

Оригинальное исследование

DOI: <https://doi.org/10.17816/0321-4443-634963>

EDN: AEIVYI

Совершенствование технологического процесса теребления льна-долгунца при раздельной уборке

С.В. Соловьёв

Федеральный научный центр лубяных культур, Тверь, Россия

АННОТАЦИЯ

Обоснование. Наиболее трудоёмким и затратным процессом в льноводстве является уборка, на долю которой, в зависимости от принятой технологии, приходится 65...80% затрат труда, 55...75% денежных затрат и до 40% затрат энергии. Раздельная уборка включает в себя теребление льна-долгунца теребилкой с одновременным расстилом его на поле в ленты. Агросроки технологического процесса теребления льна-долгунца на волокно очень сжатые, для зеленой, ранней жёлтой спелости растений они составляют до 10–14 дней, поэтому от производительности теребилки будет зависеть качество волокна и себестоимость конечного продукта. Теребилки являются специфическими машинами, и используются только при возделывании льна-долгунца, поэтому задача по совершенствованию технологического процесса теребления при раздельной уборке льна-долгунца является актуальной, а разработка производительных недорогих теребилок позволит повысить качественные и экономические показатели процесса.

Цель исследования. Совершенствование технологического процесса теребления при раздельной уборке льна-долгунца путём применения нового технического решения на уровне патентоспособности.

Методы. Объектом исследования являлись отечественные и импортные машины разработанные научными, образовательными и производственными организациями для теребления льна-долгунца при раздельной уборке. Проведен патентный поиск и сравнительный анализ существующих машин и агрегатов. Основой исследования послужили данные интернет-ресурсов, информационные материалы российских научных, образовательных организаций и промышленных компаний, каталоги продукции основных предприятий изготовителей теребилок за период с 04.2023 по 04.2024 гг. Критерием для отбора данных послужили статистические данные Росстата, Минсельхоза России о наличии и использовании машин для теребления льна-долгунца за отчетный период. Отмечены достоинства и недостатки конструкций машин и их агрегатов. На основании полученных данных выполнено совершенствования технологического процесса теребления и экономическое обоснование от применения технического решения.

Результаты. Исследование состояния вопроса теребления льна-долгунца при двухфазной уборке, патентный поиск и анализ существующих машин и агрегатов выявил, что основным недостатком является низкая производительность, а также надёжность при высокой себестоимости, что непосредственно влияет на технологический процесс теребления. Применение системного анализа и экономического обоснования, позволило решить поставленную задачу путём создания высокотехнологичной прицепной машины для теребления льна.

Заключение. В результате принятых технических решений для совершенствования технологического процесса теребления льна-долгунца при раздельной уборке, разработана прицепная теребилка льна, которая позволяет повысить качество технологического процесса, а также снизить себестоимость конечного продукта.

Ключевые слова: лён-долгунец; уборка; теребление; теребилка льна.

Как цитировать:

Соловьёв С.В. Совершенствование технологического процесса теребления льна-долгунца при раздельной уборке // Тракторы и сельхозмашины. 2025. Т. 92, № 3. С. 302–311. DOI: 10.17816/0321-4443-634963 EDN: AEIVYI

Original Study Article

DOI: <https://doi.org/10.17816/0321-4443-634963>

EDN: AEIVYI

Improvement of the Technological Process of Fiber Flax Pulling at Swath Harvesting

Sergey V. Solovyov

Federal Research Center for Bast Fiber Crops, Tver, Russia

ABSTRACT

BACKGROUND: The most labor- and cost-intensive process in flax production is harvesting, which, depending on the technology used, takes 65–80% of labor costs, 55–75% of monetary costs and up to 40% of energy costs. Swath harvesting includes fiber flax pulling with a flax puller and simultaneous fiber flax retting in bands on the field. The agri-cycles of the technological process of fiber flax pulling per fiber are very compressed, up to 10–14 days for plants of green, early yellow ripeness, therefore, the quality of the fiber and the cost of the final product will depend on processing capacity of a puller. Pullers are specific machines, and are used only in fiber flax cultivation, therefore, the task of improving the technological process of pulling at swath harvesting of fiber flax is relevant, and the development of productive inexpensive pullers will improve the quality and economic performance of the process.

AIM: Improvement of the technological process of pulling at swath harvesting of flax by means of applying a new patentable technical solution.

METHODS: The object of the study was domestic and imported machines developed by scientific, educational, and production organizations for the threshing of long-staple flax during separate harvesting. A patent search and comparative analysis of existing machines and units were conducted. The study was based on data from online resources, information materials from Russian scientific, educational, and industrial organizations, and product catalogs from the main manufacturers of shearing machines for the period from 04.2023 to 04.2024. The selection of data was based on statistical data from Rosstat and the Ministry of Agriculture of the Russian Federation on the availability and use of machines for flax threshing during the reporting period. The advantages and disadvantages of the machine designs and their components were noted. Based on the obtained data, the technological process of flax threshing was improved, and the economic feasibility of the technical solution was assessed.

RESULTS: A study of the state of the issue of fiber flax pulling at two-phase harvesting, patent search and analysis of existing machines and units revealed that the main disadvantage is low processing capacity, as well as reliability at high production cost, which directly affects the technological process of pulling. The use of system analysis and economic justification made it possible to solve the task by creating a high-tech trailed machine for flax pulling.

