

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ПРОЦЕССА ОТДЕЛЕНИЯ СЕМЕННОЙ ЧАСТИ ОТ СТЕБЛЕЙ ЛЬНА

**В. А. ШАРШУНОВ, М. В. ЦАЙЦ, В. А. ЛЕВЧУК, С. В. КУРЗЕНКОВ,
И. И. СЕРГЕЕВА, И. А. САВЧЕНКО**

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

(Поступила в редакцию 01.07.2024)

Отделение семенной части от стеблей льна при проведении уборочных работ является основополагающим процессом, в задачи которого входят сбор всей выращенной продукции (чистота отделения семенной части должна составлять не менее 98 %) и сохранение ее качества (низкая степень повреждения стеблей – до 3 %). В льноуборочных машинах, производимых и применяемых в Республике Беларусь, этот процесс остается неподверженным изменениям и придерживается принципов, изложенных в конце 1970-х годов. Такое представление о процессе отделения семенной части от стеблей не отвечает требованиям современного развития науки и техники. С целью совершенствования процесса отделения семян от стеблей льна авторами предложена конструкция обмолачивающего устройства роторно-бильного типа.

В статье приведены конструкционные и технологические параметры, результаты лабораторно-полевых исследований роторно-бильного аппарата, установленного в прицепной льноуборочный комбайн Двина-4М. Уборка льна осуществлялась по комбайновой технологии в фазах желтой и бурой спелости. Приведены результаты испытаний предлагаемой конструкции роторно-бильного обмолачивающего аппарата в сравнении с серийным гребневым очесывающим аппаратом. Отличительной особенностью работы предложенной конструкции обмолачивающего аппарата является характеристика полученного льняного вороха, содержащего 55 %...87 % семенных коробочек различной спелости и влажности частично или полностью разрушенные, 11...16 % свободных семян и 4...23 % путанины, мякины и сорняков, при этом практически отсутствуют длинностебельные примеси.

Описаны недостатки и слабые стороны предложенной конструкции роторно-бильного аппарата, возникающие в случае применения его в прицепном льноуборочном комбайне Двина-4М без изменения технологической схемы работы льнокомбайна. Определены пути дальнейшего совершенствования конструкции роторно-бильного аппарата и технологического процесса отделения семян льна от стеблей.

Ключевые слова: *лен, роторно-бильный аппарат, обмолот, очес, лента льна, комбайновая технология, совершенствование процесса.*

Separation of the seed part from the flax stems during harvesting is a fundamental process, the tasks of which include collecting all grown products (the purity of the seed part separation should be at least 98 %) and preserving its quality (low degree of stem damage – up to 3 %). In flax harvesting machines produced and used in the Republic of Belarus, this process remains unaffected by changes and adheres to the principles set out in the late 1970s. This idea of the process of separating the seed part from the stems does not meet the requirements of modern development of science and technology. In order to improve the process of separating seeds from flax stems, the authors proposed the design of a rotary-beater threshing device. The article presents the design and technological parameters, the results of laboratory and field studies of the rotary-beater apparatus installed in the trailed flax harvester Dvina-4M. Flax was harvested using combine technology in the yellow and brown ripeness phases. The paper presents the test results of the proposed design of the rotary-beater threshing apparatus in comparison with a serial comb stripping apparatus. A distinctive feature of the proposed design of the threshing apparatus is the characteristic of the resulting flax heap, containing 55 % ... 87 % of seed pods of varying ripeness and humidity, partially or completely destroyed, 11 ... 16 % of free seeds and 4 ... 23 % of tangled matter, chaff and weeds, while long-stemmed impurities are practically absent. The paper describes the disadvantages and weaknesses of the proposed design of the rotary-beater apparatus, which arise in the case of its use in the trailed flax harvesting combine Dvina-4M without changing the technological scheme of the flax harvester. The ways of further improvement of the design of the rotary-beater apparatus and the technological process of separating flax seeds from stems are defined.

Key words: *flax, rotary-beater apparatus, threshing, tow, flax tape, combine technology, process improvement.*

Введение

В зависимости от применяемой технологии уборки льна выделяют три способа заготовки семян – теревление без отрыва или разрушения семенных коробочек (раздельный способ), теревление с отрывом коробочек (комбайновый способ) и теревление с одновременным вымолачиванием семян (практикуемый в западноевропейских странах способ) [1].

