

ОБОСНОВАНИЕ ПРОДОЛЬНОГО УГЛА НАКЛОНА БОКОВОЙ ПОВЕРХНОСТИ БИЧА К ПЛОСКОСТИ ДИСКА РОТОРНО-БИЛЬНОГО ОБМОЛАЧИВАЮЩЕГО АППАРАТА

М.В. ЦАЙЦ, В. А. ЛЕВЧУК, В. О. КОЦУБА, А. В. ШИК, Д. Ю. БОСАК, 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 04.01.2024)

Несмотря на имеющиеся преимущества, льноводство Республики Беларусь в течение последних лет отставало в своем развитии. Это обусловлено значительной трудоемкостью возделывания льна, недостаточным уровнем механизации ряда технологических процессов. Разработка высокопроизводительных, надежных, с высокими показателями качества работы машин для условий Республики Беларусь сдерживается отсутствием научно обоснованных конструкторских и технологических решений.

В статье обоснована зависимость геометрических параметров бичей предложенного роторно-бильного аппарата от угла перекоса стеблей в ленте льна.

Приведена методика определения и результаты лабораторно-полевых исследований угла перекоса стеблей льна в ленте, формируемой рабочими органами льноуборочного комбайна, в зависимости от высоты тербления и скорости движения.

В результате исследований установлено, что стебли отклоняются как в сторону по ходу движения, так и в сторону против движения ленты льна. Определены значения углов перекоса стеблей в ленте льна. Произведена проверка на подчинение опытных данных нормальному закону распределения для выяснения применимости к ним параметрических методов исследования. Проверка производилась по критерию хи-квадрат. В результате этого было установлено, что данные не подчиняются нормальному закону распределения и носят случайный характер. Установлено, что значения перекоса стеблей в ленте подчиняются закону нормального распределения в случае их группировки по факторам: высота тербления и скоростной режим работы. Установлено, что 97 % значений углов перекоса ξ стеблей льна не превышают угол $+12$ град. (0,188 рад).

Ключевые слова: лен, роторно-бильный аппарат, геометрические параметры, бичи, семенная часть, обмолот, очес, лента льна, комбайновая технология.

Despite the existing advantages, flax growing in the Republic of Belarus has lagged behind in its development in recent years. This is due to the significant labor intensity of flax cultivation and the insufficient level of mechanization of a number of technological processes. The development of highly productive, reliable, high-quality machines for the conditions of the Republic of Belarus is hampered by the lack of scientifically based design and technological solutions.

The article substantiates the dependence of the geometric parameters of the whips of the proposed rotary beater on the angle of skew of the stems in the flax band.

The method for determining and the results of laboratory and field studies of the skew angle of flax stems in the belt formed by the working parts of a flax harvester, depending on the pulling height and movement speed, is presented.

As a result of the research, it was established that the stems deviate both to the side in the direction of movement and to the side against the movement of the flax band. The values of the skew angles of the stems in the flax band were determined. A check was made to ensure that the experimental data obey the normal distribution law to determine the applicability of parametric research methods to them. The test was carried out using the chi-square test. As a result of this, it was found that the data did not obey the normal distribution law and were random in nature. It has been established that the values of the skew of the stems in the band obey the law of normal distribution in the case of their grouping by factors: pulling height and operating speed. It has been established that 97 % of the skew angles ξ of flax stems do not exceed an angle of $+12$ degrees (0.188 rad).

Key words: flax, rotary beater, geometric parameters, whips, seed part, threshing, stripping, flax band, combine technology.

Введение

От уровня совершенства технологического процесса отделения семенной части урожая льна-долгунца от стеблей зависит качество получаемых льносоломки и вороха льна. На характер воздействия рабочих органов обмолачивающего аппарата на стебли льна оказывают существенное влияние геометрия рабочего органа (бича). Предложенная в УО БГСХА конструктивно-технологическая схема роторно-бильного аппарата [1, 2] в качестве рабочих органов, разрушающих и отделяющих семенную часть от стеблей использует бичи сложной формы. При работе роторно-бильного аппарата захваченная бичом порция стеблей, льна протаскивается в молотильное пространство, сформированное бичами ротора и боковой декой. Форма и размер бича определяют объем захватываемой порции стеблей льна, а также характер взаимодействия бича со стеблями.