CONCLUSION: As a result of the technical solutions adopted to improve the technological process of flax pulling at swath harvesting, a trailed fiber flax puller has been developed, which allows improving the quality of the technological process, as well as reducing the cost of the final product.

Keywords: flax; harvesting; pulling; flax pulling.

To cite this article:

Solovyov SV. Improvement of the Technological Process of Fiber Flax Pulling at Swath Harvesting. *Tractors and Agricultural Machinery*. 2025;92(3):302–311. DOI: 10.17816/0321-4443-634963 EDN: AEIVYI

Submitted: 07.08.2024

Accepted: 30.06.2025

Published online: 02.09.2025

ОБОСНОВАНИЕ

Для России лён-долгунец — это не только натуральное воспроизводимое волокнистое сырьё, а также целлюлоза, которая обладает уникальными свойствами и по почвенно-климатическим условиям может культивироваться на огромных площадях. Под посевами льна в бывшем СССР было занято более двух миллионов гектар [1, 2].

Наиболее трудоёмким и затратным процессом в льноводстве является уборка, на долю которой, в зависимости от принятой технологии, приходится 65...80% затрат труда, 55...75% денежных затрат и до 40% затрат энергии [3, 4], поэтому задача по совершенствованию технологического процесса теребления при уборке льна-долгунца является актуальной.

Раздельная уборка льна-долгунца начинается с операции теребления. Сущность операции заключается в захвате теребильными ремнями стеблей льна-долгунца и извлечение растений из почвы. Основными машинами являются теребилки, они бывают прицепными, навесными или самоходными. Также теребилки разделяются по принципу выводящего устройства на прямоточные или с боковым расстилом [5].

Агротехнические требования предъявляемые к теребилкам льна-долгунца идентичны требованиям, предъявляемым к льноуборочным комбайнам [1, 6, 7].

ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Совершенствование технологического процесса теребления при раздельной уборке льна-долгунца путём применения нового технического решения на уровне патентоспособности.

МЕТОДЫ

В процессе исследования использовались такие методы, как информационный анализ и синтез, экспертиза, информационно-аналитический мониторинг, технико-экономическое обоснование.

Дизайн исследования

Патентный поиск и сравнительный анализ существующих машин для теребления льна-долгунца при раздельной уборке, определение эксплуатационных затрат для каждого типа машин.

Условия проведения исследования

Исследования проводилось в лаборатории «Агроинженерных технологий» федерального научного центра лубяных культур. Основой исследования послужили данные интернет-ресурсов, информационные материалы российских научных, образовательных организаций и промышленных компаний, каталоги продукции основных предприятий изготовителей теребилок за период с 04.2023 по 04.2024 гг.

Продолжительность исследования

Исследования проводилось в период с 04.2023 по 04.2024 гг.

Критерии соответствия (отбора)

Критерием для отбора данных послужили статистические данные Росстата, Минсельхоза России о наличии и использование машин для теребления льна-долгунца за период с 04.2023 по 04.2024 гг.

Исследовательские процедуры

Отмечены достоинства и недостатки конструкций машин. Определены эксплуатационные затраты уборки 1 га льна-долгунца для каждого типа машин.

Исходы исследования

Основными показателями для оценки эксплуатационных затрат теребильных машин приняты: производительность, стоимость, удельный расход топлива, затраты на ТО и ТР, затраты на оплату труда персонала, амортизационные отчисления.

Методы регистрации исходов

Оценку прямых эксплуатационных затрат для уборки 1 га льна-долгунца по каждому типу машин определили согласно методики по ГОСТ 34393-2018.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Объект исследования

Объектом исследования являлись отечественные и импортные машины разработанные научными, образовательными и производственными организациями для теребления льна-долгунца при раздельной уборке.

Основные результаты исследования

Основную массу льнотеребилок составляют самоходные двухрядные, как правило — это импортная техника марки «Union», в России разработками самоходных и навесных льнотеребилок занимается «Федеральный научный центр лубяных культур» (ФНЦ ЛК), прицепные льнотеребилки производят на предприятие ООО ИПФ «ТексИнж».

Основное преимущество импортной техники перед остальными, это — рабочая ширина захвата. Она варьируется от 2,4 до 2,8 м, в сравнение с остальными до 1,52 м. Наряду с этим можно отметить и недостатки, такие как сложность конструкции самоходных машин, дефицит комплектующих, необходимость квалифицированных кадров для обслуживания, высокая стоимость.

Самоходная двухрядная теребилка Union GX 220, оснащённая плющильными вальцами [5, 8]. Данная теребилка является самоходной, она состоит из шасси, теребильного аппарата, плющильных вальцов, кабины оператора-машиниста, выводящего транспортера,

силового агрегата, главного и исполнительных гидромоторов. Данная машина обладает высокой производительностью до 2 га/ч, основной недостаток — это сложность конструкции, высокая металлоёмкость, отсутствие запасных частей и комплектующих, необходимость наличия квалифицированных кадров, высокая стоимость 55 697 460 рублей (рис. 1) [9].

