

ОБОСНОВАНИЕ РАЦИОНАЛЬНОЙ СХЕМЫ РАСПОЛОЖЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ И КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ РОТОРНОГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ ОТДЕЛЕНИЯ СЕМЕННОЙ ЧАСТИ ОТ СТЕБЛЕЙ ЛЬНА

М. В. ЦАЙЦ, С. В. КУРЗЕНКОВ, В. И. КОЦУБА, В. А. ЛЕВЧУК

*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 01.07.2022)

С целью повышения качественных показателей отделения семенной части урожая от стеблей льна при уборке мобильными льноуборочными машинами в УО БГСХА была предложена конструктивно-технологическая схема роторного бильно-вычесывающего устройства. Рациональная схема расположения элементов и конструктивные параметры требует уточнения.

В статье рассмотрены три наиболее приемлемые схемы взаимного расположения роторного бильно-вычесывающего устройства и зажимного транспортера, а также схемы расстановки бичей на роторе. Проведен анализ влияния рассматриваемых схем на технологический процесс отделения семенной части урожая и характера воздействия на обрабатываемый материал. Критериями оценки характера взаимодействия устройства с лентой стеблей льна были приняты: «мертвая» зона, предельный угол изгиба стеблей льна и полнота захвата бичом части ленты льна, содержащей семенные коробочки.

Графическим методом были построены зависимости изменения анализируемых параметров при горизонтальном смещении ротора относительно зажимного транспортера, при вертикальном смещении транспортера относительно ротора и при изменении радиуса ротора. Анализ полученных зависимостей показал, что наиболее рациональной схемой расстановки элементов роторного бильно-вычесывающего устройства является вариант со смещением зажимного транспортера вертикально вниз относительно радиальной оси ротора, а его горизонтальное смещение нецелесообразно из-за существенного увеличения «мертвой» зоны. Для достижения качественной работы предлагаемого устройства необходимо обеспечить предварительный изгиб стеблей на угол, соответствующий половине общего угла изгиба стебля. В этом случае соотношение радиусов ротора к радиусу защитного кольца зависит от расположения зажимного транспортера и принятого угла изгиба стеблей. Такая схема позволит обеспечить положительный эффект – растягивание слоя ленты льна в молотильном пространстве, т. е. уменьшение толщины слоя стеблей при их обмолаоте.

Полученные в данной статье аналитические зависимости, войдут в основу методики расчета и проектирования предлагаемого роторного устройства для отделения семенной части урожая от стеблей льна.

Ключевые слова: *лен-долгунец, зажимной транспортер, уборка льна, роторное обмолачивающее устройство, конструктивные параметры.*

In order to improve the quality indicators of separating the seed part of the crop from the flax stalks during harvesting with mobile flax harvesters, a structural and technological scheme of a rotary beater-combing device was proposed in the EE "BSAA". The rational arrangement of elements and design parameters requires clarification.

The article discusses the three most acceptable schemes for the mutual arrangement of rotary beater-combing device and clamping conveyor, as well as the schemes for arranging the whips on the rotor. The analysis of the influence of the schemes under consideration on the technological process of separating the seed part of the crop and the nature of impact on the processed material was carried out. The criteria for evaluating the nature of interaction of the device with the flax stalk tape were taken as follows: the "dead" zone, the limiting angle of the flax stalk bending and the completeness of capture by the whip of the part of flax tape containing the seed pods.

Dependences of the change in the analyzed parameters were plotted using a graphical method with a horizontal displacement of the rotor relative to the clamping conveyor, with a vertical displacement of the conveyor relative to the rotor, and with a change in the radius of the rotor. Analysis of the dependencies obtained showed that the most rational arrangement of the elements of a rotary beater-combing device is the option with the clamping conveyor vertically downwards relative to the radial axis of the rotor, and its horizontal displacement is impractical due to a significant increase in the "dead" zone. To achieve high-quality operation of the proposed device, it is necessary to ensure the preliminary bending of the stems at an angle corresponding to half of the total bending angle of the stem. In this case, the ratio of the rotor radii to the radius of the protective ring depends on the location of the clamping conveyor and the accepted stalk bending angle. Such a scheme will provide a positive effect of stretching the layer of flax tape in the threshing space, i.e., reducing the thickness of the layer of stems during their threshing.

