

## ВЫБОР ПАРАМЕТРОВ ОДНОБАРАБАННОГО ОЧЕСЫВАЮЩЕГО АППАРАТА ЛЬНОУБОРОЧНЫХ МАШИН

Г.А. Радишевский,

доцент каф. сельскохозяйственных машин БГАТУ, канд. техн. наук, доцент

Н.П. Гурнович,

доцент каф. сельскохозяйственных машин БГАТУ, канд. техн. наук, доцент

Г.Н. Портянко,

доцент каф. сельскохозяйственных машин БГАТУ, канд. техн. наук, доцент

С.Р. Белый,

ст. преподаватель каф. сельскохозяйственных машин БГАТУ

*В статье представлены результаты теоретических исследований выбора параметров очесывающего аппарата льноуборочного комбайна в зависимости от параметров льна.*

*Ключевые слова: лен, очесывающий аппарат, льнокомбайн, коробочки льна, повреждения стеблей.*

*The results of the theoretical studies of choosing parameters of the flax harvester boller depending on the parameters of flax are presented in the article.*

*Keywords: flax, boller, flax harvester, flax bolls, stem damage.*

### Введение

Лен-долгунец является одной из важнейших технических культур, используемых в Республике Беларусь. В настоящее время значение льна как возобновляемого источника натурального текстильного сырья возросло из-за уменьшения поставок хлопка и, в первую очередь, диктуется необходимостью обеспечения текстильных предприятий конкурентоспособным отечественным сырьем.

Наиболее трудоемким и затратным процессом в льноводстве является уборка, на долю которой, в зависимости от принятой технологии, приходится 65...80 % затрат труда, 55...75 % денежных средств и до 40 % затрат энергии. Отделение семенной части урожая от стеблей льна имеет важное значение в комплексе уборочных работ.

Используемые в настоящее время очесывающие устройства, согласно агротехническим требованиям, должны обеспечить полностью отделение коробочек не менее 98 %, отход в путанину стеблей – не более 3 % и повреждения стеблей – не более 5 %. Применяемые очесывающие устройства не отвечают агротехническим требованиям, так как образуют большое количество путанины и повреждения стеблей льна при входе зубьев в ленту.

Одним из путей решения данной проблемы является разработка очесывающих устройств, позволяющих снизить повреждения стеблей с разрывом волокна, а также уменьшить отход стеблей в путанину, кото-

рая попадая в льноворох, значительно увеличивает затраты на его сушку и дальнейшую переработку.

В связи с этим возникает необходимость разработки очесывающего аппарата, обеспечивающего качественный очес коробочек с меньшей вероятностью повреждения стеблей льна.

### Основная часть

Наибольшее распространение в льноуборочных машинах получил очесывающий однобарабанный аппарат гребневого типа (рис. 1), который представ-

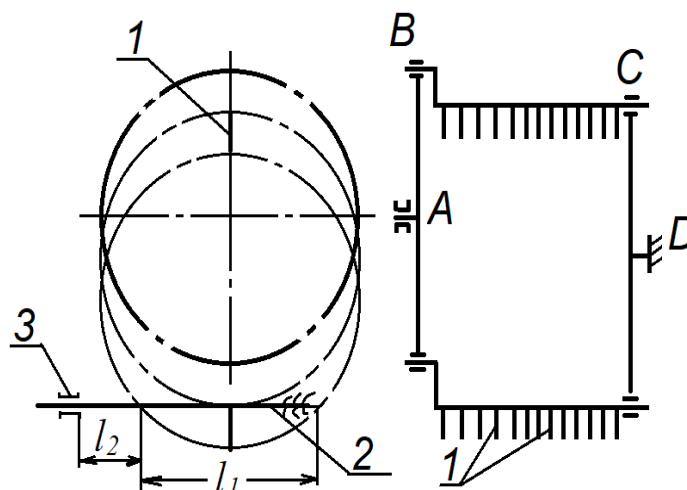


Рисунок 1. Однобарабанный очесывающий аппарат:  
1 – очесывающий зуб; 2 – стебель льна; 3 – транспортер  
зажимной;  $l_1$  – зона прочеса;  $l_2$  – «мертвая» зона

