



УДК 631.358:633.521

DOI 10.22314/2073-7599-2018-11-4-20-23

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРА ИНТЕНСИВНОСТИ ОТРЫВА КОРОБОЧЕК ЛЬНА ПРИ РАБОТЕ ОЧЕСЫВАЮЩЕГО УСТРОЙСТВА

Черников В.Г.^{1,2*},
член-корр. РАН, докт. техн. наук, профессор;

Ростовцев Р.А.¹,
докт. техн. наук, профессор

¹Всероссийский научно-исследовательский институт механизации льноводства, Комсомольский проспект, 17/56, г. Тверь, 170041, Российская Федерация, *e-mail: vniim11@mail.ru

²Тверская государственная сельскохозяйственная академия, ул. Маршала Василевского, 7, пос. Сахарово, г. Тверь, 170904, Российская Федерация

Уборка льна состоит из ряда последовательных технологических процессов: теребления, отделения семенных коробочек от стеблей, расстила стеблей, оборачивания стеблей во время вылежки, подбора их и прессования в крупные упаковки, погрузка и транспортирование паковок. Особое место среди перечисленных выше операций, в значительной мере определяющих качество получаемой продукции, занимает отделение семенных коробочек от стеблей. Определение параметра интенсивности отрыва коробочек льна при работе очесывающего устройства мало изучено. Параметр интенсивности отрыва не показывает в явном виде его зависимость от конструктивных особенностей и режима работы очесывающего устройства. Рассмотрели эту связь на примере гребневого очесывающего аппарата, у которого зубья на гребне различные, со случайно уменьшающимся шагом от начала к концу. Существующие очесывающие аппараты не обеспечивают качественного очеса стеблей льна. Поэтому проведены теоретические и экспериментальные исследования гребневого очесывающего аппарата. Разработаны программа и методика исследований очесывающего аппарата. Рассмотрены теоретические основы интенсивности очеса гребневым очесывающим аппаратом. Определены факторы, влияющие на повреждаемость стеблей: геометрические параметры зубьев, число одновременно работающих гребней, последовательность очеса, соотношение скоростей зубьев и зажимного транспортера. К факторам, влияющим на интенсивность очеса, относятся характеристики очесываемого слоя, степень созревания льна, средневзвешенные значения эффективности одиночного воздействия. В льноуборочных комбайнах ЛК-4А и ЛКВ-4А с повышением частоты очесывающего аппарата до 2,87 об/мин и скорости зажимного транспортера от 1,54 до 1,58 м/с интенсивность снизилась до 3,02 зуб./см, а чистота очеса повысилась до 98 процентов. На основании этого следует считать интенсивность 3,02 зуб./см как минимально допустимую, и чистота очеса может быть повышена не более чем на 2 процента.

Ключевые слова: льноуборочный комбайн, гребневой очесывающий аппарат, зубья, стебли льна, семенные коробочки.

■ **Для цитирования:** Черников В.Г., Ростовцев Р.А. Определение параметра интенсивности отрыва коробочек льна при работе очесывающего устройства // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2017. №2. С. 20-23

DETERMINATION OF PARAMETER OF INTENSITY OF FLAX BALLS SEPARATION DURING COMB DESEEDER OPERATION

Chernikov V.G.^{1,2*},
corr. member of PAS, Dr. Sc. (Eng.);

Rostovtsev R.A.¹,
Dr. Sc. (Eng.)