Научно обоснованное совершенствование и создание новых технических средств для механизации процессов в льноводстве требует глубокого изучения физико-механических и технологических свойств стеблей и лент льна. Необходимость изучения механико-технологических свойств этой культуры диктуется дополнительно ее высокой чувствительностью к механическим воздействиям и легкой повреждаемостью при взаимодействии с рабочими органами льноуборочных машин. В связи с

этим разработка новых технических средств с рациональными параметрами для механизации технологических процессов в льноводстве тесно связано со свойствами льна-долгунца. Эти свойства характеризуются совокупностью показателей, учитывающих строение растения, его сопротивление воздействию на него нагрузкам, поведение его при различных деформациях и разрушении, содержание влаги, трение о рабочие поверхности и др. Исследованиями технологических параметров стеблей и лент льна влияющих на протекание процессов осуществляемых при проведении уборки льна занимались многие ученые. Исследованием свойств стеблей при растяжении занимались Н. М. Чиликин, И. В. Крагельский [3], Г. А. Хайлис [4, 5], Н.Н. Быков [6], С. В. Курзенков, В. А. Левчук и М. В. Цайц [7, 8, 9]. М. М. Ибрагим и Г. А. Аверьяновой [10] дополнительно исследовано двухосное сжатие одиночного стебля. Исследованием сжатия и определения упругих свойств массы стеблей занимались Г. А. Хайлис [4, 5], Б. П. Можаров [3], Г. А. Аверьянова [10], В. С. Брик, В. Е. Логинов, А. В. Писарчик. Они определили сопротивление стеблей, расположенных в ряд. Н. Н. Быковым рассмотрено поперечное сжатие слоя стеблей [6].

Сопротивление стеблей льна излому изучали А. В. Писарчик Г. А. Хайлис [4, 5], Ю. Г. Морозов [11]. Изгиб одиночных стеблей и их слоя в профилированных ремнях исследовал Н. Н. Быков [6].

А. Н. Зинцов предложил зависимость к определению влияния угла перекоса ξ стеблей льна в ленте на плотность $\rho_{ст}$ ленты льна [12].

Цель исследований: обосновать зависимость угла наклона боковой поверхности бича к плоскости диска роторно-бильного обмолачивающего аппарата от угла перекоса стеблей в ленте льна; установить зависимости угла перекоса стеблей в ленте льна от высоты тербления и рабочей скорости льноуборочного комбайна.

Основная часть

При комбайновом способе уборки льна-долгунца обмолоту подвергается лента стеблей льна, сформированная рабочими органами комбайна. На параметры формируемой ленты оказывают влияние агrobiологические свойства стеблестоя, конструктивные особенности тербильного аппарата, параметры и режим работы уборочного агрегата. Формируемая лента стеблей льна (рис. 1) характеризуется растянутостью μ , относительным сдвигом стеблей в ленте ζ , а также углом перекоса стеблей в ленте ξ [3, 4, 6].

При работе роторно-бильного аппарата лента стеблей льна подводится к ротору с бичами. Ротор совместно с боковой декой образует молотильное пространство, в которое протаскивается захваченная бичом порция стеблей льна. Поскольку стебли в ленте льна расположены с перекосом ξ , то воздействие на них рабочими органами обмолачивающего аппарата происходит по-разному.