ляет собой ряд четырехзвенных параллелограммных механизмов (ABCD), на звеньях которых (BC) установлены гребенки с зубьями 1. Расстояние между зубьями различны. Первая группа зубьев со стороны подачи ленты стеблей – с большими промежутками. Эти зубья делают первые прочесы, выравнивая положение стебля в ленте. Промежутки между последующими зубьями меньше, в этой зоне зубья очесывают коробочки растений. Зубья совершают плоскопараллельное движение, очес осуществляется в зоне  $l_1$ . В зоне  $l_2$  отделение коробочек не происходит. С целью уменьшения изломов стеблей, необходимо, чтобы зона  $l_2$  была минимальна, иначе будет повышенный отход стеблей в путанину при очесе, их повреждение (излом) при входе зубьев в ленту и т.д.

В результате проведенного анализа параметров, характеризующих конструкции очесывающих аппаратов, а также способов очеса, установлено, что одним из перспективных направлений является применение в комбайнах активного очесывающего аппарата [1-3], который имеет ряд преимуществ перед другими конструкциями. Особенностью данной конструкции является направление отрывного усилия, действующего от граблин по линии стебля, что уменьшает вероятность излома стебля и равномерно действует на основание коробочки. В результате обеспечивается минимальный отход стеблей в путанину и минимальная повреждаемость – меньшая вероятность излома стеблей.

С целью уменьшения повреждения стеблей, предлагается использовать очесывающий аппарат, схема которого представлена на рисунке 2.

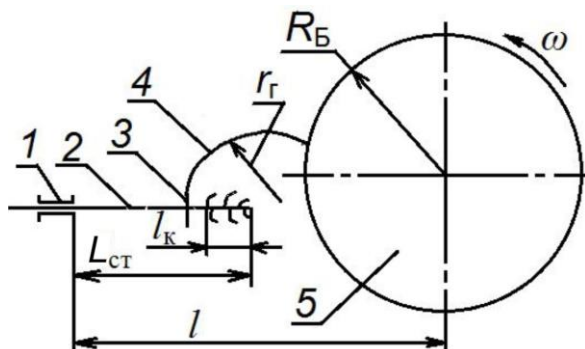


Рисунок 2. Расчетная схема к определению радиуса кривизны граблины и числа на барабане:

1 – транспортер зажимной; 2 – стебель льна;  
3 – участок граблины криволинейный; 4 – участок граблины прямолинейный; 5 – барабан очесывающий

Очесывающий аппарат состоит из зажимного транспортера 1, подающего ленту льна 2 к очесывающему барабану 5. На очесывающем барабане установлены граблины, имеющие два участка: прямой участок 3, обеспечивающий вход зубьев вертикально в ленту льна (перпендикулярно стеблю) и участок 4, имеющий криволинейную форму, который обеспечивает очес коробочек от стеблей льна.

Введенный в параметры очесывающего аппарата прямолинейный участок обеспечивает предварительный расчес льна, если стебли льна между собой будут перепутаны, что уменьшит их отход в путанину. При этом криволинейный участок граблины центрирует коробочки относительно стеблей и способствует созданию равномерного усилия отрыва.

Для качественного очеса коробочек от стеблей льна, граблины должны воздействовать на всю зону расположения семенных коробочек растений. Поэтому для обеспечения полного прочеса ленты льна граблиной, радиус кривизны (рис. 2) должен удовлетворять условию [1]:

$$\frac{l - R_B}{2} \geq r_G < \frac{l - L_{СТ} + l_K - \frac{U_{ЗТ}}{\omega}}{1 + \frac{U_{ЗТ}}{\omega R_B}}, \quad (1)$$

где  $R_B$  – радиус барабана;

$r_G$  – радиус граблины;

$l$  – расстояние от зажимного транспортера до оси барабана,  $l = (1,05 \dots 1,15)$  м [5];

$L_{СТ}$  – длина стеблей от места зажима до вершины,  $L_{СТ} = (0,60 \dots 0,72)L_{СТ}$  [5];

$L$  – длина стебля льна,  $L_{СТ} = (0,80 \dots 1,25)$  м, [4];

$l_K$  – зона расположения семенных коробочек в ленте льна,  $l_K = (0,06 \dots 0,24)$  м [4];

$\omega$  – угловая скорость барабана,  $\omega = (26,17 \dots 32,45)$  с<sup>-1</sup> [5]