Самоходная теребилка ФНЦ ЛК является прямоточной, она оснащена плющильными вальцами, ширина захвата машины составляет 1,52 м, производительность до 1,0 га/час [5, 10]. К достоинствам можно отнести наличие запасных частей и комплектующих, высокая унификация узлов и деталей. Основной недостаток — низкое качество процесса теребления, частые забивки в местах перехвата от теребильного аппарата к плющильным вальцам, необходимость наличия квалифицированных кадров, высокая стоимость (рис. 2).



Рис. 1. Самоходная теребилка «Union GX 220».

Fig. 1. The Union GX 220 self-propelled puller.

Источник: фотография сделана с сайта бельгийской компании производителя самоходных теребилок, открытый доступ <https://www.unionmachines.com/nl/machines/slijtmachine-gx220>

Фронтальная теребилка льна ТЛ–1,9 разработка ФНЦ ЛК предназначена для теребления льна-долгунца при раздельной, комбайновой (подготовка проходов) и заводской (Европейской) технологий льна (рис. 3). Данная теребилка применяется во всех зонах возделывания льна-долгунца [5, 10].

Достоинства данного агрегата — это низкая металлоёмкость и стоимость. Основной недостаток — это низкая производительность и движение трактора задним ходом. Данный агрегат является навесным и агрегируется на задней навеске трактора, теребильные ремни приводятся в движения от вала отбора мощности (ВОМ) ввиду того, что нет возможности переоборудования трактора для реверсного движения; данный агрегат можно использовать только для проходов.

Прицепная теребилка ТЛП-1,5К — разработка ООО ИПФ «ТексИнж» (рис. 4) [11].



Рис. 2. Самоходная теребилка.

Fig. 2. Self-propelled puller.



Рис. 3. Фронтальная навесная теребилка льна.

Fig. 3. Front mounted flax puller.

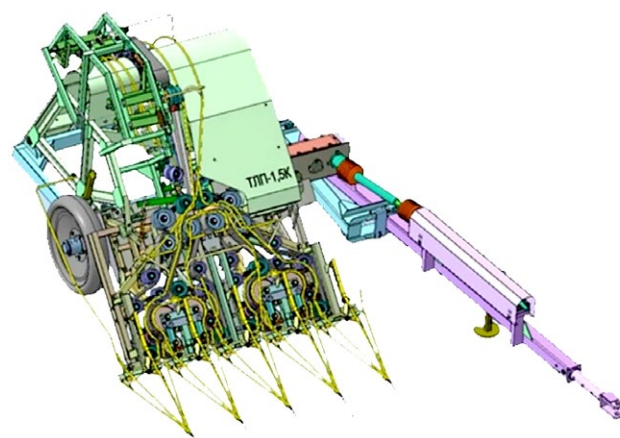


Рис. 4. Прицепная теребилка льна ТЛП-1,5К.

Fig. 4. The TLP-1,5K trailed flax puller.

Источник: фотография с сайта компании «ТексИнж» находится в открытом доступе.

Данная машина имеет попарно сдвоенный теребилый аппарат аналогичный самоходным двухрядным льнотеребилкам Union GX 220. За основу такой машины была взята конструкция льнокомбайна. Теребилка состоит из лафета, на котором смонтирован теребилый аппарат, оборачивающий и выводящий транспортеры, а также пары плющильных вальцов, лафет крепится на раму машины, которая имеет опорные колеса и соединена с трактором через сницу, привод осуществляется через карданную передачу от ВОМ трактора. Плющильные вальцы приводятся во вращение от цепной передачи, оба вальца ведущие, для изменения усилия прижатия используются пружины сжатия [5, 11, 12].

К достоинствам можно отнести надёжность работы теребильного аппарата, наличие плющильных вальцов.

Основной недостаток — это низкая производительность при ширине захвата 1,52 м, а также излишняя металлоёмкость. Частые забивки в месте перехвата от теребильного ремня к транспортирующему устройству. Отсутствие возможности движения челночным способом.

На основании произведенного анализа существующих машин и агрегатов, сформулированы основные требования к совершенствованию технологического процесса теребления льна-долгунца при двухфазной уборке:

- по числу потоков стеблей машина должна быть двухпоточная. Это требование вытекает из необходимости увеличения ширины захвата с целью повышения производительности, а также необходимостью расстила льна-долгунца в две ленты, для дальнейшего приговления льнотресты;
- теребильные аппараты должны быть прямоточные, для обеспечения движения агрегата челночным способом, потоки стеблей должны быть продольными, а расстил двух лент льна-долгунца должен производиться позади агрегата в образуемом им проходе;
- машина должна быть прицепной и агрегатироваться с тракторами;
- сдвигавоюще-оборачивающий механизм должен быть активным, для исключения забивок.

Поставленная задача решается за счёт того, что в новой прицепной теребилке льна-долгунца смонтированы два прямоточных теребильных аппарата. Они расположены под картером. Выводящее устройство выполнено совместно со сдвигаванием лент и поворотом её на 90 градусов, что обеспечивает простоту конструкции, а также растил ленты за машиной и обеспечивает работу машины челночным способом. Привод теребильных аппаратов осуществляется от энергетического средства осуществляется через карданную передачу, предохранительную муфту, которые размещены непосредственно в дышле. Дышло состоит из двух поворотных редукторов входящего и выводящего, соединенных между собой через связь. Поворот машины относительно энергосредства осуществляется за счет гидроцилиндров. По краям

картера расположены опорные колёса, которые за счёт гидроцилиндров переводятся из транспортного в рабочее положение (рис. 5) [13].

