

## АНАЛИЗ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ УСТРОЙСТВ ДЛЯ ОТДЕЛЕНИЯ СЕМЕННОЙ ЧАСТИ ОТ СТЕБЛЕЙ ЛЬНА

М. В. ЦАЙЦ, магистр техн. наук, ст. преподаватель  
В. А. ЛЕВЧУК, канд. техн. наук, доцент  
С. В. КУРЗЕНКОВ, канд. техн. наук, доцент  
А. Д. БУЛАТКИН, А. В. ШИК, студенты

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,  
Горки, Республика Беларусь

**Введение.** Проектирование новой техники и технических средств для механизации уборки льна требует научно-обоснованные решения. Важную роль в проектировании инженерных конструкций играют теоретические и экспериментальные исследования [2, 3, 9–11, 13–15].

**Цель работы** – анализ теоретических и эмпирических исследований устройств для отделения семенной части льна от стеблей.

**Материалы и методика исследований.** М. И. Шлыковым [16] установлены основополагающие соотношения и зависимости для расчета параметров и режимов работы однобарабанного гребневого очесывающего аппарата. Ему принадлежат термины «мертвая» зона и «активная» зона очеса, а также «уплотняющая способность» аппарата. Им получена формула для определения числа прочесов  $n_{пр}$ , характеризующая процесс отделения семенных коробочек:

$$n_{пр} = \frac{n_6 \cdot z_{г} \cdot L_{г} \cdot \cos \alpha}{60 \cdot v_{тр}}, \quad (1)$$

где  $n_6$  – частота вращения очесывающего барабана, об/мин;

$z_{г}$  – число гребней, шт.;

$L_{г}$  – длина гребня, м;

$\alpha$  – угол наклона барабана к зажимному транспортеру, рад.;

$v_{тр}$  – скорость зажимного транспортера, м/с.

Величину активной зоны очеса, которая должна быть больше или равна ширине зоны расположения семенных коробочек в ленте льна, уплотняющую способность гребня –  $\eta$  и угол –  $\beta$  отклонения стеблей зубьями М. И. Шлыков рекомендует определять по формулам:

$$a \geq D \cdot \cos \alpha + L_{г} \cdot \sin \alpha, \quad (2)$$

где  $D$  – диаметр барабана, м;

$$\eta = \frac{l_{\text{сл}}}{1 - \frac{b}{t_3}}, \quad (3)$$

где  $l_{\text{сл}}$  – коэффициент, учитывающий увеличение толщины пронизываемого зубьями слоя;

$b$  – толщина зуба, м;

$t_3$  – шаг зуба, м.

Г. А. Хайлис, Б. П. Можаров и В. Н. Бухаркин предложили методику определения ширины активной зоны очесывающего аппарата [4], в которой, согласно положению, высказанному М. И. Шлыковым в работе [5], для обеспечения выделения всех семян и коробочек необходимо, чтобы ширина активной зоны аппарата была больше или равна зоне расположения семенных коробочек в массе стеблей (снопах или ленте). Это условие может быть выражено формулой

$$a \geq a_1 \cdot m \cdot \mu, \quad (4)$$

где  $a$  – ширина активной зоны очесывающего аппарата, м;

$a_1$  – ширина зоны расположения семенных коробочек в стеблестое, м;

$m$  – коэффициент, учитывающий неточность подачи лент или снопов в аппарат;

$\mu$  – коэффициент, учитывающий растянутость лент или снопов льна.

При механизированной уборке агротехническими требованиями растянутость снопов и лент льна допускается не более, чем в 1,2 раза. Поэтому максимальную растянутость принимали за расчетный коэффициент, т. е.  $\mu = 1,2$ .

Коэффициент неточности подачи лент в очесывающие аппараты при уборке комбайном или снопов при очесе на льномолотилках, определенный экспериментально Б. П. Можаровым, находится в пределах 1,1–1,3. С учетом зависимости этого показателя от навыков механизаторов и рабочих за расчетную величину принимали его среднее значение, т. е.  $m = 1,2$ . Исходя из принятых величин, ширина активной зоны очесывающего аппарата должна быть не менее 65 см.

По результатам экспериментальных исследований среднее значение ширины зоны очеса составило  $m_b = 35$ –56 см. Таким образом, ка-

чество очеса будет зависеть от того, насколько случайный процесс  $B_n(t)$  согласован с шириной активной зоны очесывающего аппарата  $a$ , обусловленной диаметром  $D$  очесывающего барабана. Авторы утверждают, что увеличение диаметра нецелесообразно, так как повышается количество путанины в ворохе, и что важным резервом повышения чистоты очеса является непрерывный контроль зоны очеса ленты льна и регулирование высоты теребления, угла наклона зубьев очесывающего аппарата или его положения относительно ленты льна.