The analytical dependencies obtained in this article will form the basis of the methodology for calculating and designing the proposed rotary device for separating the seed part of the crop from flax stalks.

Key words: *fiber flax, clamping conveyor, flax harvesting, rotary threshing device, design parameters.*

Введение

В настоящее время в Беларуси механизированная уборка льна-долгунца на семенные цели осуществляется преимущественно с применением льноуборочных комбайнов ЛК-4А, «Двина-4М» или КЛС-3,5 и подборщиков-очесывателей фирм DEPORTERE и NECANY 2008 [1].

Применяемые в Беларуси льнокомбайны не в полной мере отвечают требованиям, предъявляемым к ним современным сельскохозяйственным производством, особенно это относится к очесывающе-транспортирующему модулю, на котором происходит значительные повреждения стеблей и потери семян. Общие невозвратимые потери семян для льнокомбайна ЛК-4А и «Двина-4М» составляют в среднем 6,63 %, при его работе на короткостебельном льне – до 24,2 %, на полеглом стеблестое – до 60 %. Очесывающе-транспортирующий модуль комбайнов ЛК-4А и «Двина-4М» формирует ворох

льна с содержанием стеблей в виде путанины до 70 % от общей массы, и не обеспечивает распределения вороха в прицепе [2, 3, 4].

В УО БГСХА предложена конструкция устройства для отделения семенной части от стеблей льна [5, 6, 7], основными узлами которого являются зажимной транспортер и ротор (рис. 1, а). Ротор на валу 7 устанавливается перпендикулярно зажимному транспортеру 1. На боковой поверхности диска ротора 2 со стороны подачи ленты льна на обмолот, установлены косые бичи 3 и защитное кольцо 4, а на другой стороне ротора установлена вычесывающе-транспортирующая щетка 5. Ротор заключен в улиткообразный кожух 6 имеющим стол 8 для подвода стеблей в зону обмолота.

От схемы взаимного расположения зажимного транспортера и ротора, а также расстановки рабочих органов на нем, зависит полнота отделения семенной части урожая, степень повреждения стеблей и другие моменты эффективности работы устройства. При этом важным условием эффективности работы предложенного устройства является исключение секущего воздействия бича на стебли льна, их захлестывания за бич и как следствие обрыва стеблей [8]. Для этого в момент касания бичом ленты бич должен воздействовать на ленту льна всей передней, по ходу движения, поверхностью, или плавным – сначала бич воздействует наиболее приближенная часть бича к оси вращения ротора, затем плоскостью передней поверхности, и далее носком. Опираясь на данное условие, рассмотрим такие схемы расстановки элементов конструкции устройства, которые обеспечивают параллельность бича с лентой стеблей льна в начале взаимодействия.

Цель исследования – обоснование рациональной схемы расположения элементов конструкции проектируемого роторного бильно-вычесывающего устройства и его параметров для эффективного отделения семенной части урожая от стеблей льна.

Для достижения поставленной цели применены теоретические (анализ, идеализация и моделирование) и эмпирические (наблюдение, измерение, сравнение) методы научного исследования.

Основная часть

Анализируя расстановку элементов конструкции обмолачивающего устройства, выделим характерные участки ленты стеблей льна, которые формируются во время работы устройства.

Лента льна при обмолоте удерживается зажимным транспортером на участке $L_{зт}$ (рис. 1, б) на расстоянии $L_{кк}$ от корней. При обмолоте на участке $L_{ст}$ происходит периодическое воздействие бича на стебли льна, а между участками $L_{зт}$ и $L_{ст}$ образуется не подвергаемый воздействию рабочего органа участок $L_{мз}$ – «мертвая» зона [9, 10]. На участке ленты льна $L_{ск}$ располагаются семенные коробочки, которые необходимо отделить от стеблей или разрушить обмолачивающим устройством.