¹All-Russia Research Institute for Flax Production Mechanization, Komsomol'skiy prospekt, 17/56, Tver, 170041, Russian Federation, *e-mail: vniim11@mail.ru

²Tver State Agricultural Academy, Marshala Vasilevskogo St., 7, set. Sakharovo, Tver, 170904, Russian Federation

Flax harvesting consists of serial technological processes: pulling, separation of seed bolls from stalks, stalks spreading out, turning during a rest, picking up of them and baling in large packages, loading, and transportation. One of the most important operations is seed balls separation from stalks. Determination of parameter of intensity of flex balls combing by deseeder operation is a little studied. Parameter of intensity of a separation doesn't show clearly its dependence on design features and an operating mode of the unit. The authors considered this relation by the example of the comb deseeder which has different tines on a ridge with accidentally decreasing spacing towards the end. The existing deseeders do not provide



qualitative combings of flax stalks. Therefore, theoretical and pilot researches of the ridge comb deseeder were conducted. The program and a technique of researches of the comb deseeder were developed. The theoretical basics of intensity of combing by the comb deseeder are covered. The various factors influence damageability of stalks: geometrical parameters of tines, number of at the same time operating combs, sequence of combing, ratio of tines speeds and gripping conveyor. Characteristics of a combed layer, a flax maturing level, the weight-average values of efficiency of single influence belong to the factors influencing intensity of combing. In the flax harvesters LK-4A and LKV-4A with increase in frequency of the comb deseeder to 2.87 rpm and speeds of the gripping conveyor from 1.54 to 1.58 meter per second the intensity decreased up to 3.02 tine per centimeter, and combing purity increased up to 98 percent. So, intensity 3.02 tine per centimeter should be considered as minimum admissible, and combing purity should be increased no more than by 2 percent.

Keywords: Flax harvester; Ridge comb deseeder; Tines; Flax stalks; Seed bolls.

For citation: Chernikov V.G., Rostovtsev R.A. Determination of parameter of intensity of flax balls separation during comb deseeder operation. *Sel'skokhozyaystvennye mashiny i tekhnologii*. 2017; 4: 20-23. DOI 10.22314/2073-7599-2018-11-4-20-23. (In Russian)

Уборка льна состоит из ряда последовательных технологических процессов: теребления стеблей, отделения семенных коробочек от стеблей, расстила стеблей, оборачивания стеблей во время вылежки, подбора их и прессования в крупные упаковки, погрузка и транспортирование паковок. Особое место среди перечисленных выше операций, в значительной мере определяющих качество получаемой продукции, занимает отделение семенных коробочек от стеблей. Определение параметра интенсивности отрыва коробочек льна при работе очесывающего устройства мало изучено.

Цель исследования – определение факторов, влияющих на интенсивность очеса и повреждаемость стеблей льна.

Материалы и методы. Определение интенсивности очеса и режимов соотношения скоростей зубьев и зажимного транспортера относится к процессу теоретических и экспериментальных задач.

Результаты и обсуждение. Параметр интенсивности отрыва и вывода из слоя оторванных коробочек не показывает в явном виде их зависимость от конструктивных особенностей и режимов работы очесывающих устройств. Поэтому установим в общем виде его связь с количеством удельных воздействий, то есть воздействий, приходящихся на единицу длины очесываемого слоя льна за время отработки, и его эффективность (интенсивность) с учетом конструктивных параметров и режимов работы очесывающих устройств [1].

Рассмотрим эту связь на примере гребневого очесывающего аппарата, у которого зубья на гребне размещены со ступенчато уменьшающимся шагом от начала к концу.

Поскольку при очесе зубья гребней очесывающего аппарата внедряются в слой и стебли при движении протаскиваются между ними, процесс отрыва и выделения из слоя семенных коробочек, в отличие от уравнений кинетики, имеет импульсный характер при непрерывном движении ленты

льна в камере очеса.

За одну секунду движения через рабочее пространство камеры очеса очесывающего аппарата слой подвергается прочесам гребнями очесывающего барабана [2, 3]:

$$m' = \frac{Z_6 Z_r n}{60}, \tag{1}$$

где Z_6 – число барабанов; Z_1 – число гребней на барабане; n – частота вращения очесывающего барабана, мин⁻¹.

Тогда число прочесов за время t будет равно:

$$m = \frac{Z_6 Z_r n \cdot t}{60}, \tag{2}$$

где t – время очеса, мин.

Очевидно, что длительность одного прочеса одним гребнем равна

$$t_{\text{г}} = \frac{f}{m}, \tag{3}$$

где m – число прочесов.