При реализации раздельного способа теревление осуществляют в фазу зеленой спелости, при этом дозревание семян происходит в коробочках, связанных со стеблями, при реализации комбайнового способа теревление начинают не ранее фазы желтой спелости, а дозревание семян происходит в оторванных коробочках. При осуществлении теревления с одновременным вымолачиванием семян (фаза желтой и бурой спелости), последние дозревают в свободном состоянии [2, 3].

Исследования, проведенные во ВНИИ льна показали, что условия дозревания семян существенно влияют на их всхожесть. Условия дозревания семян определяются применяемой технологией уборки

льна. Установлено, что семена не станут более наполненными если их оставлять в коробочках. В то же время выделение семян в день тербления ведет к тому, что самые незрелые остаются невсхожими и их доля при уборке в фазе зеленой спелости достигает 30 %, в ранней желтой – 7...17 %, а в желтой и полной спелости – невсхожих семян почти нет [4].

За месяц внутри коробочек (если не будут поражены болезнями), даже самые незрелые, щуплые семена, могут стать всхожими, однако стоит ли это делать, если позднее, при очистке и сортировке незрелые, щуплые семена будут удалены [4].

Исследованиями В. С. Новоселова установлено, что качество семян, дозревших после тербления, ниже, чем у созревших на корню [5].

Способ, которым осуществляют отделение семенной части от стеблей, определяет свойства и структуру льняного вороха. Отделение семенной части льна-долгунца от стеблей издавна осуществляется двумя принципиально различными способами: отрывом коробочек льна от стеблей (очес) или разрушением коробочек на стеблях (обмолот) с последующей сепарацией. При отделении семенной части очесом формируется льняной ворох, в котором содержится 52...84 % семенных коробочек различной спелости и влажности, 2...9 % свободных семян и 12...45 % путанины, мякины и сорняков. Наличие до 45 % длинностебельных примесей влажностью 50...60 % существенно увеличивает затраты на его доработку [6]. При отделении семенной части обмолотом практически исключается попадание в льняной ворох длинностебельных примесей, однако возникает сложность сбора отделенных и разрушенных семенных коробочек, и свободных семян льна.

На основании изложенного считаем, что с целью получения качественного семенного материала целесообразно проводить уборку комбайновым способом, а отделение семенной части от стеблей – путем обмолачивания семенных коробочек на стеблях льна.

Цель исследований – анализ возможных путей совершенствования и развития технологического процесса отделения семенной части на примере роторно-бильного аппарата при комбайновой технологии уборки льна.

Основная часть

С целью совершенствования процесса отделения семенной части от стеблей льна при реализации комбайнового способа уборки льна авторами предложена и разработана конструкция аппарата, отличающегося тем, что он выполнен в виде диска, с одной стороны которого установлены косые бичи, а с другой – вычесывающе-транспортирующая щетка, что в сочетании с декой обеспечивает комбинированное ударное, вытирающее и вычесывающее воздействие на ленту льна [7, 8, 9].

