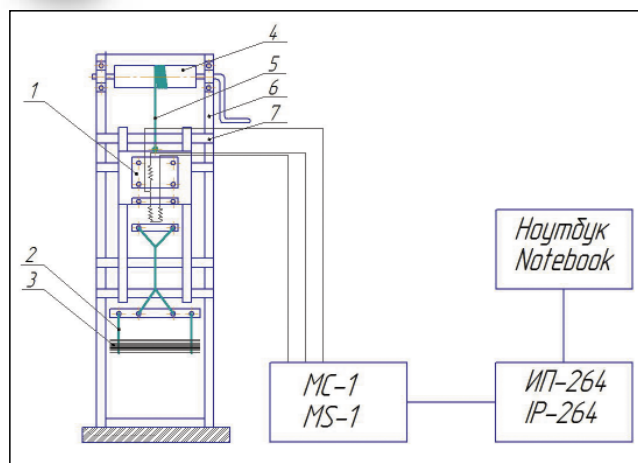


Рис. 2. Прибор и принципиальная схема для измерения сил связи лент льнотресты со стлещем

Fig. 2. The device and the basic scheme for the measuring of bonding forces of the flax stems swaths with the field

**РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ.** Опыты проводили в Бежецком районе Тверской области. Прибор устанавливали вдоль разостланной ленты. Концы гибких тросиков 2 пропускали под ленту 3 так, чтобы не нарушалась связь между стеблями тресты и льнищем. При вращении барабаника 4 на него наматывался тросик 5, перемещая вверх по направляющим 6 салазки 7. Салазки увлекали за собой прикрепленную к ним резиновую пластину с наклеенными датчиками (силовое звено), которая через тросик и рейку была связана с поднимаемыми стеблями ленты тресты 3.

За счет сил связи стеблей тресты с льнищем резиновая пластина деформировалась, вместе с ней деформировались и наклеенные на ее поверхность рабочие датчики.

При деформации датчиков менялось их сопротивление, а, следовательно, мост выходил из состояния баланса: ток попадал в согласующий модуль МС-1, из него – в систему ИП 264 (БС), а далее сигнал поступал в ноутбук, который регистрировал усиления связи стеблей с льнищем.

Каждый из опытов имел десятикратную повторяемость на различных лентах и с разным количеством одновременно поднимаемых стеблей.

Предварительно была проведена тарировка силового звена путем деформирования его в условиях, сходных с рабочими. На рис. 3 показана нагрузочная характеристика силового звена.

На осциллограммах фиксировали: характер изменения сил связи стеблей в процессе их подъема, а также величину максимальной силы связи для определенного количества стеблей.

Если сравнить характер изменения кривых на осциллограммах разных опытов (с разным количеством стеблей), то нетрудно заметить, что независимо от количества стеблей кривые на осциллограм-

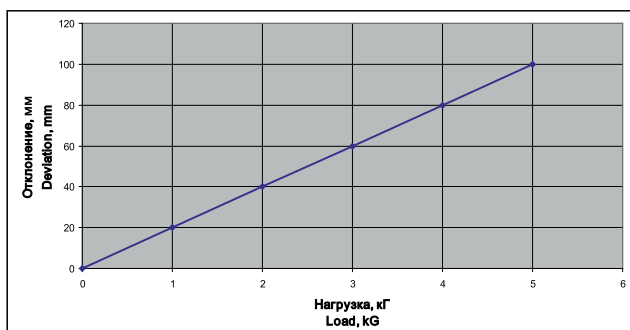


Рис. 3. Нагрузочная характеристика силового звена

Fig. 3. Load characteristic of the power link

мах по своей форме аналогичны и отличаются только величиной ординат. На каждой осциллограмме можно выделить три характерных участка (рис. 4).