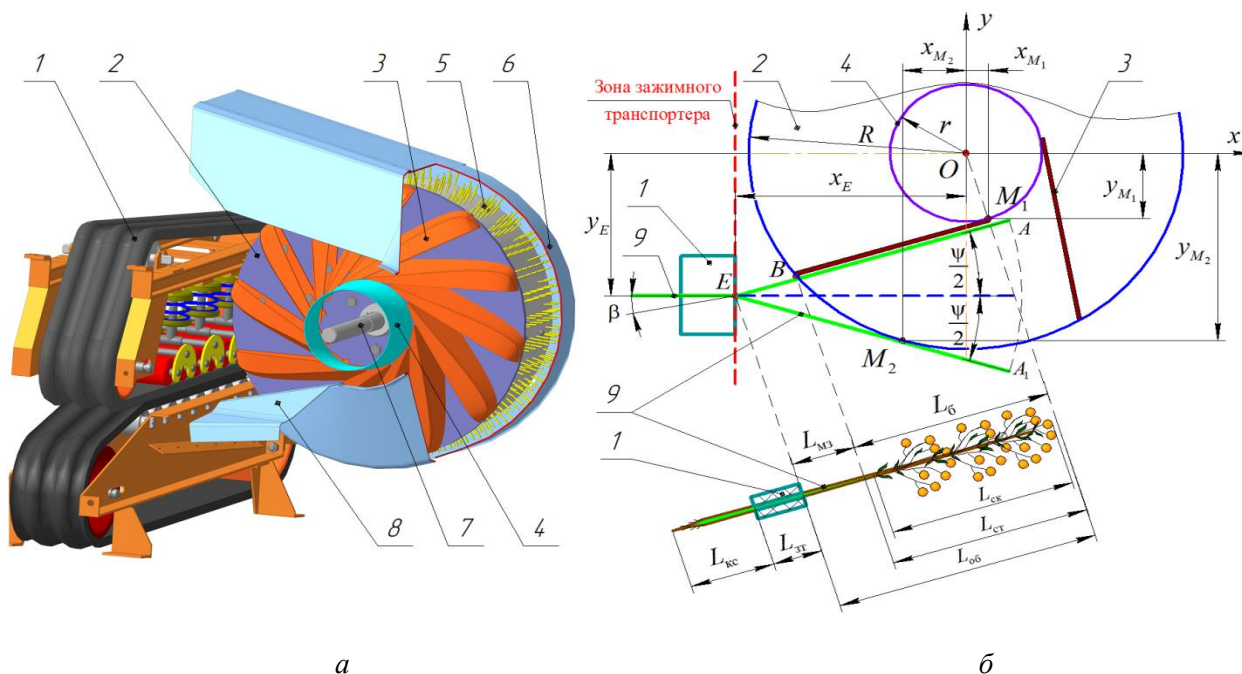


Рис. 1. Общий вид устройства (а) и общая схема обмолота (б): 1 – зажимной транспортер; 2 – диск ротора; 3 – бич; 4 – защитное кольцо; 5 – вычесывающе-транспортирующая щетка; 6 – кожух; 7 – вал ротора; 8 – стол; 9 – стебли льна.

Для эффективной работы обмолачивающего устройства длина бича L_6 должна перекрывать участок стеблей $L_{ск}$. При этом для исключения пропусков и огрехов в работе «мертвая» зона стебля $L_{мз}$ должна быть минимальной и не превышать 0,15 м [11, 12]:

$$L_{мз} \rightarrow \min ; \quad (1)$$

$$L_{мз} \leq 0,15 \text{ м.} \quad (2)$$

Также следует отметить, что для реализации предлагаемой схемы работы ротор обмолачивающего устройства не может пересекать зону зажимного транспортера, более того, он должен отстоять от этой зоны на величину технологического зазора δ , равную разности между радиусами вычесывающе-транспортирующей щетки 5 и диска ротора 2.

На этапе проектирования предположим, что длина рабочей поверхности бича L_6 должна быть больше или равной участку ленты льна $L_{ск}$ с семенными коробочками

$$L_6 \geq L_{ск}, \quad (3)$$

а его параметрами, определяющими бич как объемную фигуру, пренебрежем.