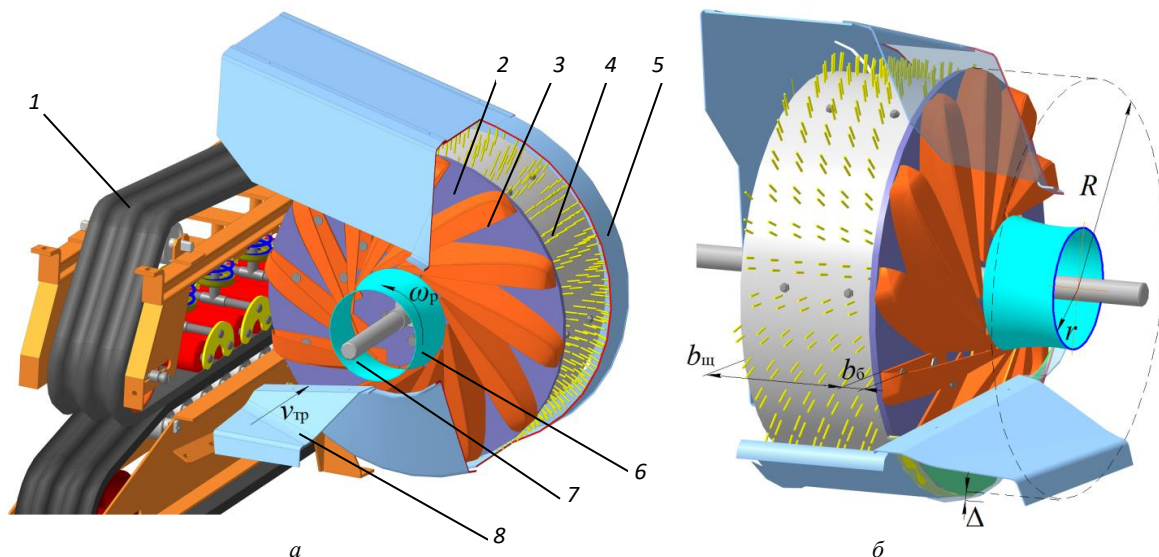


Рис. 1. Конструкция роторного бильно-вычесывающего устройства: *a* – общий вид устройства; *б* – общий вид ротора; 1 – зажимной транспортер; 2 – ротор; 3 – бичи; 4 – вычесывающе-транспортирующая щетка; 5 – кожух; 6 – кольцо; 7 – вал ротора; 8 – стол

В результате теоретических и лабораторных исследований были обоснованы конструкционные (радиус ротора 0,35 м, радиус защитного кольца 0,12 м; число установленных на роторе бичей 6...12 шт., ширина торцевой поверхности бича 0,05...0,07 м, поперечный угол передней поверхности

бича 1,31...1,48 рад (75...85°), поперечный угол боковой поверхности бича 0,436...0,524 рад (25...30°), продольный угол боковой поверхности бича 0,2 рад (12°) и кинематические (кратность воздействий бичами на фрагмент ленты льна 1,3...1,5, при скорости подаваемой на обмолот ленты льна 1,5 м/с) параметры обмолачивающей составляющей аппарата, позволяющие обеспечить чистоту обмолота 98...99,6 % при степени повреждения стеблей льна в пределах 1,82 % (из них 0,92 % открытый излом стебля с разрывом волокна и 1,56 % с отрывом технической части стебля льна) [9, 10]. Формируемый при этом льняной ворох содержал 55...87 % семенные коробочки различной спелости и влажности частично или полностью разрушенные, 11...16 % свободных семян и 4...23 % путанины, мякины и сорняков [1, 10, 11, 12].

Длина обрывков стеблей льна при обмолоте исследуемым аппаратом составляла 10–150 мм, из них 52 % приходилось на значения 30–90 мм и 27 % – 90–120 мм.

Применение предложенной конструкции обмолачивающего аппарата по сравнению с гребневым очесывающим аппаратом позволило уменьшить процентное содержание путанины в структуре льняного вороха в среднем на 48,5 %, а общий объем льновороха снизить на 28,5–56,3 %. Объемная масса вороха, полученного при уборке роторно-бильным аппаратом, увеличилась на 9 % (с 140 кг/м³ до 152,8 кг/м³) [11, 13].

В процессе проведения производственных испытаний роторно-бильного аппарата выявлены недостатки возникающие в случае применения устройства на прицепном льноуборочном комбайне:

- ввиду низкого расположения оси вращения ротора, для обеспечения качественной транспортировки вороха льна на выгрузной транспортер, скорость вращения ротора должна составлять не менее 37,8 рад/с. Недостаточная скорость вращения ротора приводит к осыпанию части семенного вороха на серединную часть ленты льна и выносу семян из камеры отделения с лентой льна [1];

- низкая скорость вращения ротора способствует образованию намотки на ротор путанины;

- при обработке ленты льна с линейной плотностью более 3600 шт./м и радиальном зазоре 0,01 м возникает повреждение ленты льна в ее верхней части в виде задиров луба (рис. 2) [1, 12];

- наличие большого количества (до 16 % от общего объема получаемого вороха) выделенных из семенных коробочек семян льна приводит к их потерям через неплотности камеры отделения из-за невысокой герметичности;

- выделение семян льна из семенных коробочек на стеблях приводит к проникновению мелкодисперсной фракции в нижние слои обрабатываемой ленты и постепенному скапливанию в камере отделения;

- уплотнение обрабатываемой ленты льна цилиндрическим кольцом вычесывающе-транспортирующей щетки снижает проникающую способность ворса в ленту льна.

