

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРИМЕНЕНИЯ РОТОРНО-БИЛЬНОГО АППАРАТА В ЛЬНОУБОРОЧНОМ КОМБАЙНЕ

М. В. ЦАЙЦ, В. А. ЛЕВЧУК, В. И. КОЦУБА,
Т. Л. ХРОМЕНКОВА, А. Д. БУЛАТКИН, А. В. ШИК

УО «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции
и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Республика Беларусь, 213407, e-mail: baa_bgd@tut.by

(Поступила в редакцию 20.09.2023)

Уборка льна закладывает базу для будущего урожая – получение семян льна. Основной технологией уборки, используемой для получения семян на посевные цели, является комбайновая (однофазная) технология. Используемые при этом комбайны оборудованы не отвечающим требованиям современного развития технологи гребневыми очесывающими аппаратами с присущими данному типу устройств недостатками.

В статье приведена методика и результаты оценки технико-экономической эффективности применения роторно-бильного обмолачивающего аппарата на прицепном льноуборочном комбайне «Двина-4М». В основу расчетов положены результаты сравнительных испытаний льноуборочных комбайнов с серийным и разработанным аппаратом для отделения семенной части урожая. Отличием предложенной конструкции аппарата является простота и надежность конструкции, а также увеличение (до 8,7 %) производительности переоборудованного льнокомбайна, снижение общих потерь семян (с 3,81 до 2,57 %), снижение (на 4,2...7,32 %) потерь семян от недоочеса, снижение (на 1,14 п.п.) повреждение стеблей льна влияющий на выход длинного льноволокна, уменьшение в 2 раза процентного содержания путанины в структуре компонента льняного вороха, а общего объема льновороха – на 1,3...2 раза. Расчет экономической эффективности произведен на одну единицу переоборудованного льнокомбайна и норме выработки 50 га/год, что позволяет выполнить оценку в масштабах предприятия исходя из численности льнокомбайнов. Годовой экономический эффект применения роторно-бильного аппарата составит 7831 рублей. В расчете на один гектар сумма экономического эффекта равна 156,6 рублей в ценах первого квартала 2023 года.

Расчет показателей экономической эффективности подтверждает экономическую целесообразность применения роторно-бильного аппарата в льноуборочных комбайнах при реализации однофазной (комбайновой) технологии уборки льна-долгунца.

Ключевые слова: уборка льна, эффективность применения, экономическая оценка, выручка от реализации, экономический эффект.

Harvesting flax lays the foundation for the future harvest – obtaining flax seeds. The main harvesting technology used to obtain seeds for sowing purposes is combine (single-phase) technology. The combines used in this case are equipped with comb strippers that do not meet the requirements of modern technology development with the disadvantages inherent in this type of device.

The article presents the methodology and results of assessing the technical and economic efficiency of using a rotary threshing apparatus on the trailed flax harvester "Dvina-4M". The calculations are based on the results of comparative tests of flax harvesters with a serial and developed apparatus for separating the seed part of the crop. The difference between the proposed design of the apparatus is the simplicity and reliability of the design, as well as an increase (up to 8.7 %) in the productivity of the converted flax harvester, a decrease in total seed losses (from 3.81 to 2.57 %), a decrease (by 4.2...7.32 %) of seed losses from under-harvesting, a decrease (by 1.14 percentage points) in damage to flax stems affecting the yield of long flax fiber, a 2-fold decrease in the percentage of tangles in the structure of the flax heap component, and the total volume of the flax heap – by 1.3... 2 times. The calculation of economic efficiency was made for one unit of converted flax combine and a production rate of 50 hectares/year, which allows for an enterprise-wide assessment based on the number of flax combines. The annual economic effect of using a rotary beater will be 7831 rubles. Per hectare, the amount of economic effect is equal to 156.6 rubles in prices of the first quarter of 2023.

Calculation of economic efficiency indicators confirms the economic feasibility of using a rotary beater in flax harvesters when implementing single-phase (combine) technology for harvesting long-fiber flax.

Key words: flax harvesting, application efficiency, economic assessment, sales revenue, economic effect.