Участок ленты льна $L_{ск}$ зависит от равномерности всходов льна, состояния стеблестоя и работы теребильного аппарата, формирующего слой стеблей ($L_{ск} = 0,3 \dots 0,45$ м) [13].

Рассмотрим варианты, когда бич касается ленты льна в начале взаимодействия с ней всей передней поверхностью, этому положению отвечает установка бича параллельно плоскости ленты стеблей льна, зажатой транспортером, а при некоторых допущениях совпадает с ней.

Условием (1) и (3) наиболее удовлетворяет схема, когда бичи ротора расположены на диске радиально, при этом радиус ротора $R = L_{ск}$. В таком случае можно обеспечить наименьшее расстояние EB , совместив ось вращения ротора и плоскость зажимного транспортера (рис. 2).

Тогда наименьшее значение величины $L_{мз}$ «мертвой» зоны будет в случае радиального расположения бичей на роторе (рис. 2, а), ось вращения ротора с центром в точке O , будет лежать в плоскости, зажатой транспортером ленты льна, а точка B с некоторыми допущениями, совпадет с точкой E .

При фиксированных значениях радиусов ротора R и защитного кольца r , длина бича будет определяться формулой:

$$L_6 = \sqrt{R^2 - r^2}. \quad (4)$$

В таком случае «мертвая» зона близка к нулю, однако лента стеблей льна подвержена максимальному изгибу, под углом ψ , близким к 90° . Точное значение угла ψ может быть определено из условия того, что стебель льна принимает положение касательной BC к окружности ротора (рис. 2, б).

Угол ψ не должен превышать значения, при котором происходит излом стебля ψ_{\max} .

$$\psi < \psi_{\max}. \quad (5)$$

Согласно исследованиям М. М. Ковалева [9], для свежесобраных стеблей влажностью 58...68 % максимальный угол изгиба ψ_{\max} находится в пределах $17^\circ \dots 29^\circ$. Излом стеблей льна влечет за собой потерю качества урожая, поэтому его необходимо исключить.

Проанализируем изменение угла изгиба ψ и «мертвой» зоны $L_{мз}$ при увеличении расстояния от точки E зажатия стеблей транспортером до оси вращения ротора O в плоскости стеблей (рис. 2, б). Графическая интерпретация зависимостей представлена на рис. 2, в.

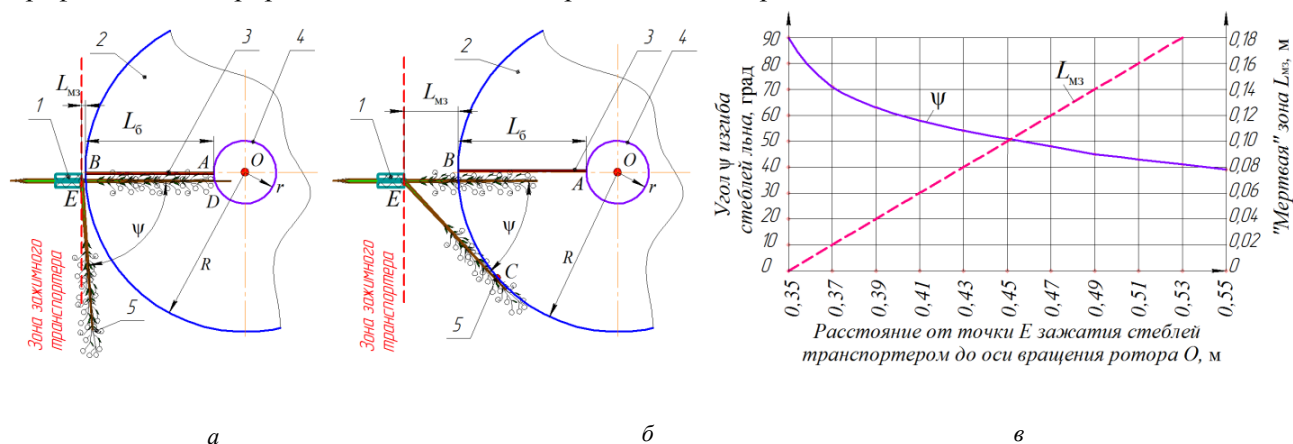


Рис. 2. Схема к определению влияния горизонтального смещения OE на технологические параметры:

а – расположение, соответствующее $EO = R$; б – расположение, соответствующее $EO > R$;

в – график зависимости угла изгиба ψ и «мертвой» зоны $L_{мз}$ от расстояния EO ; 1 – зажимной транспортер; 2 – диск ротора; 3 – бич; 4 – защитное кольцо; 5 – стебли льна

Анализируя графическую зависимость, построенную при фиксированном значении радиуса ротора $R = 0,35$ м (рис. 2, в) следует заметить, что при увеличении расстояния EO значение «мертвой» зоны увеличивается линейно, а угол изгиба уменьшается по показательной кривой (экспоненте). При максимальном допустимом значении «мертвой» зоны $L_{МЗ} = 0,15$ м угол изгиба ψ составляет 45° , что значительно превышает допустимое значение. Из чего следует, что такая схема расстановки роторно-бильно-вычесывающего устройства не отвечает требованиям качества процесса отделения семенной части от стеблей и не может быть принята за базовую.

Другим подходом к уменьшению угла изгиба стеблей льна является вертикальное смещение вниз точки E зажатия стеблей транспортером на расстояние r (рис. 3, а) соответствующее радиусу защитного кольца, а для того, что бы бич касался ленты льна в начале взаимодействия с ней всей передней поверхностью, его необходимо сместить вниз на величину r параллельным переносом. В таком положении бич является касательной к окружности защитного кольца 4. Начальное положение устройства при такой схеме расстановки имеет радиус защитного кольца близкое к нулю $r \rightarrow 0$ (рис. 3, а). Такое положение устройства мало чем отличается от схемы приведенной на рис. 2, а. Однако влияние вертикального смещения точки E на величину «мертвой» зоны и угол изгиба существенно отличается. Смещение зажимного транспортера вертикально вниз (рис. 3, б) влечет за собой смещение бича, длина которого AB уменьшается. Графики зависимости угла изгиба стеблей, «мертвой» зоны и длины бича от величины вертикального смещения точки E зажатия стеблей транспортером относительно оси вращения ротора O при фиксированном значении радиуса ротора $R = 0,35$ м приведены на рис. 3, в.