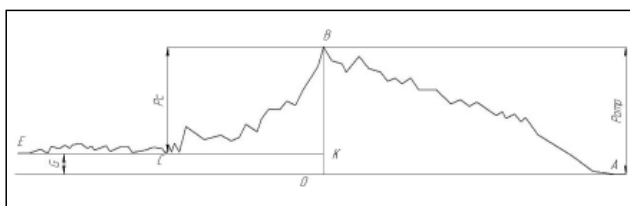


Рис. 4. Характеристика отдельных фаз отрыва ленты:

$A$  – начало отрыва;  $B$  – максимальная сила отрыва ленты;  $C$  – конец отрыва

Fig. 4. Characteristics of the phases of a flax swath's detachment:  $A$  – beginning;  $B$  – maximum banding force;  $C$  – the ending of detachment

Участок  $AB$  – участок соответствует максимальному сопротивлению стеблей отрыву. Точка  $A$  – начало фазы отрыва стеблей тресты от льнища (нарушение связей захваченных стеблей с травянистым покровом льнища и с соседними стеблями лент). Точка  $B$  – максимальная сила связи стеблей с льнищем соответствует моменту отрыву стеблей от льнища на большей их части по ширине ленты.

Участок  $BC$  – на нем происходит дальнейший и окончательный отрыв стеблей по всей ширине ленты с характерным падением силы связи. Точка  $C$  соответствует концу фазы отрыва стеблей от льнища.

Участок  $CE$  параллелен оси абсцисс и соответствует массе поднятых стеблей со льнища. Точка  $E$  – конец подъема стеблей льна.

Как отмечалось выше, точка  $B$  соответствует максимальному значению силы связи стеблей с льнищем, а ее величина на осциллографе – ординате  $BO$ . Обозначим ее через  $P_{отр}$ . Ордината  $KO$  на осциллограмме соответствует весу поднятых стеблей  $G$ . Тогда разность между  $P_{отр}$  и весом стеблей расценивается как сила сцепления стеблей с льнищем, то есть  $P_{сц}$ , которой на осциллограмме соответствует ордината  $BK$ .

Математически эту зависимость можно выразить формулой:



$$P_{\text{сц}} = P_{\text{отр}} - G, \tag{1}$$

или

$$P_{\text{отр}} = P_{\text{сц}} + G. \tag{2}$$

Сила сцепления стеблей с льнищем  $P_{\text{сц}}$  может быть выражена в виде:

$$P_{\text{сц}} = l_{\text{ср}} c f_{\text{сц}}, \tag{3}$$

где  $l_{\text{ср}}$  – средняя длина стеблей, м;

$c$  – длина участка захвата стеблей, м;

$f_{\text{сц}}$  – коэффициент сцепления или коэффициент сопротивления отрыву стеблей, кг/м<sup>2</sup> [5, 6].

Произведение  $l_{\text{ср}} c$  – площадь, занимаемая поднятыми стеблями, м<sup>2</sup>. Если известно среднее количество стеблей  $n$  шт./пог.м, то легко установить зависимость между количеством стеблей  $m$ , шт., находящихся на участке  $c$  и  $n$  [7]:

$$m = cn, \tag{4}$$

или:

$$c = m/n. \tag{5}$$

Формулу (3) можно переписать в виде:

$$P_{\text{сц}} = l_{\text{ср}} \frac{m}{n} f_{\text{сц}} \tag{6}$$

Если подставить значение силы сцепления  $P_{\text{сц}}$  в формулу (2), получим:

$$P_{\text{отр}} = l_{\text{ср}} \frac{m}{n} f_{\text{сц}} + G. \tag{7}$$

Вес поднятых стеблей с участка можно выразить формулой:

$$G = q_{\text{ср}} m, \tag{8}$$

где  $q_{\text{ср}}$  – средний вес одного стебля.

Уравнение (7) можно переписать с учетом уравнения (8) в виде:

$$P_{\text{отр}} = l_{\text{ср}} \frac{m}{n} f_{\text{сц}} + q_{\text{ср}} m. \tag{9}$$

Как показали экспериментальные исследования, для разного вида льнищ и стлищ эта сила значительно изменяется при одном и том же количестве стеблей  $m$  и зависит от высоты травостоя, его густоты и вида, а также от других факторов.

Средняя величина силы отрыва в зависимости от количества стеблей  $m$ , а также пределы ее колебания в зависимости от вида льнища при том же количестве стеблей  $m$  приведены в таблице.