Введение

Качество урожая, как льнотресты, так и семян льна в значительной мере определяет уборочный цикл. Основным отличием применяемых в Беларуси технологий уборки, на наш взгляд, является стадия уборки, при которой осуществляется отделение семенного материала от стеблей. Обеспеченность льнозаводов льноуборочной техникой имеет перекося в сторону льноуборочных комбайнов (84 % от общего парка уборочной техники осуществляющей отделение семян от стеблей льна), что определяет преимущественное применение комбайновой технологии уборки льна для получения посевного материала [1].

Технологический процесс отделения семенной части урожая льноуборочным комбайном не отвечает требованию отраслевого регламента, а сам гребневый очесывающий аппарат – современному уровню развития техники. Работа гребневого аппарата сопряжена с частыми технологическими остановками на обслуживание. Если очесывающий аппарат не чистить, то забивание межзубового пространства снижа-

ет степень очеса, а также это приводит к поломке самого аппарата. Известны случаи обломов зубьев, скручивания приводного вала и т. д.

Наличие длинностебельных примесей в семенном ворохе льна увеличивает затраты на его переработку. Поэтому поиск путей совершенствования процесса и технических средств для отделения семенной части от стеблей льна по комбайновой технологии с целью повышения его эффективности является актуальной задачей. Для решения этой задачи в УО БГСХА разработан роторно-бильный аппарат [2], лабораторные исследования показали его высокую эффективность (чистота обмолота 0,996 и при степени повреждения стеблей менее 3 %) при обмолоте льна-долгунца в фазу желтой и бурой спелости [3]. Сравнительные производственные испытания переоборудованного роторно-бильным аппаратом льноуборочного комбайна «Двина-4М» подтвердили полученные в лабораторных условиях результаты. При этом, в сравнении с серийным очесывающим гребневым аппаратом были установлены: рост производительности до 8,7 %, снижение общих потерь семян (с 3,81 до 2,57 %) на 32,35 %, снижение потерь от недоочеса – на 4,2...7,32 %, снижение повреждение стеблей льна влияющий на выход длинного льноволокна (с 3,0 % до 1,86 %) на 38,01 %. Применение роторно-бильного аппарата на льноуборочном комбайне позволило уменьшить процентное содержание путанины в структуре компонента льняного вороха в среднем на 56,5 %, а общий объем льновороха снизить на 28,5–56,3 % [4].

Цель исследований: оценка экономической эффективности применения роторно-бильного аппарата на льноуборочном комбайне по критерию – годовой приведенный экономический эффект.

Основная часть

Расчет экономической эффективности [5] применения на льнокомбайне разработанного в УО БГСХА роторно-бильного аппарата производили в сравнении с серийным гребневым очесывающим аппаратом с плоско-параллельным движением гребней, установленном на комбайне «Двина-4М».

В настоящее время в Беларуси ворох обмолачивают на оборудованных в поле площадках, зерноуборочными комбайнами с подборщиками типа ПЗ-3,4. В связи с этим, расчет эффективности применения роторно-бильного аппарата будем вести по совокупности взаимозависящих операций: тербление льна с очесом и последующим расстилом в ленту льноуборочным комбайном «Беларус-820»+«Двина-4М»+2ПТС-4 ((I) базовый вариант – с серийным гребневым очесывающим аппаратом и (II) предлагаемый вариант – с роторно-бильным аппаратом) в составе агрегата «Беларус-820», двойной обмолот вороха зерноуборочным комбайном КЗС-1218+ПЗ-3,4 и транспортировка семян на льнозавод – «Беларус-920»+2ПТС-4 15 км с последующей сушкой СКУ-10 и очисткой и сортировкой семян ПЛ-500.

Расчет проводился по ценам льнотресты, льносемян, энергоносителей сложившимся на рынке по состоянию на 2023 год. Исходные данные, принятые для расчета экономической эффективности применения роторно-бильного аппарата, согласно данным предприятия и технологической карты на уборку льна (табл. 1).