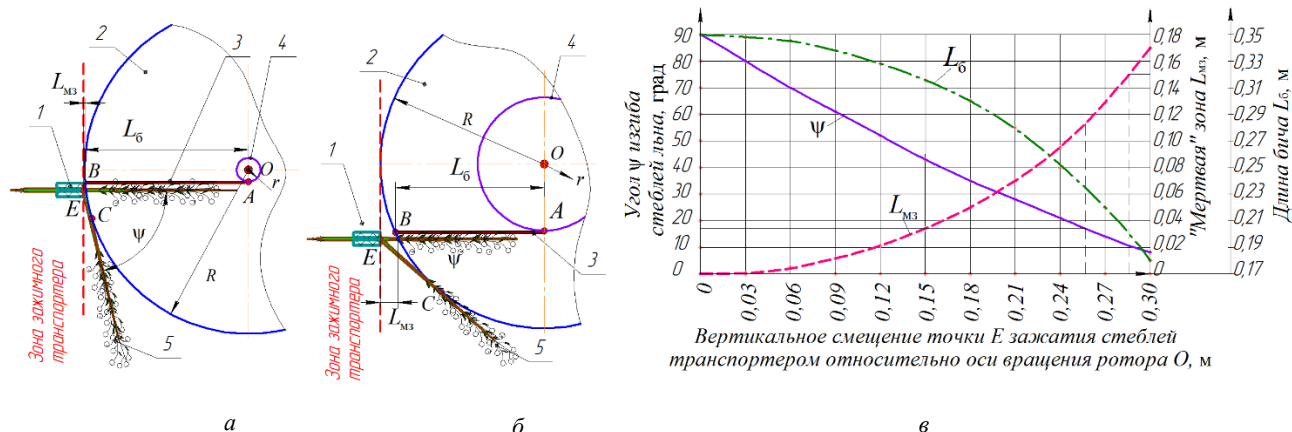


Рис. 3. Схема к определению влияния вертикального смещения точки E на технологические параметры: а – расположение, соответствующее $r \rightarrow 0$; б – расположение, соответствующее $r > 0$; в – графики зависимости угла изгиба ψ , «мертвой» зоны $L_{МЗ}$ и длины бича L_6 от вертикального смещения точки E зажатия стеблей транспортером относительно оси вращения ротора O ; 2 – диск ротора; 3 – бич; 4 – защитное кольцо; 5 – стебли льна

Анализ графической зависимости (рис. 3, в) показал, что при максимальном значении «мертвой» зоны 0,15 м угол изгиба стеблей составит 12° , что удовлетворяет условию (2), а значение вертикального смещения точки E при этом составляет 0,285 м, а длина бича соответствующая отрезку AB $L_6 = 0,20$ м. Предельному значению угла изгиба 17° соответствуют длина бича $L_6 = 0,238$ м, «мертвая» зона $L_{МЗ} = 0,11$ м, а значение вертикального смещения точки E при этом составляет 0,255 м. При такой расстановке длина бича в диапазоне вертикального смещения точки $E = 0,255 \dots 0,285$ м не превышает 0,238 м. Поскольку длина бича меньше длины участка $L_{СК}$ ($L_{СК} = 0,3 \dots 0,45$ м) (рис. 1) стеблей льна, содержащего семенные коробочки, то в зависимости от способа подачи стеблей в зону обмолота, будет происходить недомолот или захлест верхушечной части стеблей за элементы ротора и их возможный обрыв. Принимая во внимание условие, что длина бича должна быть не меньше длины участка $L_{СК}$ ленты стеблей льна (3), содержащей семенные коробочки, можно сделать вывод о необходимости подбора соответствующего радиуса ротора R .

Рассмотрим влияние изменения радиуса ротора на величину «мертвой» зоны $L_{МЗ}$, угла изгиба ψ и длины бича L_6 (рис. 4).

Рассмотрим вариант взаимного расположения ротора и зажимного транспортера, соответствующего горизонтальному смещению оси вращения ротора O на величину R и вертикальному смещению на величину 0,26 м, как наиболее отвечающему требованиям условий (2) и (5) (рис. 4, а). Очевидно, что маленький диаметр ротора не может иметь достаточной длины бича, а увеличение диаметра ротора (рис 4, б) приводит к увеличению угла изгиба стеблей льна и уменьшению «мертвой» зоны. При до-

пустимом значении величины изгиба стеблей льна 17° и максимальном значении величины «мертвой» зоны $0,15$ м для обеспечения достаточной длины бича $0,45$ м ротор будет иметь радиус, который пересечет плоскость установки зажимного транспортера.