Для определения технико-экономической эффективности совершенствования технологического процесса теребления при отдельной уборке льна-долгунца, произведём сравнение затрат: самоходной, прицепной и новой предлагаемой конструкции теребилок [14].

Для каждого способа уборки льна-долгунца определим необходимое количество машин. Расчёт ведём для посевной площади льна-долгунца на 100 га, агросрок теребления льна-долгунца принимаем равным 7 дней и 7 часовой рабочий день, оплату труда механизатора принимаем равной 85 585 рублей [14] за 168 часов, один час работы механизатора составит 509,43 рубля, коэффициент уровня социальных отчислений примем $K_3 = 1,3$, стоимость дизельного топлива в Тверской области составляет 65,25 руб/литр [15], плотность ДТ согласно ГОСТ Р 52368-2005 и ГОСТ 32511-2011, варьируется в пределах от 800 до 845 кг/м³, так как мы используем летнее топливо то принимаем 835 кг/м³. Каждая система машин соответствует агротехническим требованиям предъявляемым к льноуборочным машинам.

Самоходная двухрядная теребилка льна Union GX 220, производительность до 2 га/ч, оснащённая двигателем Deutz TCD 6.1/L6 TIR5, мощностью 180/245 кВт/л.с., с рабочим объёмом 6,1 л, удельный расход топлива 200,73 кг/кВт*ч, стоимость теребилки 57 782 760 рублей [8, 16].

Прицепная теребилка льна ТЛП-1,5К агрегируется с трактором МТЗ-82.1, производительность 1 га/ч при ширине захвата 1,52 м [17], удельный расход трактора МТЗ-82.1 оснащённого двигателем Д-243С2 с мощностью 60/81,6 кВт/л.с., и рабочим объёмом 4,75 л, составляет 229 г/кВт*ч [18], стоимость теребилки 1 226 340 рублей [19], трактор МТЗ-82.1 стоит 2 060 000 рублей [20].

Предлагаемая конструкция прицепной двухрядной теребилки, ширина захвата 2,8 м агрегируется с трактором МТЗ-82.1, производительность 2 га/ч (так как теребильный аппарат аналогичен Union GX 220), удельный расход трактора МТЗ-82.1 оснащённого двигателем Д-243С2 с мощностью 60/81,6 кВт/л.с., и рабочим объёмом 4,75 л, составляет 229 г/кВт*ч [18], стоимость теребилки 2 500 000 рублей, трактор МТЗ-82.1 стоит 2 060 000 рублей [20].

Количество агрегатов на весь объём работ определяется:

$$n = \frac{Q}{m \cdot W_{\text{ч}} \cdot T_{\text{д}}}, \quad (1)$$

где Q — объём работ, га; m — количество дней, выделенных на операцию, дней; $W_{\text{ч}}$ — часовая производительность, га/ч; $T_{\text{д}}$ — продолжительность работы машины в сутки, ч.

Подставляем числовые значения для каждой машины в формулу 1, полученные значения заносим в табл. 1.