Таблица 1. Исходные данные для расчета

Показатели	Обозн.	Ед. изм.	Комплекс машин	
			(I) базовый вариант	(II) предлагаемый вариант
Тарифный фонд	$T_{\text{ф}}$	руб.	151,57	137,65
Затраты труда	t	ч-час	257,62	234,27
Расход топлива	$N_{\text{дт}}$	кг	6180	4616
Площадь убираемой культуры	Q	га	50	50
Урожайность льнотресты	$U_{\text{тр}}$	т/га	3,17	3,17
Урожайность семян	$U_{\text{сем}}$	т/га	0,45	0,45
Комплексная цена 1 кг ГСМ, руб.	$\Pi_{\text{гд}}$	руб.	2,2	
Стоимость 1 т. семян (2 репрод.).	$\Pi_{\text{сем}}$	руб.	1235,31	
Стоимость 1 т. льнотресты (№ 1,0)	$\Pi_{\text{тр}}$	руб./т	836,37	

В основе методики расчета эффективности проекта лежит сравнение выручки от реализации дополнительной продукции (семена, треста) и затрат по модернизации и первичной переработки дополнительной продукции.

Годовой экономический эффект от использования роторно-бильного аппарата в расчете на один льноуборочный комбайн «Двина-4М» составит:

$$\Xi = V_{\text{к}} \cdot \left(D - \left(\Pi_{\text{уд}}^{\text{предл}} - \Pi_{\text{уд}}^{\text{баз}} \right) \right), \quad (1)$$

где $V_{\text{к}}$ – средняя сезонная выработка льнокомбайна, га. $V_{\text{к}} = 50$ га; D – дополнительная выручка на

один гектар посевов льна-долгунца за счет увеличения выхода и роста качества продукции, руб/га; $\Pi_{уд}^{баз}$ – удельные приведенные затраты на уборку и обработку одного гектара посевов льна комплексом машин по первому варианту, руб./га; $\Pi_{уд}^{предл}$ – удельные приведенные затраты на уборку и обработку одного гектара посевов льна комплексом машин по второму варианту, руб/га:

$$D = D_c + D_t, \quad (2)$$

где D_c – дополнительный доход с одного гектара посевов льна за счет снижения общих потерь семян льна, руб./га; D_t – дополнительный доход с одного гектара посевов льна за счет снижения потерь тресты, руб/га:

$$D_c = \Delta_c \cdot Ц_c, \quad (3)$$

где Δ_c – дополнительный выход семян за счет снижения общих потерь при уборке, т; $Ц_c$ – стоимость семян льна, руб./т. Поскольку комбайновая технология преимущественно применяется при уборке льна на посевные цели, то семена должны быть не ниже второй репродукции $Ц_c = 1235,31$ руб/т:

$$\Delta_c = \frac{y_{сем} \cdot (\Pi_c^{баз} - \Pi_c^{предл})}{100}, \quad (4)$$

где $y_{сем}$ – биологическая урожайность семян льна, т/га; $\Pi_c^{баз}$ – общие потери семян льна при уборке льноуборочным комбайном с серийным четырехребневым очесывающим аппаратом, %. $\Pi_c^{баз} = 3,81$ %; $\Pi_c^{предл}$ – общие потери семян льна при уборке льноуборочным комбайном с роторно-бильным аппаратом, %. $\Pi_c^{предл} = 2,56$ %:

$$D_t = \Delta_t \cdot Ц_t, \quad (5)$$

где Δ_t – дополнительный выход стеблей льна с одного гектара посевов за счет снижения их отхода в путанину, т; $Ц_t$ – стоимость одной тонны льняной тресты среднего номера, руб/т. Урожай 2022 года обеспечил льнозаводы трестой средним номером 0,98. В расчетах принимаем стоимость тресты № 1 $Ц_t = 836,37$ руб/т:

$$\Delta_t = \frac{y_t \cdot (\Pi_t^{баз} - \Pi_t^{предл})}{100}, \quad (6)$$

где y_c – биологическая урожайность льнотресты, т/га; $\Pi_c^{баз}$ – общие потери стеблей льна при уборке льноуборочным комбайном с серийным четырех-ребневым очесывающим аппаратом, %. $\Pi_t^{баз} = 3,0$ %; $\Pi_t^{предл}$ – общие потери стеблей льна при уборке льноуборочным комбайном с роторно-бильным аппаратом, %. $\Pi_t^{предл} = 1,86$ %.