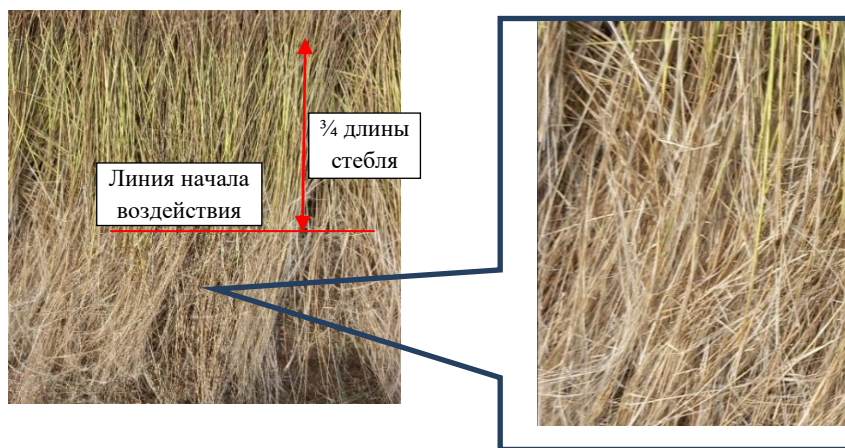


Рис. 2. Вид ленты льна после обработки

Из приведенных результатов наблюдений производственных испытаний видно, что получаемый ворох льна содержит преимущественно разрушенные и целые семенные коробочки, а также свободные семена, что создает предпосылки к выделению свободных семян из общей массы вороха льна. Поскольку, согласно принятой технологической схеме (рис. 3, а), стебли льна при обработке проходят в подроторном пространстве, где лента уплотняется, то вычесать из такой ленты свободные семена проблематично. Вычесывающе-транспортирующая щетка не способна поднять со дна камеры очеса выделенные семена, которые постепенно накапливаются, а затем выносятся из камеры очеса с лентой льна.