С. В. Курзенков, В. А. Левчук, М. В. Цайц получили модель деформации семенной коробочки льна при сжатии ее рабочими органами, а также предложили зависимость для определения минимального молотильного зазора образуемого рабочими органами обмолачивающего устройства [6, 7]:

$$\Delta_{\min} = 2 \cdot \sqrt[3]{\frac{3}{4} \cdot \frac{V_c \cdot n_c}{\pi}}, \quad (5)$$

где  $V_c$  – объем семени,  $\text{м}^3$ ;

$n_c$  – количество семян в коробочке льна, шт.

Также ими была предложена зависимость для определения объема слоя стеблей льна, находящегося под воздействием бича обмолачивающего устройства [6]:

$$V_{\text{р.з}} = \frac{b_6 \cdot L_{\text{ст}} \cdot (h_{\text{в}} - h_{\text{к}})}{2}, \quad (6)$$

где  $b_6$  – ширина бича, м;

$L_{\text{ст}}$  – длина участка ленты льна, на которой происходит воздействие бича, м;

$h_{\text{в}}$  – толщина ленты стеблей в верхушечной части ленты льна, м;

$h_{\text{к}}$  – толщина ленты стеблей в начале взаимодействия бича с лентой льна, м.

По мнению М. И. Шлыкова ширина его активной зоны, которая определяется расстоянием между точками входа и выхода гребней из слоя стеблей, должна быть больше или равна ширине зоны расположения коробочек в слое стеблей, подаваемых зажимным транспортером. Ширина активной зоны гребневого очесывающего аппарата льноуборочного комбайна ЛК-7 определялась по формуле

$$a = \sqrt{(L_{M3} + L_{\Gamma} \sin \alpha + D \cos \alpha)^2 (1 + \sin^2 \alpha) + D^2 \left( \sin \alpha - \frac{\pi v_{\Gamma}}{2 v_r} \right)^2 - \frac{L_{M3}}{\cos \alpha}}, \quad (7)$$

где  $v_r$  – наибольшая скорость гребня, м/с.

Представленная зависимость учитывает лишь конструктивные параметры очесывающего аппарата, тогда как вопрос соответствия ширины активной зоны и ширины зоны расположения коробочек остался не раскрытым.

В. С. Астахов, С. В. Курзенков, О. В. Гордеенко [1] предложили зависимость для определения увеличения ширины зоны расположения коробочек после тербления  $\Delta l$  учитывающую кинематические характеристики работы уборочного агрегата и агробиологические особенности стеблестоя, при уборке тербильными аппаратами с продольными криволинейными ручьями типа ЛК-4А и «Двина-4М»:

$$\Delta l = l_{\text{ст}} \left( \frac{\sqrt{S_M^2 + \frac{b_{\text{тер}}^2}{4} + (r_k - L \cdot \sin(\chi + \alpha_p - \alpha_{\text{рн}}))^2}}{r_k - L \cdot \sin(\chi + \alpha_p - \alpha_{\text{рн}})} - 1 \right), \quad (8)$$

где  $S_M$  – путь, пройденный сельскохозяйственной машиной за время  $t$ , м;  
 $b_{\text{тер}}$  – ширина захвата секции тербильного аппарата, м;  
 $r_k$  – радиус полевого колеса, м;  
 $L$  – расстояние от оси вращения полевого колеса до точки начала затягивания стеблей льна в тербильный ручей, м;  
 $\chi$  – угол определяющий наклон к горизонту в крайнем нижнем положении тербильного аппарата, рад;  
 $\alpha_p$  – угол наклона тербильного ручья, рад;  
 $\alpha_{\text{рн}}$  – угол наклона тербильного аппарата к горизонту в крайнем нижнем положении, рад.

Б. П. Можаровым [8] впервые была введена новая характеристика процесса – удельное число прочесов  $Q$ , характеризующая чистоту очеса гребневого аппарата независимо от его конструкции:

$$Q = \frac{v_6 \cdot z_6 \cdot z_{\Gamma} \cdot z_3}{200 \cdot \pi \cdot v_{\Gamma} \cdot R_6}, \quad (9)$$

где  $z_6$  – число барабанов, шт.;  
 $z_{\Gamma}$  – число гребней барабана, шт.;  
 $z_3$  – число зубьев гребня, шт.

Определены также критические значения удельного числа прочесов для одно- и двухбарабанных гребневых аппаратов, выполнены экспериментальные исследования по определению влияния скорости удельного числа прочесов на чистоту очеса, повреждения стеблей и отходов в путанину.

Работы П. Ф. Прибыткова [12] и П. К. Шрамко [17] посвящены выбору оптимального соотношения скорости зажимного транспортера и очесывающего барабана.