Балансовая стоимость льноуборочного комбайна «Двина-4М» с роторно-бильным аппаратом будет определяться:

$$K_2 = (K_1 - Ц_{гр}) + C_d + P_{tz} + Z_3 + P_{оп} + P_{ох} + P_{пр}, \quad (7)$$

где K_1 – балансовая стоимость «Двина-4М» до модернизации, руб.; $Ц_{гр}$ – стоимость рабочего органа гребневого типа, руб. $Ц_{гр} = 3280$ руб.; C_d – стоимость деталей и покупных изделий, руб.; P_{tz} – транспортно-заготовительные расходы, руб.; Z_3 – затраты на оплату труда при изготовлении деталей установки, руб.; $P_{оп}$ – общепроизводственные расходы, руб.; $P_{ох}$ – общехозяйственные расходы, руб.; $P_{пр}$ – прочие расходы (35 % $P_{оп}$), руб.

Стоимость деталей и покупных изделий $C_d = 636,1$.

Транспортно-заготовительные расходы P_{tz} определяются в процентах от стоимости покупных материалов и изделий следующим образом [6]:

$$P_{tz} = C_d \cdot \Pi_{tz}, \quad (8)$$

где Π_{tz} – процент транспортно-заготовительных расходов, принимаем 5 %.

Затраты на оплату труда Z_3 при изготовлении деталей установки определяются по формуле:

$$Z_3 = OT_{тар} \cdot a_{п} \cdot O_{доп} \cdot O_{отч}, \quad (9)$$

где $OT_{тар}$ – тарифная оплата труда, руб.

Тарифная оплата труда $OT_{\text{тар}}$ зависит от трудоемкости работ и часовой тарифной ставки соответствующих разрядов персонала:

$$OT_{\text{тар}} = T_{\text{ем}} \cdot C_{\text{ч}}, \quad (10)$$

где $T_{\text{ем}}$ – трудоемкость работ, необходимых для изготовления устройства, чел.-ч. В соответствии с данными, полученными в результате нормирования труда работников ремонтного звена (бригады) трудоемкость $T_{\text{ем}}$ составила 56 чел.-ч.

$C_{\text{ч}}$ – часовая тарифная ставка, соответствующая разряду рабочего, руб. часовая тарифная ставка рабочих 5-го разряда на 06.02.2023 равняется 1,7 руб./ч [7]; $a_{\text{п}}$ – коэффициент, учитывающий премии по фонду оплаты труда. Принимаем равным 1,7 [8]; $O_{\text{доп}}$ – коэффициент, учитывающий размеры стимулирующей оплаты труда. Принимаем равным 1,9 [9]; $O_{\text{отч}}$ – коэффициент, учитывающий отчисления на социальное страхование. Принимаем равным 1,34 [10].

Общепроизводственные $P_{\text{оп}}$ и общехозяйственные $P_{\text{ох}}$ расходы определяются в процентах от основной зарплаты на изготовление установки по следующей формуле [11]:

$$P_{\text{оп}} = 3_3 \cdot \Pi_{\text{оп}} / 100, \quad (11)$$

$$P_{\text{ох}} = 3_3 \cdot \Pi_{\text{ох}} / 100, \quad (12)$$

где $\Pi_{\text{оп}}$ – процент общепроизводственных расходов. По данным предприятия равняется 10 %; $\Pi_{\text{ох}}$ – процент общехозяйственных расходов. По данным предприятия равняется 15 %.

Расчет затрат на содержание основных средств выполнено в соответствии с Постановлением Министерства экономики, Министерства финансов и Министерства архитектуры и строительства Республики Беларусь от 27 февраля 2009 г. № 37/18/6 [12].

Затраты на ГСМ составят:

$$З_{\text{гсм}} = N_{\text{дт}} \cdot Ц_{\text{дт}}, \quad (13)$$

где $Ц_{\text{дт}}$ – комплексная цена 1 кг ГСМ, руб.; $N_{\text{дт}}$ – количество топлива, необходимого на весь объем работ, кг.