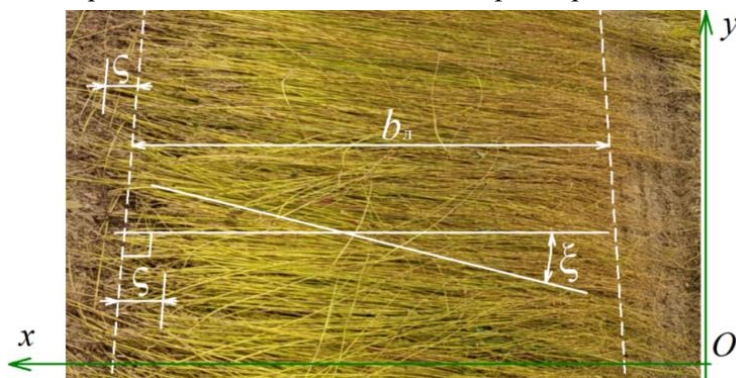


Рис. 1. Основные параметры ленты стеблей льна

Из схемы (рис. 2) видно, что стебель льна c_1 , который сориентирован верхней частью вперед по ходу движения, будет подвержен последовательному воздействию бичами по мере поступления в молотильное пространство – сначала бичи воздействуют на верхушечную часть, а затем на среднюю.

Прямой не перекошенный в ленте стебель c_2 попадет под воздействие бичей всей длиной и его изгиб, произойдет у периферийной части ротора. Стебель льна c_3 , сориентированный верхней частью назад по ходу движения, в первую очередь попадет под воздействие бича своей средней частью и будет подвержен излому. Комлевая часть стебля жестко зажата, и удерживается зажимным транспортером, в то время как верхушечная его часть лежит на подводящем столе, а бич, воздействуя на стебель в средней его части, изгибает стебель вниз.

Для исключения изламывающего воздействия рабочих органов обмолачивающего аппарата на стебли льна необходимо уменьшить высоту бича к периферии ротора, т. е. обеспечить продольный угол наклона боковой поверхности бича к плоскости вращения (плоскости диска).

$$\beta_6 \geq \xi, \quad (1)$$

где ξ – угол перекося стеблей в ленте льна, рад.

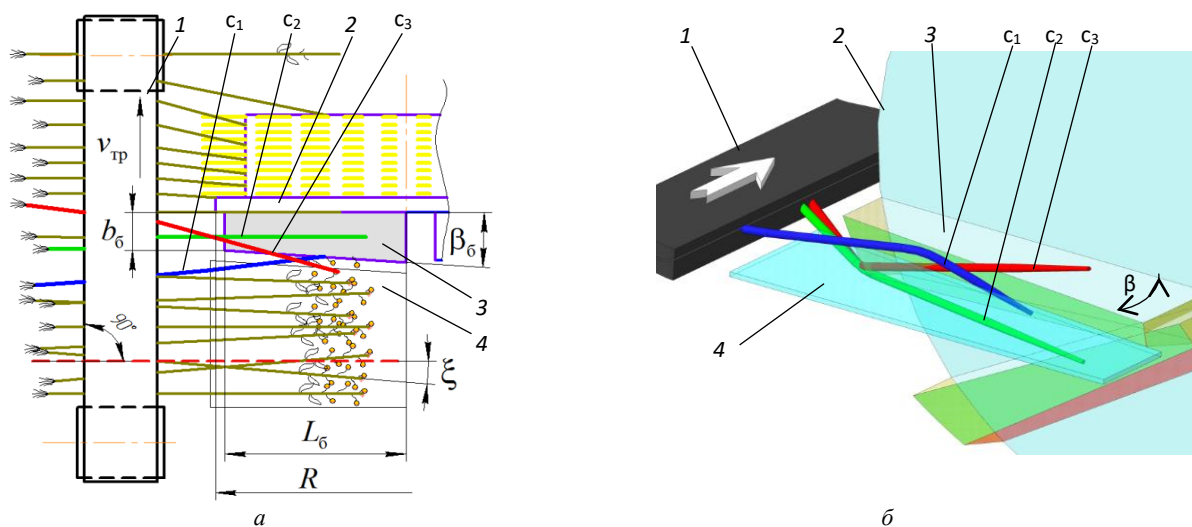


Рис. 2. Схема к обоснованию угла наклона боковой поверхности бича к плоскости диска: а – схема взаимодействия бича со стеблями льна; б – пространственная схема взаимодействия стеблей льна с бичом; 1 – зажимной транспортер; 2 – ротор; 3 – бич; 4 – подающий стол; 5 – щетка