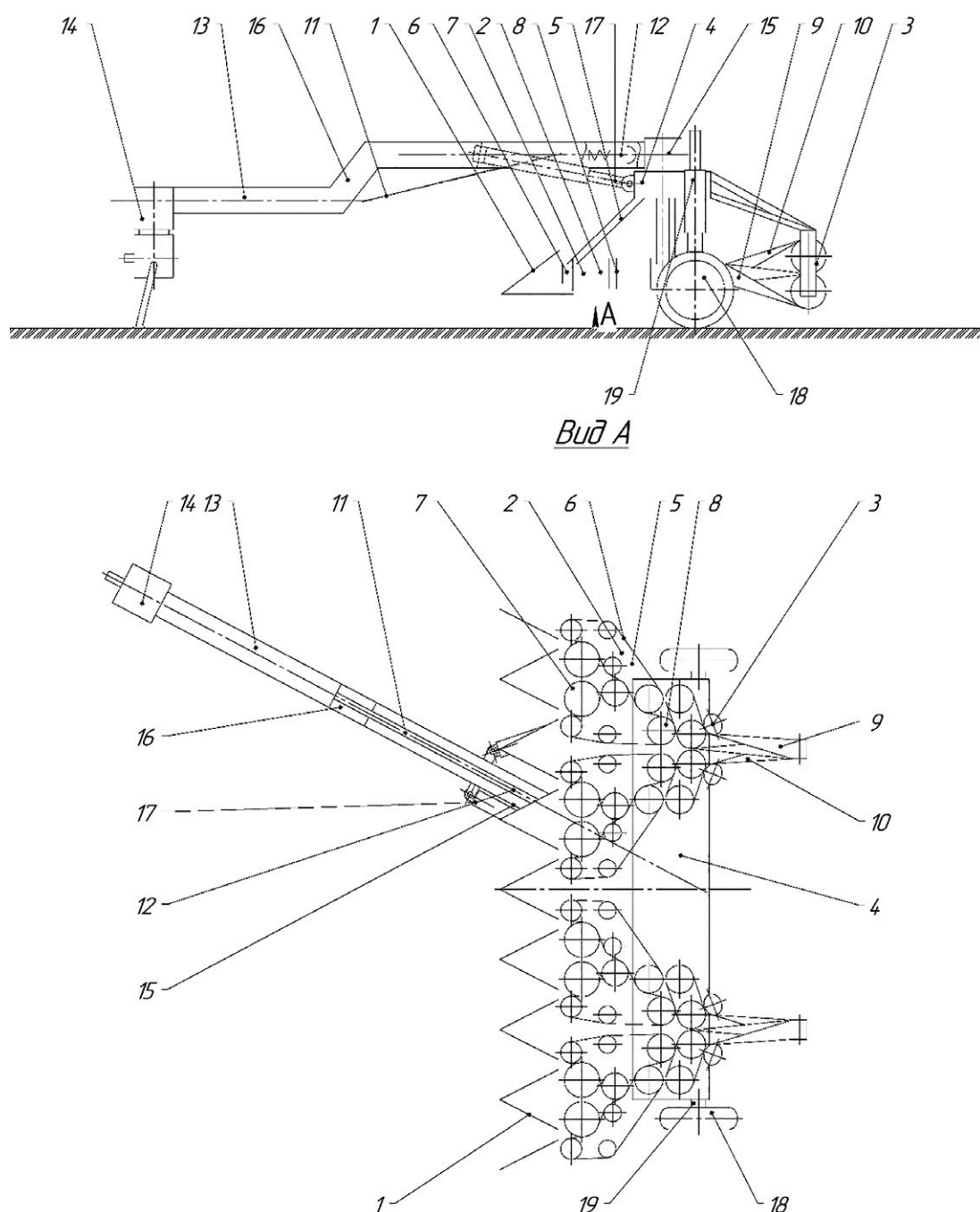


Рис. 5. Прицепная двухрядная теребилка льна: 1 — делители; 2 — два теребильных аппарата; 3 — два сдваивающе-оборачивающе-выводящих устройства; 4 — картер; 5 — секции теребильного аппарата; 6 — теребильные ремни; 7 — ведомый шкив; 8 — ведущий шкив; 9 — нижний ремень сдваивающе-оборачивающе-выводящего устройства; 10 — верхний ремень сдваивающе-оборачивающе-выводящего устройства; 11 — карданная передача; 12 — предохранительная муфта; 13 — дышло; 14 — входной поворотный редуктор; 15 — выходной поворотный редуктор; 16 — связь; 17 — гидроцилиндр поворота дышла; 18 — опорные колёса; 19 — гидроцилиндр подъёма/опускания.

Fig. 5. Trailed two-row flax puller: 1, divisors; 2, two pulling devices; 3, two doubling-wrapping-outputting devices; 4, crankcase; 5, sections of the pulling device; 6, pulling belts; 7, driven pulley; 8, drive pulley; 9, lower belt of the doubling-wrapping-outputting device; 10, upper belt of the doubling-wrapping-outputting device; 11, universal transmission; 12, safety clutch; 13, drawbar; 14, input steering reduction gear; 15, output steering reduction gear; 16, link; 17, hydraulic cylinder for drawbar turning; 18, support wheels; 19, hydraulic cylinder for lifting / lowering.

Источник: схема составлена автором в программе Компас 3Д.

Анализируя табл. 2, можно сделать вывод о том, что наименьшая стоимость системы машин для технологического процесса теребления при уборке льна-долгунца, составила 4560 тыс. рублей, что на 2 012 680 тыс.

рублей меньше по сравнению с прицепной теребилкой льна ТЛП-1,5К и на 53 222,76 тыс. рублей меньше, чем при использовании самоходной двухрядной теребилки льна марки UNION GX220

Таблица 1. Количество агрегатов

Table 1. Number of units

Наименование / Name	Операция/ Operation	Произ-ть, га/ч / Productivity, ha/h	Кол-во, шт. / Number, pcs	Кол-во персонала, чел. / Number of staff, people
Самоходная двухрядная теребилка льна марки UNION GX220 / The UNION GX220 self-propelled two-row flax puller	Теребление/ flax pulling	2,0	1	1
Прицепная теребилка льна ТЛП-1,5К агрегируется с трактором МТЗ-82.1 / The TLP-1.5K trailed flax puller coupled with the MTZ-82.1 tractor	Теребление/ flax pulling	1,0	2	2
Предлагаемая конструкция прицепной двухрядной теребилки, с шириной захвата 2,8 м агрегируется с трактором МТЗ-82.1 / The proposed design of a trailed two-row puller, with a working width of 2.8 m, coupled with the MTZ-82.1 tractor	Теребление/ flax pulling	2,0	1	1

Таблица 2. Стоимость системы машин для технологического процесса теребления при раздельной уборке льна-долгунца

Table 2. The cost of a system of machines for the technological process of pulling at swath harvesting of fiber flax

Наименование / Name	Стоимость, тыс. руб. / Cost, thousand rubles	Кол-во, шт. / Number, pcs	Сумма тыс. руб. / Total cost, thousand rubles
Самоходная двухрядная теребилка льна марки UNION GX220 / The UNION GX220 self-propelled two-row flax puller	57 782, 760	1	57 782, 760
Прицепная теребилка льна ТЛП-1,5К агрегируется с трактором МТЗ-82.1 / The TLP-1.5K trailed flax puller coupled with the MTZ-82.1 tractor	3286, 340	2	6572, 680
Предлагаемая конструкция прицепной двухрядной теребилки, с шириной захвата 2,8 м агрегируется с трактором МТЗ-82.1 / The proposed design of a trailed two-row puller, with a working width of 2.8 m, coupled with the MTZ-82.1 tractor	4560, 000	1	4560, 000

Прямые эксплуатационные затраты на технологический процесс теребления при раздельной уборке льна-долгунца определим по ГОСТ 34393-2018. Техника сельскохозяйственная, методы экономической оценки.