Прочие затраты берем в размере 5 % от суммы всех эксплуатационных отчислений:

$$З_{\text{пр}} = (З_{\text{зн}} + З_{\text{гсм}} + З_{\text{эл}} + З_{\text{о}}) \cdot 0,05, \quad (14)$$

где $З_{\text{зн}}$, $З_{\text{гсм}}$, $З_{\text{эл}}$, $З_{\text{о}}$ – затраты соответственно на заработную плату, ГСМ, электроэнергию и содержание основных средств, работы и услуги, руб.

В конечном счете сумма эксплуатационных затрат по сравниваемым вариантам составит:

$$З_{\text{пр}} = 1,05 \cdot (З_{\text{зн}} + З_{\text{гсм}} + З_{\text{эл}} + З_{\text{о}}). \quad (15)$$

Производительность труда (га/ чел.ч) определим по формуле:

$$\text{ПТ} = \frac{Q}{t}, \quad (16)$$

где Q – объем работ, га; t – затраты труда, чел.ч.

Трудоемкость (чел.ч/га) определим по формуле:

$$T = \frac{t}{Q}, \quad (17)$$

Рост производительности труда (%) определим по формуле:

$$\text{П}_{\text{пр}} = \frac{\text{ПТ}_{\text{предл}} - \text{ПТ}_{\text{баз}}}{\text{ПТ}_{\text{баз}}} \cdot 100. \quad (18)$$

Уровень снижения трудоемкости (%) определим по формуле:

$$T_{\text{сн}} = \frac{T_{\text{баз}} - T_{\text{предл}}}{T_{\text{баз}}} \cdot 100, \quad (19)$$

Удельные эксплуатационные затраты (руб / га) для технологий определим по формуле:

$$З_{\text{уд}} = \frac{З_{\text{о}}}{Q}, \quad (20)$$

Годовую экономию эксплуатационных затрат (руб.) определим по формуле:

$$\mathcal{E}_r = (Z_3^{\text{баз}} - Z_3^{\text{предл}}) \cdot Q, \quad (21)$$

Приведенные затраты определим по формуле:

$$\Pi = Z_3 + E_n K, \quad (22)$$

где E_n – нормативный коэффициент экономической эффективности. Согласно [13], принимаем $E_n = 0,1$; K – сумма инвестиций, руб.

Удельные приведенные затраты ($\Pi_{\text{уд}}$) определим по формуле:

$$\Pi_{\text{уд}} = \frac{\Pi}{Q}, \quad (23)$$

Результаты расчета экономической эффективности роторно-бильного аппарата (табл. 2).

Таблица 2. Техничко-экономические показатели эффективности применения роторно-бильного аппарата

Показатели	(I) Базовый вариант	(II) Предлагаемый вариант
Среднегодовая наработка льноуборочного комбайна, га	50	50
Затраты труда, чел. ч	257,62	234,27
Валовый сбор урожая, т/га	3,07	3,11
льнотресты		
семян льна	0,43	0,44
Эксплуатационные затраты, руб.	22764,28	17536,89
Производительность труда, га/чел.час	0,19	0,21
Трудоемкость, чел.час/га	5,15	4,69
Рост производительности труда, %		9,97
Уровень снижения трудоемкости, %		9,07
Удельные эксплуатационные затраты, руб./га	455,29	350,74
дополнительная выручка на один гектар посевов льна-долгунца за счет увеличения выхода и роста качества продукции, руб./га		37,10
Годовая экономия, руб.		5227,29
Приведенные затраты, руб.	26161,98	20291,29
Удельные приведенные затраты, руб. / га	523,24	405,83
Годовой экономический эффект, руб.		7725,66
Годовой экономический эффект с одного гектара посевов льна, руб./га		154,51

Расчеты, приведенные в табл. 2, показывают, что совокупное снижение расхода топлива составило 1,5 тонн (25 %), а годовой экономический эффект от применения роторно-бильного аппарата составляет 7725,66 рублей, экономический эффект в расчете на один гектар посевов составляет 154,51 рублей, в ценах первого квартала 2023 года. Следует отметить существенное снижение (на 25,3 %) трудовых затрат, а также эксплуатационных затрат – на 22,96 %.