На основании анализа исследований параметров ленты льна [13, 14] установлено, что на перекося стеблей оказывают влияние кинематический показатель режима работы льноуборочного комбайна, а также высота установки терибильного аппарата. Для определения влияния кинематического показателя режима работы агрегата на угол ξ исследовалась лента льна, полученная при различных режимах работы льноуборочного комбайна: $v_m = 6,03$ км/ч, $v_m = 7,14$ км/ч, $v_m = 8,11$ км/ч, $v_m = 9,44$ км/ч. Для определения влияния высоты тербления льна на параметр ξ тербление выполняли на высоте 0,2, 0,3 и 0,4 м.

Определение угла ξ перекося стеблей в ленте льна осуществляли следующим образом. На льноуборочном комбайне «Двина 4М» был отключен привод очесывающего аппарата, а очесывающий модуль выдвинут максимально вперед. Таким образом исключалось воздействие очесывающего аппарата на формируемую рабочими органами льноуборочного комбайна ленту. Определение угла ξ перекося стеблей производили в ленте льна, зажатой зажимным транспортером льноуборочного комбайна, с помощью оптического угломера УО-2 ГОСТ 11197–73 1-го класса точности. Для этого был выбран участок льна с густотой стеблестоя 1630 шт/м² и средней высотой – 0,97 м. Для более точного определения угла ξ перекося ленты льна агрегат останавливали при установившемся режиме работы и производили измерения на ленте, находящейся в зажимном транспортере.

В результате проведенных исследований установлено, что стебли отклоняются как в сторону по ходу движения «–», так и в сторону против движения «+» ленты льна. С целью определения однородности полученных значений была выполнена нормировка опытных данных, состоящая в вычислении стандартного отклонения от их среднего арифметического значения и в пересчете данных в этой шкале. В результате такого преобразования была получена шкала стандартных отклонений, где некоторые значения выделялись как по знаку, так и по абсолютной величине от остальных (интервал значений был от –17 до +14). Но эти значения не превышали двух стандартных отклонений, поэтому их можно считать принадлежащими одной общей совокупности. Далее была произведена проверка на подчинение опытных данных нормальному закону распределения для выяснения применимости к ним параметрических методов исследования. Проверка производилась по критерию хи-квадрат. В результате этого было установлено, что данные не подчиняются нормальному закону распределения и носят случайный характер (рис. 3).

В результате группировки результатов исследований по факторам (высоте тербления и скоростному режиму работы МТА) было установлено, что такие группы подчиняются закону нормального распределения при вероятности 0,05 и степени свободы 28. Эмпирический показатель хи-квадрат приведен в таблица.