Оптимальное соотношение скорости зажимного транспортера  $v_{\text{тр}}$  и частоты вращения очесывающего барабана, а также среднюю скорость очеса  $v_{\text{оч}}$  П. Ф. Прибытков предлагает определять по следующим выражениям [12]:

$$v_{\text{тр}} = \sin \alpha (\sin \beta + \cos \beta) \frac{R_{\text{б}} \cdot n_{\text{б}}}{15}, \quad (10)$$

где  $\beta$  – угол наклона гребня к плоскости стеблей, рад;

$R_{\text{б}}$  – радиус очесывающего барабана, м;

$n_{\text{б}}$  – частота вращения очесывающего барабана, об/мин.

$$v_{\text{оч}} = \frac{2\pi \cdot R_{\text{б}} \cdot n_{\text{б}} \cdot \sin \beta \cdot \cos \beta}{60 \cdot \beta}. \quad (11)$$

**Заключение.** Полученные разными учеными аналитические зависимости, описывающие процесс отделения семенных коробочек от стеблей льна, применимы в основном для рабочих органов очесывающих устройств, имеющих систему гребней или щелевое пространство.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Астахов, В. С. Анализ формирования растянутости ленты льна-долгунца при уборке комбайновой технологией / В. С. Астахов, С. В. Курзенков, О. В. Гордеенко // Вестн. БГСХА. – 2022. – № 2. – С. 180–186.
2. Булаткин, А. Д. Анализ обеспеченности льносеющих хозяйств Могилевской области техническими средствами для уборки льна-долгунца / А. Д. Булаткин, М. В. Цайц // Научный поиск молодежи XXI века. – Горки: БГСХА, 2023. – С. 288–290.
3. Булаткин, А. Д. Анализ сил, действующих на конструкцию очесывающего модуля льноуборочного комбайна ЛК-4А / А. Д. Булаткин, М. В. Цайц // Актуальные вопросы механизации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2023. – С. 57–59.
4. Быков, Н. Н. Исследование технологического процесса и устройств для зажима стеблей в льноуборочных комбайнах: дис. ... канд. техн. наук / Н. Н. Быков. – Торжок, 1969. – 163 с.
5. Кудрявцев, А. Н. Повышение эффективности обмолота льновороха эластичными вальцами молотилки: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01 / А. Н. Кудрявцев. – Горки, 2001. – 182 с.

6. Курзенков, С. В. Методика расчета параметров слоя стеблей льна в зоне обмо­лота / С. В. Курзенков, В. А. Левчук, М. В. Цайц // Вестн. БГСХА. – 2022. – № 1. – С. 154–159.

7. Курзенков, С. В. Обоснование скорости зажимного транспортера обмолачивающего устройства линии первичной переработки льна / С. В. Курзенков, В. А. Левчук, М. В. Цайц // Агропанорама. – 2022. – № 1 (149). – С. 14–19.

8. Можаров, Б. П. Исследование, обоснование и разработка аппаратов для обмо­лота льна-долгунца: дис. ... канд. техн. наук / Б. П. Можаров. – Москва: ВИСХОМ, 1968. – 128 с.

9. Планирование и обработка результатов отсеивающего эксперимента обмо­лота льнотресты устройством с эластичным рабочим органом / В. А. Левчук [и др.] // Инно­вационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производ­ства. – Горки: БГСХА, 2023. – Вып. 8. – С. 171–178.

10. Повышение эффективности получения семян льна-долгунца при комбайновой уборке / В. А. Шаршунов [и др.] // Вестн. НГИЭИ. – 2023. – № 7 (146). – С. 44–59.

11. Поисковые эксперименты процесса выделения минеральных примесей из вороха льнокостры транспортером с волнообразной колеблющейся сетчатой лентой / В. А. Шаршунов [и др.] // Агропанорама. – 2023. – № 3 (157). – С. 8–13.

12. Прибытков, П. Ф. Экспериментальные исследования процесса очеса льна у комбайна ЛК-7: дис. ... канд. техн. наук / П. Ф. Прибытков. – Ленинград: Пушкин, 1952. – 177 с.

13. Результаты производственных испытания и экономическая оценка применения роторного бильно-вычесывающего устройства на льноуборочном комбайне / В. А. Шаршунов [и др.] // Вестн. НАН Беларуси. Серия аграрных наук. – 2023. – Т. 61, № 4. – С. 324–336.

14. Шик, А. В. Анализ исследований влияния интенсивности и жесткости воздей­ствия рабочих органов на выход длинного волокна льна-долгунца / А. В. Шик, М. В. Цайц // Научный поиск молодежи XXI века. – Горки: БГСХА, 2023. – С. 329–332

15. Шик, А. В. Коцептуальная схема прицепного льноуборочного комбайна / А. В. Шик, М. В. Цайц // Актуальные вопросы механизации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2023. – С. 81–84.

16. Шлыков, М. И. Льноуборочный комбайн (теория, расчет, конструкция) / М. И. Шлыков. – Москва: Машгиз, 1949. – 300 с.

17. Шрамко, П. К. Изыскание способов снижения выхода путанины в работе оче­сывающего аппарата в системе льнокомбайна ЛК-7: дис. ... канд. техн. наук / П. К. Шрамко. – Ленинград: Пушкин, 1955. – 167 с.

*Аннотация.* Приведены результаты теоретических и эмпирических исследований устройств для отделения семенной части от стеблей льна. Проанализированы основополагающие соотношения и зависимости для расчета параметров и режимов работы аппаратов для отделения семенной части от стеблей льна.

*Ключевые слова:* очес, обмолот, активная зона, число прочесов, минимальный зазор, объем слоя стеблей, уплотняющая способность.