Заключение

Оценка эффективности применения роторно-бильного аппарата в прицепном льноуборочном комбайне «Двина-4М» при уборке льна-долгунца второй репродукции и средней стоимостью льнотресты 836,37 руб., выполненная в совокупности взаимосвязанных операций, показала, что годовой экономический эффект применения роторно-бильного аппарата составит 7831 рублей. В расчете на один гектар сумма экономического эффекта равна 156,6 рублей в ценах первого квартала 2023 года.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шаршунов, В. А. Анализ обеспеченности льносеющих хозяйств Республики Беларусь техническими средствами для уборки льна-долгунца / В. А. Шаршунов, В. А. Кожановский, М. В. Цайц // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2022. – № 4. – С. 150–156.
2. Патент № 2788696 С1 Российская Федерация, МПК А01F 11/02, А01D 45/06. Устройство для отделения семенных корочек и семян льна от стеблей: № 2022116274: заявл. 16.06.2022: опубл. 24.01.2023 / М. В. Симонов, В. А. Шаршунов, Н. С. Сентюров, М. В. Цайц; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Вятский государственный университет».
3. Цайц, М. В. Результаты экспериментальных исследований процесса обмолота лент льна роторным бильно-вычесывающим устройством / М. В. Цайц // Вестник НГИЭИ. – 2023. – № 2(141). – С. 19–34. – DOI 10.24412/2227-9407-2023-2-19-34.
4. Повышение эффективности получения семян льна-долгунца при комбайновой уборке / В. А. Шаршунов, М. В. Цайц, С. В. Курзенков [и др.] // Вестник НГИЭИ. – 2023. – № 7(146). – С. 44–59. – DOI 10.24412/2227-9407-2023-7-44-59.
5. Экономическая эффективность механизации сельскохозяйственного производства / А. В. Шпилько [и др.]. – М., 2001. – 345 с.

6. Новиков, А. И. Эконометрика: учеб. пособие для вузов / А. И. Новиков. – 2-е изд. – М: ИНФРА-М., 2007. – 144 с.
7. Рекомендации по тарификации механизированных и ручных работ в сельском хозяйстве [Электронный ресурс]: 2007–2023, Министерство сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь. – Режим доступа: <https://www.mshp.gov.by/information/zarplata/commercial/f09549959cea93d0.html>. – Дата доступа: 07.02.2023.
8. Примерное Положение об оплате труда работников [Электронный ресурс]: 2007–2023, Министерство сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь. – Режим доступа: <https://www.mshp.gov.by/information/zarplata/commercial/f2110042179b6424.html>. – Дата доступа: 07.02.2023.
9. Налоговый кодекс Республики Беларусь (особенная часть) от 29.12.2009 г. №71-3 [Электронный ресурс] – 2018 – Режим доступа: <http://www.lida-servis.by/files/10.doc> – Дата доступа: 07.02.2023.
10. Белорусский правовой портал // Постановление Минтруда и соцзащиты Беларуси от 26.09.2003 г. № 108 [Электронный ресурс]. – 2018. – Режим доступа: <http://www.pravoby.info/tema/mintruda/page20.htm>. – Дата доступа: 8.01.2023.
11. Национальный реестр правовых актов Республики Беларусь //закон Республики Беларусь от 29.06.2006 г. №138-3 [Электронный ресурс] – 2023 – Режим доступа: <http://www.vsavm.by/help5.doc> – Дата доступа: 03.02.2023.
12. Об утверждении Инструкции о порядке начисления амортизации основных средств и нематериальных активов: утв. постановлением М-ва экономики Респ. Беларусь, М-ва финансов Респ. Беларусь и М-ва архитектуры и строительства Республики Беларусь от 27 февраля 2009 г. № 37/18/6.
13. Методика определения экономической эффективности использования в сельском хозяйстве результатов научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, новой техники, изобретений и рационализаторских предложений: учеб. пособие для вузов. – Киев: Урожай, 1986 – 118 с.