Известно, что средняя частота расстановки зубьев на гребне равна [2]:

$$k_r = \frac{Z_3}{10^3 L_r}, \tag{4}$$

где Z_3 – число зубьев на гребне; L_r – длина гребня, м.

Тогда число воздействий одним зубом на 1 см очесываемого слоя за время отработки t , или удельное число воздействий (по Б.П. Можарову), равно [2]:

$$Q = m \cdot k_r = \frac{Z_6 Z_r Z_3 n}{60 \cdot 10^3 \cdot L_r}. \tag{5}$$

$$\text{Допустим, что } \beta \cdot t = \delta_1 \cdot m, \tag{6}$$

где δ_1 – эффективность одного процесса одним гребнем.

Поскольку при одном процессе $m = 1$ и $t = t_{\text{г}}$, то

с учетом (3) имеем:

$$\beta = \frac{\delta_1 \cdot 1}{t_n} = \frac{\delta_1 \cdot m}{t}, \quad (7)$$

тогда действительно $\beta \cdot t = \delta_1 \cdot m$.

Докажем, что при однородных воздействиях, когда $\delta = const$,

$$\delta_1 \cdot m = \delta \cdot Q = \beta \cdot t, \quad (8)$$

где δ – эффективность одного воздействия одним зубом на 1 см слоя льна при шаге между зубьями $t_3 = const$.

Из (8) с учетом (5) имеем:

$$\frac{\delta_1}{\delta} = \frac{Q}{m} = k_r, \text{ откуда } \delta = \frac{\delta_1}{k_r}. \quad (9)$$

Но из (7) видим, что $\delta_1 = \beta \cdot t_n$, тогда с учетом (3) находим, что

$$\delta = \frac{\beta \cdot t_n}{k_r} = \frac{\beta \cdot t}{m \cdot k_r} = \frac{\beta \cdot t}{Q}$$

и, следовательно, при однородных воздействиях

$$\delta \cdot Q = \beta \cdot t. \quad (10)$$

Тогда в соответствии с равенством (10) выражение показателя чистоты очеса для случая неоднородных воздействий зубьями можем записать:

$$\mathcal{E}(Q) = 1 - e^{-\beta Q}. \quad (11)$$

Продифференцировав (11) по Q и определив предел при $Q \rightarrow 0$, получим:

$$\lim_{Q \rightarrow 0} \frac{d\mathcal{E}(Q)}{dQ} = \lim_{Q \rightarrow 0} \delta e^{-\beta Q} = \delta, \quad (12)$$

где δ – средневзвешенное значение интенсивности единичного воздействия для гребня с неравномерной расстановкой зубьев.

Следовательно, при $Q = 1$, что соответствует и щелевому аппарату, показатели недочеса и чистоты очеса можно выразить уравнениями:

$$H_1 = e^{-\delta}, \quad (13)$$

$$\mathcal{E}_1 = 1 - H_1 = 1 - e^{-\delta} \text{ и } H_1 = 1 - \mathcal{E}_1. \quad (14)$$

Если рассматривать в первом приближении очеса льна как детерминированную механическую модель, то при первом воздействии гребня на элемент слоя длиной 1 см будут очесаны \mathcal{E}_1 семенных коробочек от общего их числа x_0 . При втором – $\mathcal{E}_2 = \mathcal{E}_1(1 - \mathcal{E}_1)$, при третьем – $\mathcal{E}_3 = \mathcal{E}_1(1 - \mathcal{E}_1)(1 - \mathcal{E}_1)$ и т.д. Следовательно, если после первого воздействия чистота очеса будет $\mathcal{E}_1 = 1 - (1 - \mathcal{E}_1)^1$, после двух воздействий $\mathcal{E}_2 = \mathcal{E}_1 + \mathcal{E}_1(1 - \mathcal{E}_1)$, или $\mathcal{E}_2 = 1 - (1 - \mathcal{E}_1)^2$, после трех воздействий $\mathcal{E}_3 = 1 - (1 - \mathcal{E}_1)^3$, то после единичных воздей-