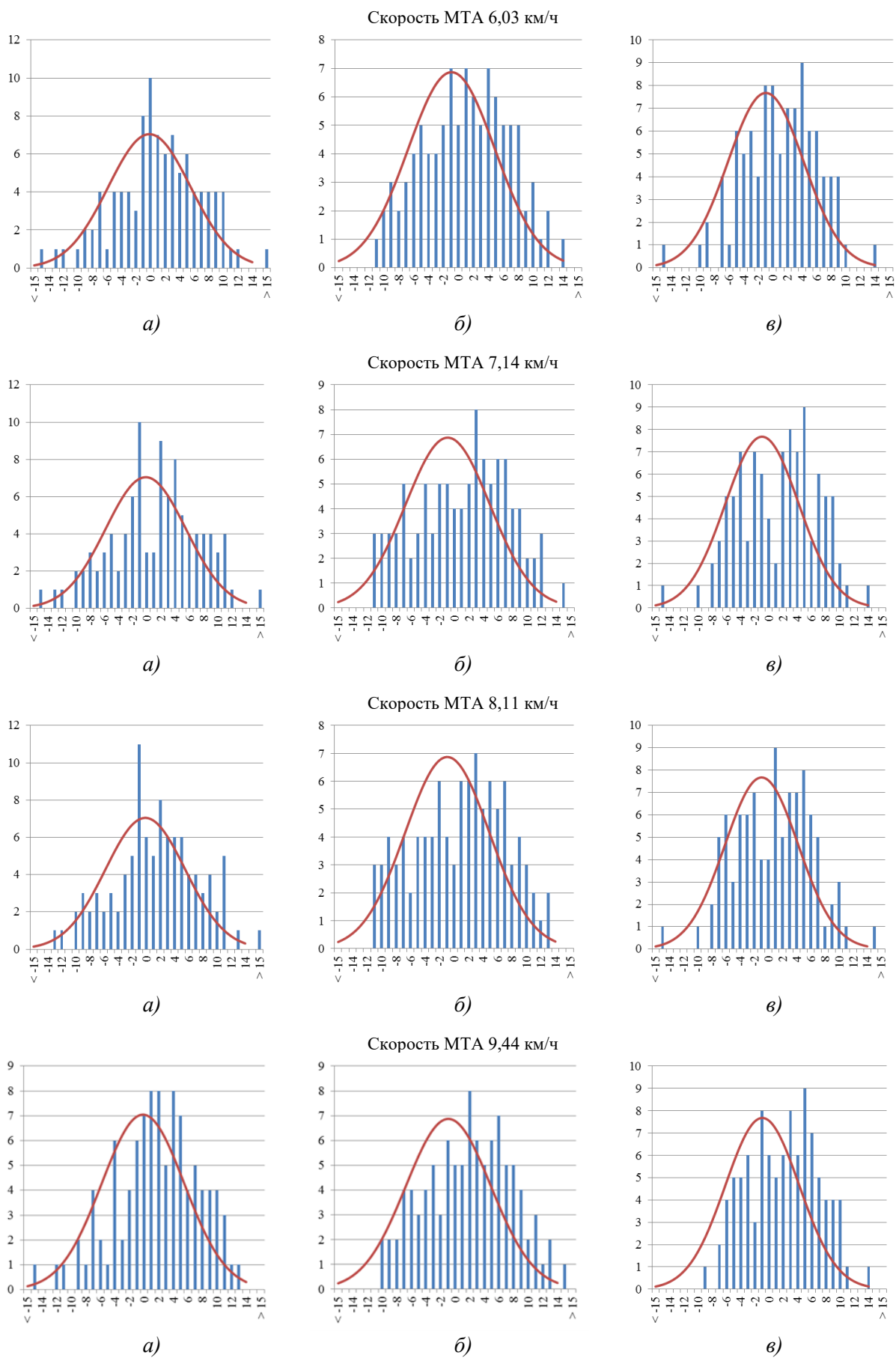


Рис. 3. Гистограммы распределения частот угла перегиба стеблей льна в ленте при высоте тербления:
а – 0,2 м; б – 0,3 м; в – 0,4 м

Таблица 1. Значение эмпирического показателя хи-квадрат при различных режимах работы агрегата

Скоростной режим работы, км/ч	Высота тербления, м	Эмпирический хи-квадрат	Расчетное значение хи-квадрат
6,03	0,2	19,70	41,34
	0,3	13,21	
	0,4	28,55	
7,14	0,2	22,99	
	0,3	22,33	
	0,4	30,98	
8,11	0,2	22,41	
	0,3	19,91	
	0,4	29,98	
9,44	0,2	22,02	
	0,3	14,66	
	0,4	19,98	

Исследованиями установлено, что наибольшие значения углов перекоса стеблей в ленте достигает $\pm 27^\circ$, при этом доля стеблей перекошенных в сторону движения ленты льна составляющих 3 % от общего числа стеблей в ленте имеет перекося в диапазоне $13^\circ \dots 27^\circ$. Оценив полученные результаты, можно сделать вывод о том, что 97 % значений углов перекоса стеблей льна не превышают угол $+12$ град. (0,188 рад).