Определим прямые эксплуатационные затраты согласно ГОСТ 34393-2018 по уравнению

$$Z_{\text{ЭК}} = Z_{\text{ОТ}} + Z_{\text{ТСМ}} + Z_{\text{Р}} + A_{\text{И}}, \quad (2)$$

где $Z_{\text{ОТ}}$ — затраты денежных средств на оплату труда обслуживающего персонала, руб./га; $Z_{\text{ТСМ}}$ — затраты денежных средств на оплату топлива, руб./га; $Z_{\text{Р}}$ — затраты денежных средств на ремонт и техническое обслуживание, руб./га; $A_{\text{И}}$ — амортизационные отчисления, руб./га.

Затраты средств на заработную плату механизаторов определим по формуле

$$Z_{\text{ОТ}} = \frac{n_{\text{мех}} \cdot \tau_{\text{к}} \cdot K_3}{W_{\text{ч}}}, \quad (3)$$

где $n_{\text{мех}}$ — число механизаторов, чел.; $\tau_{\text{к}}$ — часовая оплата труда руб./чел-ч; K_3 — коэффициент уровня социальных отчислений;

Затраты денежных средств на оплату топлива определим по формуле

$$Z_{\text{ТСМ}} = \sum \rho_{\text{Т.Г.}} \cdot U_{\text{Т}} \quad (4)$$

где $\rho_{\text{Т.Г.}}$ — сумма удельного расхода топлива на уборку, кг/га; $U_{\text{Т}}$ — цена топлива, руб./кг.

Удельный часовой расход топлива определим для каждой машины по формуле

$$\rho_{\text{Т.Г.}} = \frac{g_e \cdot N_e \cdot K_{\text{СМ.М.}}}{1000}, \quad (5)$$

где g_e — удельный часовой расход топлива, г/кВт-ч; N_e — эффективная мощности двигателя, кВт; $K_{\text{СМ.М.}}$ — коэффициент учёта цены смазочных материалов, принимаем равным 1,0.

Затраты денежных средств на ремонт и техническое обслуживание на единицу выполненной работы

$$Z_{\text{Р}} = \frac{\sum_{j=1}^{n_{\text{м}}} B_{\text{м}} \cdot K_{\text{р}}}{W_{\text{ч}}} \cdot 0,0001, \quad (6)$$

где $n_{\text{м}}$ — число техники, входящей в МТА, шт.; $B_{\text{м}}$ — цена j -техники, руб.; $K_{\text{р}}$ — значений отчислений на ремонт и техническое обслуживание от цены техники на 100 часов её работы, принятый в конкретном государстве, %.

По таблице Б.1 ГОСТ 34393-2018 находим коэффициент $K_{\text{р}}$ — для каждой машины: льнотеребилка самоходная Union GX 220 $K_{\text{р}}=2,43$, льнотеребилка $K_{\text{р}}=16,67$, трактор МТЗ 82.1 $K_{\text{р}}=0,98$.

Амортизационные отчисления определяем по формуле

$$A_{и} = \frac{1}{W_{ч}} \cdot \sum_{j=1}^{n_{м}} \frac{B_{м}}{R_{м}}, \tag{7}$$

где $R_{м}$ — значение амортизационного ресурса, ч.
По таблице Б.1 ГОСТ 34393-2018 принимаем значение амортизационного ресурса $R_{м}$ для каждой машины: льнотеребилка самоходная Union GX 220 $R_{м}=2548$ ч, льнотеребилка $R_{м}=210$ ч, трактор МТЗ 82.1 $R_{м}=11\,132$ ч.
Подставляем числовые значения в уравнения 2–7, полученные значения эксплуатационных затрат заносим в табл. 3.

Анализируя табл. 3, можно заключить, что самые низкие эксплуатационные затраты на процесс теребления при раздельной уборке льна-долгунца составили 11,257 тыс. руб., присуще предлагаемой конструкции прицепной двухрядной теребилки с шириной захвата 2,8 м агрегируемой в паре с трактором МТЗ 82.1, они ниже на 7,209 тыс. руб./га чем использование прицепной

теребилки ТЛП-1,5К, и на 16,2 тыс. руб./га чем при уборке самоходной двухрядной теребилкой марки UNION GX220 (рис. 6).

ОБСУЖДЕНИЯ

В результате исследования было определено, что основными критериями, влияющими на эксплуатационные затраты для операции теребления 1 га при уборке льна-долгунца, являются производительность и стоимость машины, поэтому разработка недорогих двух-четырёх рядных (поточных) машин является приоритетным направлением, которое позволит вывести отрасль льноводства на качественно новый уровень.