ствий чистота его очеса будет равна:

$$\mathcal{E}(Q) = 1 - (1 - \mathcal{E}_1)^Q = 1 - H_1^Q.$$

Тогда с учетом (13) и (14) будем иметь:

$$\mathcal{E}(Q) = 1 - (e^{-\delta})^Q = 1 - e^{-\delta Q} \text{ и } H(Q) = e^{-\delta Q}. \quad (15)$$

Как видим, получено выражение, аналогичное (11), поэтому равенство (10) справедливо.

Прологарифмировав (13), находим, что

$$\delta = -\ln H_1. \quad (16)$$

Таким образом, в импульсном процессе очеса льна гребнем со ступенчато убывающим шагом зубьев средневзвешенное значение технологической константы равно натуральному логарифму недочеса от единичного воздействия.

Тогда выражение чистоты очеса (11) можно написать в виде:

$$\mathcal{E}(Q) = 1 - e^{m H_1 Q}. \quad (17)$$

С целью проверки из (15) находим, что

$$1 - \mathcal{E}(Q) = (1 - \mathcal{E}_1)^Q. \quad (18)$$

Прологарифмировав (18), найдем значение Q :

$$\ln[1 - \mathcal{E}(Q)] = Q \ln(1 - \mathcal{E}_1),$$

откуда:

$$Q = \frac{\ln[1 - \mathcal{E}(Q)]}{\ln(1 - \mathcal{E}_1)} = \frac{\ln H(Q)}{\ln H_1}. \quad (19)$$

Но поскольку из (16) следует, что $\ln H_1 = -\delta$, то $-\delta \cdot Q = \ln H(Q) = \ln[1 - \mathcal{E}(Q)]$. Потенцируя последнее выражение и преобразуя его, получаем:

$$\mathcal{E}(Q) = 1 - e^{-\delta Q}, \text{ что аналогично (11). Значения } H_1 \text{ и}$$

определяют экспериментально.

Из (11) и (12) следует, что характер протекания процесса очеса льна определяется средневзвешенным значением эффективности единичного воздействия. Чем выше эта эффективность, тем быстрее, при меньшем числе воздействий Q , будет отделена от стеблей заданная часть семенных коробочек, то есть достигнута установленная агротехническими требованиями технологическая эффективность процесса – чистота очеса – $\mathcal{E}(Q)$ (см. рисунок).

Следовательно, для данного рабочего органа с его конструктивными параметрами, режимом работы, характеристиками очесываемого слоя и другими факторами (условиями) средневзвешенная интенсивность единичного воздействия – δ действительно является единственной физической константой, предписывающей кинетику процесса очеса льна.

Поэтому, при прочих равных условиях, должно соблюдаться условие:

$$\mathcal{E}(Q) = 1 - e^{-\delta Q}$$

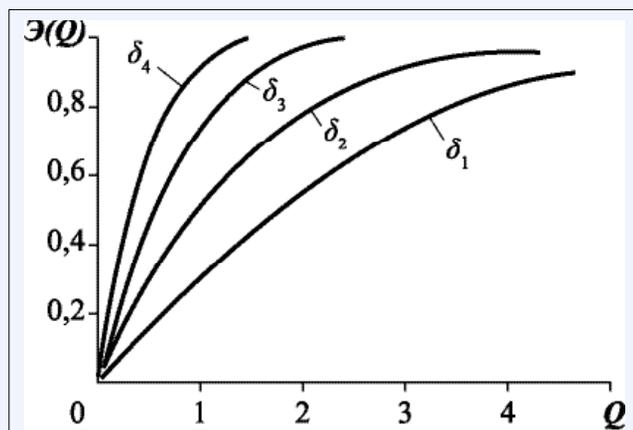


Рис. Зависимость чистоты очеса от δ и Q ($\delta_1 < \delta_2 < \delta_3 < \delta_4$)
 Fig. Depending of combing cleanliness on δ and Q ($\delta_1 < \delta_2 < \delta_3 < \delta_4$)

или

$$\frac{\delta_1}{\delta_2} = \frac{Q_2}{Q_1} \tag{20}$$

Из (20) следует, что если у двух очесывающих аппаратов имеет место $\delta_2 < \delta_1$, то для обеспечения той же эффективности процесса (чистоты очеса) у аппарата с интенсивностью единичного воздействия δ количество воздействий должно быть Q_2 , причем $Q_2 > Q_1$.