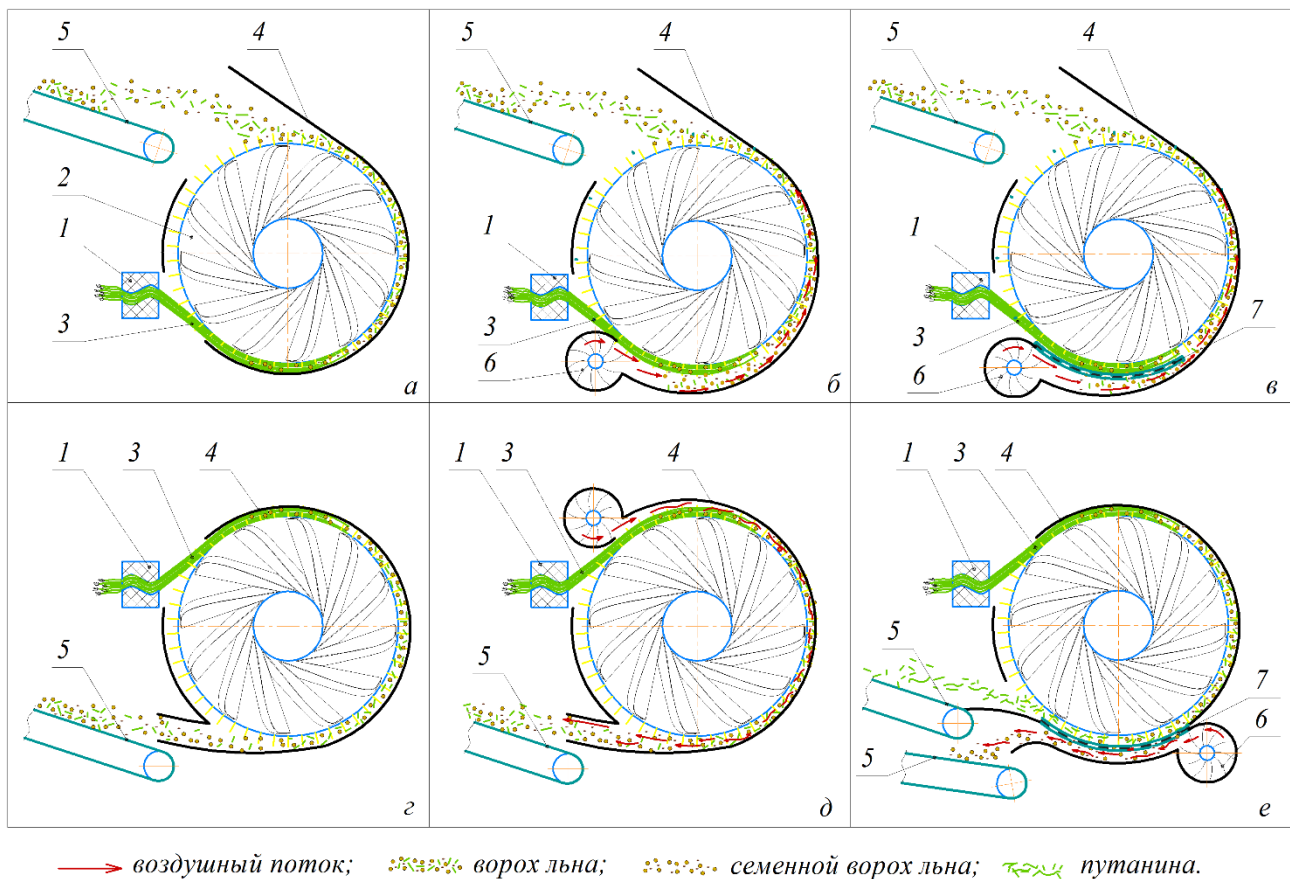


Рис. 3. Технологические схемы совершенствования обмолачивающего устройства: *a* – технологическая схема исследуемая авторами; *б* – технологическая схема с принудительным воздушным потоком; *в* – технологическая схема с сепарирующей решеткой и принудительным воздушным потоком; *г* – технологическая схема с направлением ленты льна в надроторное пространство (перевернутая схема); *д* – перевернутая технологическая схема с принудительным воздушным потоком; *е* – перевернутая технологическая схема с сепарирующей решеткой и принудительным воздушным потоком; 1 – зажимной транспортер; 2 – ротор с бичами; 3 – лента стеблей льна; 4 – камера отделения; 5 – выгрузной транспортер; 6 – пневмотранспортер; 7 – сепарирующая решетка

Решение проблемы сбора и транспортировки может быть решено путем применения сепарирующей решётки, установленной в нижней части камеры отделения и транспортировки выделенных свободных семян пневмотранспортером (рис. 3, б).

Более радикальным подходом к решению проблемы сбора свободных семян может быть подача стеблей льна вверх роторно-бильного аппарата (рис. 3, г). Таким образом, семенной ворох под действием сил тяжести будет просыпаться сквозь обрабатываемые стебли льна на вычесывающе-транспортирующую щетку.

Из приведенного выше можно выделить следующие направления совершенствования роторно-бильного обмолачивающего аппарата:

- увеличение зоны воздействия вычесывающе-транспортирующей щетки на обрабатываемую ленту льна;
- повышение способности выделения семян и семенного вороха из ленты льна вычесывающе-транспортирующей щетки;
- разуплотнение слоя ленты льна в зоне воздействия вычесывающе-транспортирующей щетки, с целью обеспечения проникновения вычесывающего ворса на всю толщину обрабатываемого слоя;
- включение в процесс отделения семенной части сепарации путем установки в нижней части камеры отделения сепарирующей решетки (рис. 3 в и рис. 3 е);
- включение в процесс отделения семенной части воздушного потока в направлении транспортирования семенного вооха (рис. 3 б и рис. 3 д);
- перенаправление ленты льна в надроторное пространство (рис. 3 г, д и е);
- включение в процесс отделения, направленной в надроторное пространство ленты льна, принудительного воздушного потока (рис. 3 д);
- включение в процесс отделения, направленной в надроторное пространство ленты льна,

принудительного воздушного потока и механизма сепарации вороха льна (рис. 3 е).

Заключение

Производственные испытания прицепного льноуборочного комбайна Двина-4М с роторно-бильным обмолачивающим аппаратом показали высокую эффективность применения обмолота в качестве способа отделения семенной части от стеблей льна. Вместе с тем, получаемый при обмолоте семенной ворох льна, существенно отличается по размерно-массовым характеристикам и содержанию примесей от вороха, формируемого при работе очесывающего аппарата. Реализация отделения семенной части от стеблей путем применения роторно-бильного аппарата в технологической схеме льноуборочного комбайна приводит к созданию сложности сбора получаемого семенного вороха льна.