$U_{ЗТ}$  – скорость зажимного транспортера,  $U_{ЗТ} = 1,6 \dots 2,4$  м/с [5].

$$R_B = \frac{U_{ЗТ} \cdot 60}{n \cdot z \sin \alpha (\sin \beta + \cos \beta)}, \quad (2)$$

где  $n$  – обороты очесывающего барабана,  $n = 250 \dots 310$  об/мин, [5];

$z$  – число гребней, одновременно участвующих в очесе ( $z = 1$ );

$\alpha$  – угол наклона вала очесывающего барабана к горизонту,  $\alpha = 0^\circ$ ;

$\beta$  – угол очеса ( $\beta = 45^\circ$  – при четырех и более гребней, установленных на барабане).

$$R_B = \frac{2,00 \cdot 60}{200 \cdot 1 \cdot \sin 0^\circ (\sin 45^\circ + \cos 45^\circ)} = 0,42 \text{ м.}$$

Радиус кривизны граблины:

$$\frac{1,10 - 0,42}{2} \geq r_G < \frac{1,10 - 0,77 + 0,20 - \frac{2,00}{20,93}}{1 + \frac{2,00}{20,93 \cdot 0,42}}$$

$$0,34 \text{ м} \geq r_G < 0,56 \text{ м.}$$

Оптимальное значение радиуса кривизны граблины для средней длины льна

$L = 1,10$  м и расположения коробочек льна в ленте  $l_K = 0,2$  м является  $r_G = 0,36$  м.

Количество прочесов, при котором обеспечится отделение коробочек льна от стеблей:

$$z \geq (2\pi \cdot U_{3T}) \times \left( \omega \left( \left( \frac{U_{3T}}{\omega} + \frac{U_{3T} \cdot r_r}{\omega \cdot R_b} + r_r - l + l_{CT} - l_k \right) \times \left( 2r_r - \frac{U_{3T}}{\omega} - \frac{U_{3T} \cdot r_r}{\omega R_b} - r_r + l - l_{CT} + l_k \right) \right)^{0,5} \right)^{-1} \quad (3)$$

$$z \geq (2 \cdot 3,14 \cdot 2,00) \times \left( 20,93 \left( \left( \frac{2,00}{20,93} + \frac{2,00 \cdot 0,36}{20,93 \cdot 0,42} + 0,36 - 1,10 + 0,77 - 0,20 \right) \times \left( 2 \cdot 0,36 - \frac{2,00}{20,93} - \frac{2,00 \cdot 0,36}{20,93 \cdot 0,42} - 0,36 + 1,10 - 0,77 + 0,20 \right) \right)^{0,5} \right)^{-1} = 4,99.$$

Для обеспечения очеса коробочек от стеблей льна, необходимо на барабане установить пять гребенок.

Максимальная длина граблины из условия обеспечения прочеса ленты льна:

$$L_{\min} \geq 1,1R_b \sqrt{2(1-m)(z-1)},$$

где  $m$  – коэффициент, характеризующий растянутость пучка ленты,  $m = 0,50 \dots 0,55$  [3].

$$L_{\min} \geq 1,1 \cdot 0,42 \sqrt{2(1-0,50)(5-1)} = 0,93 \text{ м.}$$

Выражение (4) устанавливает математическую зависимость между скоростью зажимного транспортера (скоростью подачи льна к очесывающему аппарату), радиусом очесывающего аппарата и количеством граблин, одновременно участвующих в очесе ( $z$ ).

$$n = \frac{60 \cdot U_{3T}}{R_b \cdot z \cdot \sin \alpha (\sin \beta + \cos \beta)} \quad (4)$$

На основании данных таблицы 1 построены графики, устанавливающие зависимость числа оборотов очесывающего аппарата от скорости подачи льна зажимным транспортером и количеством очесов, необходимых для отделения коробочек льна от стеблей.

**Таблица 1. Исходные данные для определения зависимости между частотой вращения и радиусом барабана**

$U_{3T}$	$R_b$ , м.	$z$ , шт.
3,5	0,4	3
4,0	0,5	4
4,5	0,6	5

Обработка зависимости (4) с помощью статистического пакета программ *Portable Statistica 10 RU* для оценки влияния факторов, при учете их взаимодействия, позволила построить поверхности откликов и карты линий уровней (рис. 3-5).