Зависимость силы отрыва  $P_{\text{отр}}$  от количества стеблей приведена на рисунке 5. Экспериментально найденные величины  $P_{\text{отр}}$  для разного вида льнищ и стлищ с учетом формулы (9) позволяют вычислить пределы изменения коэффициента сопротивления стеблей отрыву для лент, разостланных:

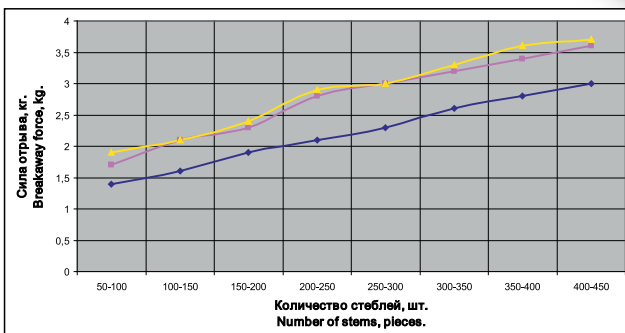


Рис. 5. Зависимость силы отрыва  $P_{\text{отр}}$  от количества поднимаемых стеблей: желтая линия – льнище с растительным покровом 150 г/м<sup>2</sup>; розовая – льнище с растительным покровом 137 г/м<sup>2</sup>; синяя – льнище с растительным покровом 105 г/м<sup>2</sup>  
 Fig. 5. Dependence of the bonding force  $P$  on the number of lifted stems: yellow line – flax field with the plants of biomass in 150 g/m<sup>2</sup>; pink line – Flax field with the plants of biomass in 137 g/m<sup>2</sup>; blue line – Flax field with the plants of biomass in 105 g/m<sup>2</sup>

- на льнищах  $f_{\text{сц}} = 0,0015 - 0,0020$  кг/см<sup>2</sup>;
- на лугу  $f_{\text{сц}} = 0,001 - 0,0018$  кг/см<sup>2</sup>;
- по клеверищу  $f_{\text{сц}} = 0,0025 - 0,0046$  кг/см<sup>2</sup>.

Table		Таблица		
ИЗМЕНЕНИЕ СИЛЫ ОТРЫВА $P_{\text{отр}}$ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ КОЛИЧЕСТВА ПОДНИМАЕМЫХ СТЕБЛЕЙ И ВИДА ЛЬНИЩА				
CHANGE IN THE DETACHMENT FORCE $P_{\text{отр}}$ DEPENDING ON THE NUMBER OF PICKED UP FLAX STEMS AND THE TYPE OF RETTERY				
Количество стеблей, шт. Number stems, pieces	Сила отрыва $P_{\text{отр}}$ , кг, Bonding force, kg			
	льнище с растительным покровом 105 г/м <sup>2</sup> , Flax field with the plants of biomass in 105 g/m <sup>2</sup>	льнище с растительным покровом 137 г/м <sup>2</sup> , Flax field with the plants of biomass in 137 g/m <sup>2</sup>	льнище с растительным покровом 150 г/м <sup>2</sup> , Flax field with the plants of biomass in 150 g/m <sup>2</sup>	
50-100	1,4	1,7	1,9	
100-150	1,6	2,1	2,1	
150-200	1,9	2,3	2,4	
200-250	2,1	2,8	2,9	
250-300	2,3	3,0	3,0	
300-350	2,6	3,2	3,3	
350-400	2,8	3,4	3,6	
400-450	3,0	3,6	3,7	

**Выводы.**

Повышение качества льносырья, определяющее конкурентоспособность отрасли, требует изучения особенностей уборки льна в различных условиях созревания тресты и применения технических средств, наиболее эффективно выполняющих технологические этапы [8]. Проведенные эксперименты по изучению особенностей отрыва лент льна, приготовленных на различных фонах, показали:

- чем больше по высоте и густоте травостой, то есть чем больше проросли ленты травой, тем выше коэффициент сопротивления отрыву, а следовательно, тем большие усилия необходимо приложить, чтобы оторвать стебли от земли;

- коэффициент сопротивления отрыву лент, разостланных на клеверище, больше коэффициента сопротивления отрыву лент, разостланных на льнище и лугу;