В результате проведенного анализа и наблюдений при проведении испытаний выявлены недостатки и слабые стороны предложенной конструкции роторно-бильного аппарата, возникающие в случае применения его в прицепном льноуборочном комбайне Двина-4М без изменения технологической схемы работы льнокомбайна. Определены пути дальнейшего совершенствования конструкции роторно-бильного аппарата и технологического процесса отделения семян льна от стеблей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Результаты производственных испытаний и экономическая оценка применения роторного бильно-вычесывающего устройства на льноуборочном комбайне / В. А. Шаршунов, В. Н. Босак, М. В. Цайц и др. // Весті Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Серыя аграрных навук. – 2023. – Т. 61, № 4. – С. 324–336. – DOI 10.29235/1817-7204-2023-61-4-324-336.
2. Анализ механизированных технологий уборки и первичной переработки льна / В. А. Шаршунов, А. С. Алексеенко, М. В. Цайц, В. А. Левчук // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2017. – № 2. – С. 137–141.
3. Шаршунов В. А., Алексеенко А. С., Цайц М. В. Состояние льноводческой отрасли Республики Беларусь и пути повышения ее эффективности // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2019. – № 2. – С. 267–271.
4. Линь А. А., Яньшина А. А., Михайлов В. М. Энергосберегающая технология производства семян льна долгунца // Достижения науки и техники АПК. – 2008. – № 5. – С. 51–53.
5. Новоселов В. С. Тайны льна и поиски науки. кн. 3. – Торжок, 2003. – 200 с.
6. Анализ рабочих органов для сбора и транспортировки вороха льна-долгунца / В. С. Астахов, В. В. Азаренко, С. В. Курзенков и др. // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2022. – № 3. – С. 144–149.
7. Патент № 2788696 С1 Российская Федерация, МПК А01F 11/02, А01D 45/06. Устройство для отделения семенных коробочек 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».
8. Устройство для отделения семенных коробочек льна от стеблей: пат. 21293 Респ. Беларусь, МПК А 01D 45/06 (2006.01) / В. Е. Круглень, В. И. Коцуба, П. Д. Сентюров, А. Д. Сентюров, М. В. Цайц, Г. А. Райлян, И. Л. Подшиваленко; заявитель УО «Белорус. гос. с.-х. акад.» – № а 20130044; заявл. 14.01.13; опубл. 25.05.17 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2017. – № 4(117). – С. 57.
9. Алексеенко А. С., Цайц М. В. Разработка роторного бильно-вычесывающего устройства льна // Конструирование, использование и надежность машин сельскохозяйственного назначения. – 2019. – № 1(18). – С. 234–241.
10. Обоснование рациональной схемы расположения элементов роторного устройства для отделения семенной части от стеблей льна и конструктивных его параметров / С. В. Курзенков, М. В. Симонов, М. В. Цайц, В. И. Коцуба // Вестник НГИЭИ. – 2022. – № 10(137). – С. 7–19. – DOI 10.24412/2227-9407-2022-10-7-19.
11. Цайц М. В. Роторное бильно-вычесывающее устройство для отделения семян от стеблей льна // Инновационные технологии в агропромышленном комплексе – сегодня и завтра: сб. науч. ст. 6-й Междунар. науч.-практ. конф. – Гомель: Науч.-техн. центр комбайностроения ОАО «Гомсельмаш», 2022. – С. 227–232.
12. Повышение эффективности получения семян льна-долгунца при комбайновой уборке / В. А. Шаршунов, М. В. Цайц, С. В. Курзенков и др. // Вестн. Нижегород. гос. инж.-экон. ин-та. – 2023. – № 7 (146). – С. 44–59. – DOI 10.24412/2227-9407-2023-7-44-59.
13. Цайц, М. В. Результаты экспериментальных исследований процесса обмолота лент льна роторным бильно-вычесывающим устройством // Вестник НГИЭИ. – 2023. – № 2(141). – С. 19–34. – DOI 10.24412/2227-9407-2023-2-19-34.