Из анализа зависимостей (3) и (4) следует, что основными факторами, влияющими на качество очеса, являются обороты очесывающего аппарата, которые для льна длиной стебля  $L = (0,80 \dots 1,25)$  м должны быть в пределах  $n = (240 \dots 280)$  мин<sup>-1</sup> при скорости подачи льна зажимным транспортером  $U_{3T} = (1,4 \dots 1,8)$  м/с и числом прочеса ленты  $z = 3 \dots 4$ .

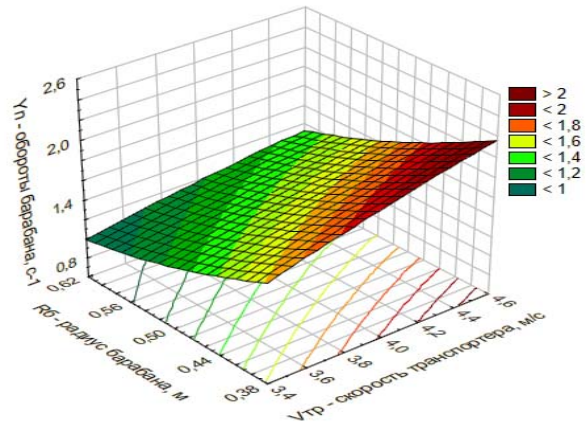


Рисунок 3. Поверхность отклика и карта линий уровней, характеризующих изменение частоты вращения барабана  $Y_n$  от факторов  $U_{3T}$  и  $R_b$  (в натуральной форме) при постоянном значении фактора  $z$

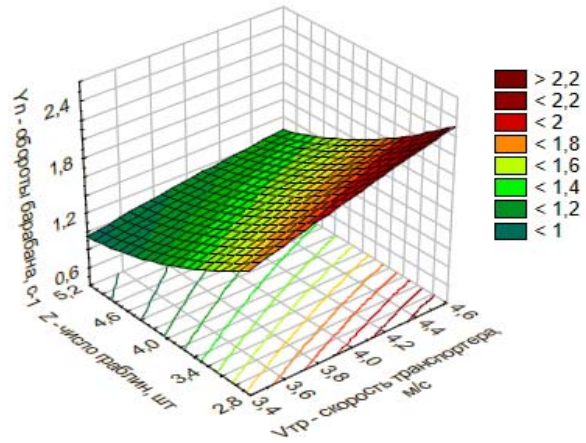


Рисунок 4. Поверхность отклика и карта линий уровней, характеризующих изменение частоты вращения барабана  $Y_n$  от факторов  $U_{3T}$  и  $z$  (в натуральной форме) при постоянном значении фактора  $R_b$

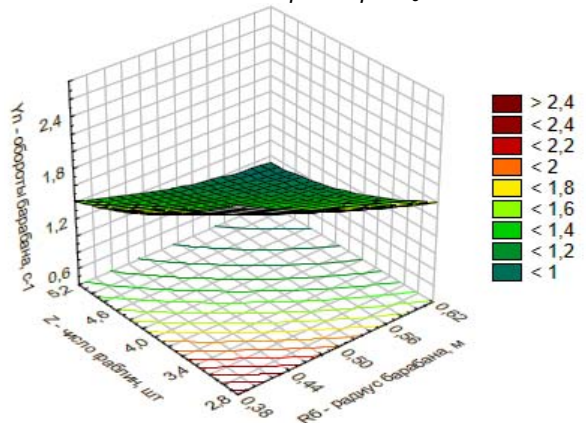


Рисунок 5. Поверхность отклика и карта линий уровней, характеризующих изменение частоты вращения барабана  $Y_n$  от факторов  $R_b$  и  $z$  (в натуральной форме) при постоянном значении фактора  $U_{3T}$

Результаты экспериментальных исследований предлагаемой конструкции очесывающего аппарата представлены на рисунках 6, 7.