ВЫВОДЫ

В результате принятых технических решений совершенствования технологического процесса теребления льна-долгунца при раздельной уборке, разработана

Таблица 3. Эксплуатационные затраты на технологический процесс теребления при раздельной уборке льна-долгунца

Table 3. Operational costs for the technological process of pulling at swath harvesting of fiber flax

Наименование / Name	Отдельные затраты средств, тыс. руб./га / Individual costs of funds, thousand rubles/ha				Прямые эксплуатационные затраты, тыс. руб./га / Direct operating costs thousand rubles/ha
	$З_{от}$	$З_{тсм}$	$З_{р}$	$A_{и}$	
Самоходная двухрядная теребилка льна марки UNION GX220 / The UNION GX220 self-propelled two-row flax puller	0,109	1,968	14,04	11,34	27,457
Прицепная теребилка льна ТЛП-1,5К агрегируется с трактором МТЗ-82.1 / The TLP-1.5K trailed flax puller coupled with the MTZ-82.1 tractor	0,436	1,49	4,49	12,05	18,466
Предлагаемая конструкция прицепной двухрядной теребилки, с шириной захвата 2,8 м агрегируется с трактором МТЗ-82.1 / The proposed design of a trailed two-row puller, with a working width of 2.8 m, coupled with the MTZ-82.1 tractor	0,109	0,748	4,36	6,04	11,257

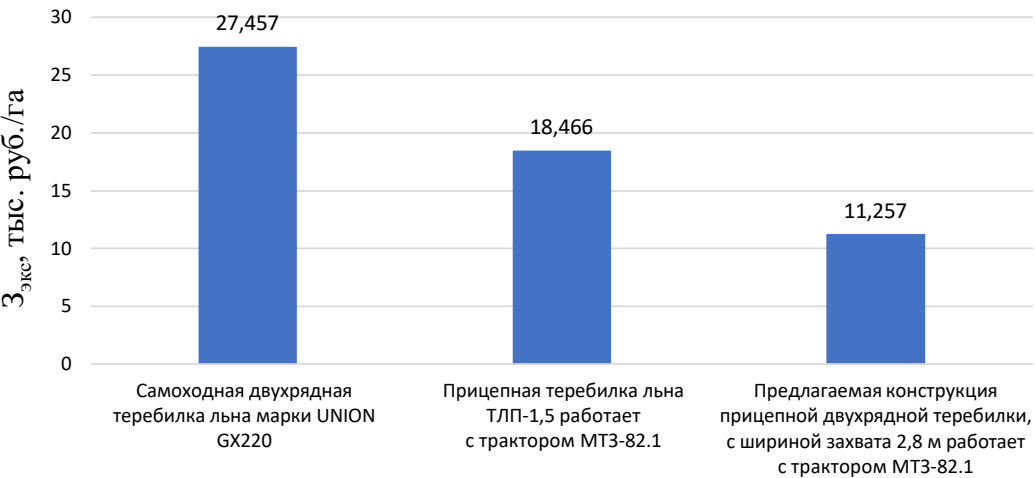


Рис. 6. Прямые эксплуатационные затраты.
Fig. 6. Direct operational costs.

прицепная теребилка льна на уровне патентоспособности, которая позволяет повысить качество технологического процесса, а также снизить себестоимость конечного продукта.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Вклад автора. Автор одобрил рукопись (версию для публикации), а также согласился нести ответственность за все аспекты работы, гарантируя надлежащее рассмотрение и решение вопросов, связанных с точностью и добросовестностью любой её части.

Этическая экспертиза. Неприменимо.

Источники финансирования. Работа выполнена при поддержке Минобрнауки России в рамках Государственного задания ФГБНУ ФНЦ ЛК (№ FGSS-2022-0005).

Раскрытие интересов. Автор заявляет об отсутствии отношений, деятельности и интересов за последние три года, связанных с третьими лицами (коммерческими и некоммерческими), интересы которых могут быть затронуты содержанием статьи.

Оригинальность. При создании настоящей работы автор не использовал ранее опубликованные сведения (текст, иллюстрации, данные).

Доступ к данным. Редакционная политика в отношении совместного использования данных к настоящей работе не применима, новые данные не собирали и не создавали.

Генеративный искусственный интеллект. При создании настоящей статьи технологии генеративного искусственного интеллекта не использовались.

Рассмотрение и рецензирование. Настоящая работа подана в журнал в инициативном порядке и рассмотрена по обычной процедуре.

В рецензировании участвовали два внешних рецензента, член редакционной коллегии и научный редактор издания.

ADDITIONAL INFORMATION

Author contribution: The author approved the version of the manuscript to be published and agreed to be accountable for all aspects of the work, ensuring that issues related to the accuracy or integrity of any part of the work are appropriately investigated and resolved.

Ethics approval: Not applicable.

Funding sources: The work was carried out with the support of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation within the framework of the State Assignment of the Federal State Budgetary Educational Institution FNC LC (No. FGSS-2022-0005).

Disclosure of interests: The author has no relationships, activities, or interests for the last three years related to for-profit or not-for-profit third parties whose interests may be affected by the content of the article.

Statement of originality: No previously obtained or published material (text, images, or data) was used in this study or article.

Data availability statement: The editorial policy regarding data sharing does not apply to this work as no new data was collected or created.