Наконец, из выражений (13), (10) и (15) определим интенсивность процесса – β .

Если $H(Q) = e^{-\beta Q}$ и $H(t) = e^{-\beta t}$, то при $\beta \cdot t = \delta \cdot Q$ получим $H(Q) = H(t)$. Логарифмируя и преобразуя это выражение, находим:

$$\beta = -\frac{\ln H(Q)}{t} \tag{21}$$

Выводы. В льноуборочных комбайнах ЛК-4А и ЛКВ-4А с повышением частоты очесывающего аппарата до $n = 2,87 \text{ мин}^{-1}$ и скорости зажимного транспортера с $V_{тр} = 1,54$ до $V_{тр} = 1,58 \text{ м/с}$ интенсивность снизилась до $Q = 3,02 \text{ зуб./см}$, а чистота очеса до 98%. На основании этих данных, по мнению Б.П. Можарова, интенсивность $Q = 3,02 \text{ зуб./см}$ следует рассматривать как минимально допустимую. Но и значительное повышение интенсивности очеса не рационально, так как с ее увеличением чистота очеса может быть повышена не более чем на 2%, а увеличение числа воздействий на стебли может привести к значительному росту их повреждаемости. Кроме отмеченных факторов, на повреждаемость стеблей оказывают влияние по той же причине параметры зубьев, число одновременно работающих гребней, последовательность очеса, соотношение скоростей зубьев и зажимного транспортера. За предельную скорость зубьев при очесе свежесобранного льна принята скорость 9 м/с. Влияние этих факторов нами учтено при конструировании очесывающих аппаратов выпускаемых машин [4].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Черников В.Г., Порфирьев С.Г., Ростовцев Р.А. Очесывающие аппараты льноуборочных машин. Монография. М., 2004. 305 с.	3. Шлыков М.И. Льноуборочный комбайн. М.: Mashgiz, 1949. 300 с.
2. Можаров Б.П. Исследование, обоснование и разработка аппаратов для обмолота льна-долгунца: Дис. ... канд. техн. наук. М.: ВИСХОМ, 1968. 128 с.	4. Черников В.Г., Романенко В.Ю., Андрощук В.С., Шишин Д.А. Пути повышения надежности льноуборочных машин // Техника и оборудование для села. 2017. N2(236). С. 30-33.

REFERENCES

1. Chernikov V.G., Porfir'ev S.G., Rostovtsev R.A. Ochesyvyayushchie apparaty l'nouborochnykh mashin [Combing units of flax harvesters]. Monografiya. Moscow, 2004: 305. (In Russian)	3. Shlykov M.I. L'nouborochnyy kombayn [Flax harvester]. Moscow: Mashgiz, 1949: 300. (In Russian)
2. Mozharov B.P. Issledovanie, obosnovanie i razrabotka apparatov dlya obmolota l'na-dolguntsa [Research, justification and working out of units for fiber flax thresh]: Dis. ... kand. tekhn. nauk. Moscow: VISKhOM, 1968: 128. (In Russian)	4. Chernikov V.G., Romanenko V.Yu., Androshchuk V.S., Shishin D.A. Ways to improve reliability of flax harvesters. <i>Tekhnika i oborudovanie dlya sela</i> . 2017; 2(236): 30-33. (In Russian)

Критерии авторства. Все авторы несут ответственность за представленные в статье сведения и плагиат.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution. The authors are responsible for information and plagiarism avoiding.

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