- при подъеме проросшей ленты склонность к разрыву непрерывности ее поступления увеличивается и реализуется при таких значениях соотношения поступательной скорости подборщика и окружной скорости концов пальцев подбирающего аппарата, когда относительное удлинение ленты при подъеме на пальцах больше величины относительного удлинения в месте отрыва ее от земли.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Черников В.Г., Ростовцев Р.А., Романенко В.Ю. Исследование подбирающего аппарата с жесткими зубьями // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2011. N2. С. 34-36.
2. Родионова А.Е. Технология выращивания и первичной переработке льна-долгунца // *Монография*. Тверь. 2008. 442 с.
3. Черников В.Г., Ростовцев Р.А., Романенко В.Ю., Пучков Е.М. Влияние характеристик условий работы на надежность и точность выполнения технологических процессов льноуборочными машинами // *Механизация и электрификация сельского хозяйства*. 2016. N4. С. 9-11.
4. Ростовцев Р.А., Дмитриев В.И. Определение коэффициента трения стеблей о поверхность почвы // *Достижения*

1. *ния науки и техники АПК*. 2006. N4. С. 16-18.
5. Ковалев М.М., Апыхин А.М., Лачуга Д.Ю., Толстущко Н.А. Повышение эффективности прессования льноволокна в кипы // *Сільськогосподарські машини*. 2014. N27. С. 61-67.
6. Шило И.Н., Дашков В.Н. Ресурсосберегающие технологии сельскохозяйственного производства // *Монография*. Минск. 2003. 182 с.
7. Uschapovsky I. The Russian flax sector: bottlenecks and solutions // *Journal of Natural Fibers*. 2009. 6. N1. 108-113.
8. Marchenkov A., Rozhmina T., Uschapovsky I., Muir A.D. Cultivation of flax // *Flax: the genus Linum*. Edited by Alister D. Muir and Neil D. Westcott. New York, 2003. P. 74-91.

### REFERENCES

1. Chernikov V.G., Rostovtsev R.A., Romanenko V.Yu. Issledovanie podbirayushchego apparata s zhestkimi zubyami [Study of the pick-up mechanism with rigid teeth] // *Selskokhozyaystvennye mashiny i tekhnologii*. 2011. N2: 34-36. (In Russian)
2. Rodionova A.Ye. Tekhnologiya vyrashchivaniya i pervichnoy pererabotke lna-dolguntsa [Technology of cultivation and primary processing of fiber flax] // *Monograph*. Tver. 2008: 442. (In Russian)
3. Chernikov V.G., Rostovtsev R.A., Romanenko V.Yu., Puchkov Ye.M. Vliyaniye kharakteristik usloviy raboty na nadezhnost i tochnost vpolneniya tekhnologicheskikh protsessov lnoborochnymi mashinami [Influence of working conditions on the reliability and accuracy of technological processes performed by flax harvesting machines] // *Mekhanizatsiya i elektrifikatsiya selskogo khozyaystva*. 2016. N4: 9-11. (In Russian)
4. Rostovtsev R.A., Dmitriev V.I. Opredeleniye koeffitsienta treniya stebley o poverkhnost pochvy [Determination of the

1. coefficient of friction between stems and the soil surface] // *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*. 2006. N4: 16-18. (In Russian)
5. Kovalev M.M., Apykhin A.M., Lachuga D.Yu., Tolstushko N.A. Povysheniye effektivnosti pressovaniya lnovolokna v kipy [Increasing the efficiency of pressing flax fiber into bales] // *Silskogospodarski mashiny*. 2014. N27: 61-67. (In Russian)
6. Shilo I.N., Dashkov V.N. Resursosberegayushchie tekhnologii selskokhozyaystvennogo proizvodstva [Resource-saving technologies of agricultural production] // *Monograph*. Minsk. 2003: 182. (In Russian)
7. Uschapovsky I. The Russian flax sector: bottlenecks and solutions // *Journal of Natural Fibers*. 2009. 6. N1: 108-113. (In English)
8. Marchenkov A., Rozhmina T., Uschapovsky I., Muir A.D. Cultivation of flax // *Flax: the genus Linum*. Edited by Alister D. Muir and Neil D. Westcott. New York, 2003: 74-91. (In English)

**Статья поступила в редакцию 19.04.2018**

**Статья принята к публикации 22.05.2018**

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Conflict of interest.** The authors declare no conflict of interest.