Generative AI: No generative artificial intelligence technologies were used to prepare this article.

Provenance and peer review: This paper was submitted unsolicited and reviewed following the standard procedure. The peer review involved two external reviewers, a member of the editorial board, and the in-house scientific editor.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ | REFERENCES

1. Zhivetin VV, Ginzburg LN. *Flax at the turn of the XX and XXI centuries*. Moscow: Polygran; 1998.
2. *Flax-dolgunets*. Moscow: Agricultural literature; 1957.
3. Solovyov SV, Loiko SF. Cleaning flax with a combing device. Scientific and technical progress in agricultural production. In: *Materials of the International scientific and technical conference dedicated to the 75th anniversary of the formation of RUE "NPTS NAS of Belarus on agricultural mechanization"*, Minsk, October 20–21, 2022 / Editorial Board: Kazakevich PP, Kolmach DI, Azarenko VV, et al. Minsk: Belorusskaya nauka; 2022:242–244. EDN: FIDQQP
4. Chernikov VG, Rostovtsev RA, Solovyov SV. Investigation of parameters and modes of operation of the flax seedling apparatus. *Agricultural machinery and technology*. 2021(2):13–18. EDN: LYVZFE
5. Golubev IG, Mishurov NP, Fedorenko VF, et al. *Machines and equipment for harvesting and processing of industrial crops: catalog*. Moscow: Rosinformagrotech; 2021. EDN: VUVKAZ
6. *Flax harvesters LKV-4T, LK-4T: operation manual*. Kalinin; 1975.
7. Monov AI, Solovyov AYa. Features of the development of flax farming in France, Belgium and Czechoslovakia. *Flax and hemp*. 1074(7).
8. UNION — teaser UNION GX220 characteristics [internet]. Accessed: 03.03.2024. Available from: <https://www.unionmachines.com/nl/machines/slijtmachine-gx220>
9. Verum marketplace for farmers - the cost of the UNION GX220 teaser [internet]. Accessed: 03.03.2024. Available from: <https://verum-agro.ru/katalog/kombajny/special-nye/union-gx220-3419>
10. FNC LC-products and services [internet]. Accessed: 03.03.2024. Available from: <https://fncl.ru/uslugi>
11. TexiNge-the company's products [internet]. Accessed: 03.03.2024. Available from: <https://xn--e1acfhqwe.xn--p1ai/?ysclid=iz5v36nyof891328278>
12. Patent RUS 2514447 / 27.04.2014. Smirnov NA, Merkuryev EV, Sokolov VN. Flax teaser. EDN: JISWTN
13. Patent RUS 2800122 / 07.18.2023. Bul. No. 20. Solovyov SV. Flax teaser. EDN: SLBVKL
14. The city of work.ru — the average salary of a machine operator [internet]. Accessed: 03.03.2024. Available from: <https://gorodrabot.ru/salary?p=%D0%BC%D0%B5%D1%85%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%B7%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80>
15. Rosneft — prices for diesel fuel [internet]. Accessed: 03.03.2024. Available from: <https://rosneft-azs.ru/stations>
16. Deutz — specific consumption of the TCD 4.1/6.1 engine [internet]. Accessed: 03.03.2024. Available from: https://www.deutz.ru/fileadmin/contents/com/engines/datasheets/en/Datenblatt_4_1_6_1_Englisch.pdf
17. Roslenkonplya-website about flax and hemp 1 [internet]. Accessed: 03.03.2024. Available from: <https://www.rosflaxhemp.ru/fakti-i-cifri/o-lne/tehnika-i-oborudovanie.html/id/3690>
18. BelAgro group of companies - tractor MTZ 82.1 [internet]. Accessed: 03.03.2024. Available from: <https://cernskoe2.ru/wp-content/uploads/2023/05/KP-Traktor-.pdf>
19. Verum marketplace for farmers - the cost of a TLP teaser is 1.5KM [internet]. Accessed: 03.03.2024. Available from: <https://verum-agro.ru/katalog/tehnika-dlya-sbora-urozhaya-i-kormozagotovki/prochee/teksinzhtlp-1-5km-17676/>
20. Your farming website from the Russian Agricultural Bank. Catalog of tractors. [internet]. Accessed: 03.03.2024. Available from: https://svoefermerstvo.ru/product/770-MTZ_82.1-2N/770-mtz-82-1-2n-traktor-mtz-belarus-82-1-82-1-23-12-23-32-0000010-012/770-MTZ_82.1-2N

ОБ АВТОРЕ

Соловьёв Сергей Викторович,

аспирант,

и. о. младший научный сотрудник лаборатории
агроинженерных технологий;

адрес: Россия, 170041, Тверь, Комсомольский пр-кт, д. 17/56;

ORCID: 0000-0002-8461-3888;

eLibrary SPIN: 4092-7378;

e-mail: s.solovyov@fncl.ru

AUTHOR'S INFO

Sergey V. Solovyov,

Postgraduate,

Acting junior researcher at Laboratory
of the Agroengineering Technologies;

address: 17/56 Komsomolsky ave, Tver, Russia, 170041;

ORCID: 0000-0002-8461-3888;

eLibrary SPIN: 4092-7378;

e-mail: s.solovyov@fncl.ru