Заключение

Установлено, что стебли отклоняются как в сторону по ходу движения « $\rightarrow$ », так и в сторону против движения « $\leftarrow$ » ленты льна. Определены значения углов перекоса ξ стеблей в ленте льна. Произведена проверка на подчинение опытных данных нормальному закону распределения для выяснения применимости к ним параметрических методов исследования. Проверка производилась по критерию хи-квадрат. В результате этого было установлено, что данные не подчиняются нормальному закону распределения и носят случайный характер. Установлено, что значения перекоса стеблей в ленте подчиняются закону нормального распределения в случае их группировки по факторам: высота тербления и скоростной режим работы. Установлено, что 97 % значений углов перекоса ξ стеблей льна не превышают угол $+12$ град. (0,188 рад).

ЛИТЕРАТУРА

1. Патент 2788696 С1 РФ. Устройство для отделения семенных коробочек и семян льна от стеблей / М. В. Симонов, В. А. Шаршунов, Н. С. Сентюров, М. В. Цайц. заявл. 16.06.2022; опубл. 24.01.2023, Бюл. № 3.
2. 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 БГСХА. – № а 20130044; заявл. 14.01.2013; опубл. 25.05.2017 // Афіцыйны бюлетэнь / Нацыянальны цэнтр інтэлекту-альнай уласнасці. – 2017. – № 4 (117). – С. 57.
3. Крагельский, И. В. Физико-механические свойства лубяного сырья. – М.: Гизлегпром, 1935. – 299 с.
4. Хайлис, Г. А. Механика растительных материалов. – К.: УААН, 2002. – С. 160–167. – 374 с.
5. Хайлис, Г. А. Механика растительных материалов. – К.: – 1994. – 332 с.
6. Быков, Н. Н. Исследование технологического процесса и устройств для зажима стеблей в льноуборочных комбайнах: дис. ... канд. техн. наук. – Торжок, 1969. – 163 с.
7. Курзенков, С. В. Моделирование деформации формы коробочки льна при ее сжатии между бичом и декой в процессе обмолота / С. В. Курзенков, В. А. Левчук, М. В. Цайц // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2022. – № 1. – С. 142–147.
8. Курзенков, С. В. Методика расчета параметров слоя стеблей льна в зоне обмолота / С. В. Курзенков, В. А. Левчук, М. В. Цайц // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2022. – № 1. – С. 154–159.
9. Исследование характера деформации и разрушения семенной коробочки льна / В. А. Шаршунов, С. В. Курзенков, В. А. Левчук, М. В. Цайц // Вестник Барановичского государственного университета. Серия: Технические науки. – 2022. – № 1(11). – С. 96–105.
10. Аверьянова, Г. А. Некоторые закономерности сжатия массы стеблей // Сб. науч. работ аспирантов. / ЦНИИМЭСХ НЗ СССР. – Мн. – 1978. – С. 85–88.
11. Морозов, Ю. Г. Исследование работы льнотеребильных машин: автореф. дис. ... канд. техн. наук. – М., 1967. – 20 с.
12. Зинцов, А. Н. Обоснование и разработка процессов и машин для раздельной уборки льна-долгунца: дис. ... докт. техн. наук. 05.20.01. – Кострома, 2007. – 347 с.
13. Астахов, В. С. Анализ формирования растянутости ленты льна-долгунца при уборке комбайновой технологией / В. С. Астахов, С. В. Курзенков, О. В. Гордеенко // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. 2022. № 2. С. 180–186.
14. Ковалев, М. М. Плоскостные аппараты льноуборочных машин (конструкция, теория и расчет): монография / М. М. Ковалев, В. П. Козлов. – Тверь: Тверское областное книжно-журнальное издательство, 2002. – 208 с.