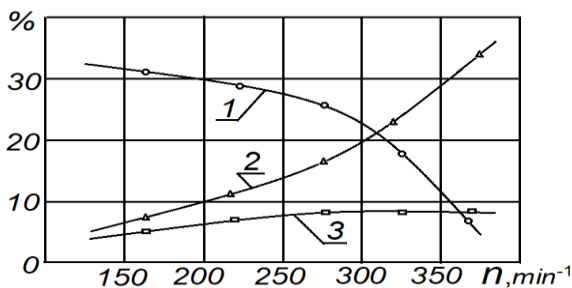


Рисунок 6. Показатели очесывающего аппарата: 1 – повреждения стеблей; 2 – разрывы стеблей; 3 – раздавленные стебли

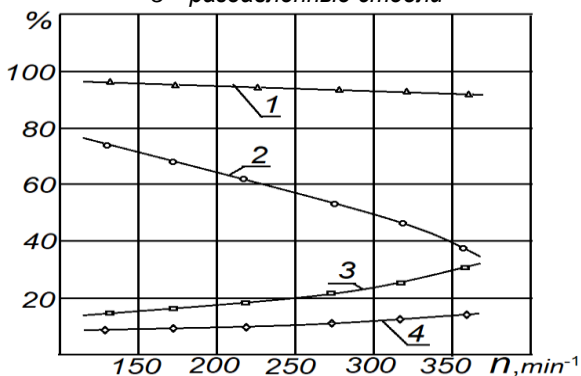


Рисунок 7. Оценка очеса коробочек в зависимости от частоты вращения очесывающего барабана: 1 – чистота очеса; 2 – наличие коробочек в ворохе; 3 – свободные семена; 4 – повреждаемые стебли

Анализируя данные, приведенные на рисунках 6 и 7, можно отметить, что наибольшее влияние на разрыв стеблей оказывают обороты очесывающего аппарата, а наличие коробочек в ворохе уменьшается с увеличением оборотов очесывающего аппарата. Чи-

стога очеса с увеличением оборотов очесывающего барабана изменяется не существенно.

### Заключение

Получена зависимость (1), устанавливающая зависимость кривизны граблины от длины очесывающего стебля льна и зоны расположения коробочек льна в ленте. Оптимальная кривизна криволинейного участка гребенки для льна длиной  $L_{ст.} = (0,8...1,25)$  м составляет 0,36 м.

Оптимальное значение оборотов очесывающего аппарата, при котором обеспечивается максимально возможная чистота очеса коробочек льна от стеблей при длине льна  $L_{ст.} = (0,8...1,25)$  м, обеспечивается при вращении барабана 240...280 мин<sup>-1</sup>.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Ковалев, М.М. Анализ динамики гребневых очесывающе-транспортирующих барабанов льноуборочных машин / М.М. Ковалев // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2013. – № 4. – С. 2-4.
2. Порфирьев, С.Г. Основы теории очесывающих устройств льноуборочных машин / С.Г. Порфирьев // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2004. – № 12. – С. 31-34.
3. Черников, В.Г. Конструкции очесывающих аппаратов и их анализ / В.Г. Черников // Наука и производство – пути развития и ожидаемые результаты: 11-я междунар. науч.-практ. конф., Вологда, 11-13 марта 2008 г.: тез. докл. – Вологда. – 2008. – С. 260-268.
4. Черников, В.Г. Машины для уборки льна. Конструкция, теория и расчет / В.Г. Черников. – М.: ИНФА – М, 1999. – 210 с.
5. Хайліс, Г.А. Основи теорії і розрахунку сількогосподарських машин: навч. пос. / Г.А. Хайліс. – Київ: Вид-во УСГА, 1992. – 240 с.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 01.03.2022

**“Агропанорама” - научно-технический журнал для работников агропромышленного комплекса. Это издание для тех, кто стремится донести результаты своих исследований до широкого круга читателей, кого интересуют новые технологии, кто обладает практическим опытом решения задач.**

Журнал “Агропанорама” включен в список изданий, рекомендуемых Высшей аттестационной комиссией для опубликования результатов диссертационных исследований по техническим (сельскохозяйственное машиностроение и энергетика, технический сервис в АПК), экономическим (АПК) и сельскохозяйственным наукам (зоотехния).

Журнал выходит один раз в два месяца, распространяется по подписке и в розницу в киоске БГАТУ. Подписной индекс в каталоге Республики Беларусь: для индивидуальных подписчиков - 74884, предприятий и организаций - 748842.

Стоимость подписки на 1-е полугодие 2022 года: для индивидуальных подписчиков - 34,92 руб., ведомственная подписка - 36,72 руб.