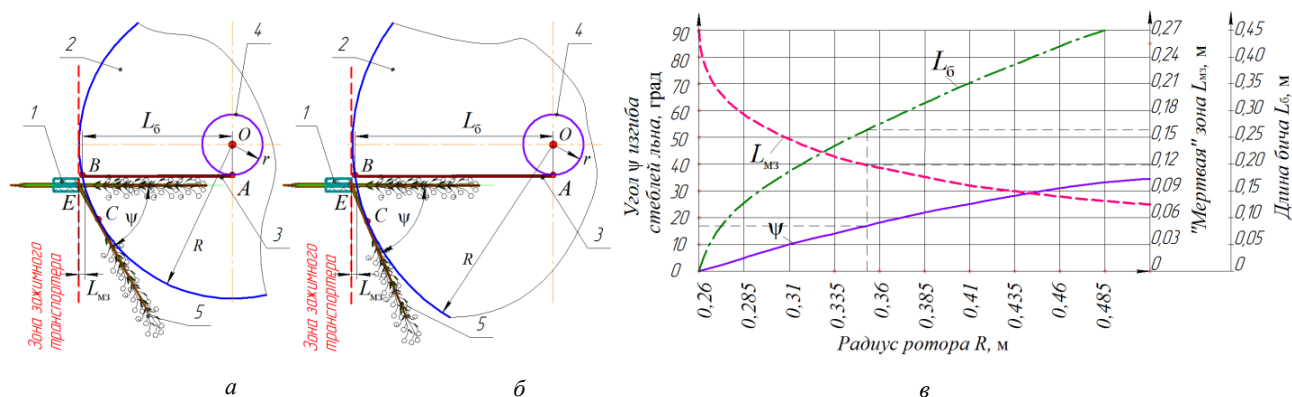


Рис. 4. Схема к определению влияния диаметра ротора на технологические параметры: а – расположение, соответствующее начальному значению радиуса R ; б – расположение, соответствующее увеличению радиуса R ; в – графики зависимости угла изгиба ψ , «мертвой» зоны $L_{\text{мз}}$ и длины бича $L_{\text{б}}$ от радиуса ротора R ; 1 – зажимной транспортер; 2 – диск ротора; 3 – бич; 4 – защитное кольцо; 5 – стебли льна

Анализ графической зависимости (рис. 4, в) показал, что при минимальном допустимом значении длины бича $L_{\text{б}} = 0,3$ м такой расстановке соответствует диаметр ротора $R = 0,375$ м. Величина «мертвой» зоны при этом удовлетворяет требованию условия (2) и составляет $L_{\text{мз}} = 0,11$ м, а угол изгиба $\psi = 21^\circ$, что не удовлетворяет требованию условия (5). Допустимому значению угла $\psi = 17^\circ$ соответствуют значения «мертвой» зоны $L_{\text{мз}} = 0,12$ м, радиуса ротора $R = 0,35$ м и длины бича $L_{\text{б}} = 0,27$ м, которая не удовлетворяет условию (3). Из чего следует, что увеличение радиуса ротора при такой схеме расстановки роторного бильно-вычесывающего устройства не отвечает всем приведенным выше условиям. Нерешенной проблемой остается обеспечение допустимого угла изгиба стеблей.

Кроме того, размер ротора определяет и размеры других элементов конструкции устройства, поэтому следует стремиться к минимальному значению величины радиуса ротора

$$R \rightarrow \min \quad (6)$$

Из вышеизложенного можно сделать заключение о том, что горизонтальное смещение точки E целесообразно из-за пропорционального увеличения «мертвой» зоны, а вертикальное смещение зажимного транспортера вниз должно быть таким, чтобы удовлетворять требованию условия (1), (2) и (5). Поскольку проектируемое устройство для отделения семян от стеблей льна предполагается использовать в полевых условиях на льноуборочном комбайне, где практически невозможно контролировать влажность стеблестоя, а также оценивать диаметры стеблей, подвергаемых изгибу в зоне обмолота, максимальный угол изгиба ψ_{max} не должен превышать 17° . Для этого целесообразно обеспечить предварительный подъем стеблей на угол $\beta = \psi/2$ с последующим отгибанием их вниз на такой же угол при затягивании бичами в молотильное пространство. Такая схема позволит обеспечить и еще один положительный эффект – растягивание слоя ленты льна в молотильном пространстве, т. е. уменьшение толщины слоя стеблей при их обмолоте.

Зажатая в транспортере 1 порция стеблей 9 льна увлекается бичом ротора в молотильное пространство, образуемое боковой поверхностью диска ротора и боковой поверхностью деки. Бич передней поверхностью, своего рода растаскивает захваченную порцию стеблей льна по боковой поверхности деки. Такому растаскиванию способствует изменение проекции угла установки передней поверхности бича на вертикаль, поскольку в процессе вращения ротора его проекция на вертикаль в зоне взаимодействия бича со стеблями приближается к 0° . Кроме того, стебли в ленте льна в верхушечной части сцеплены между собой за счет спутанности семенных коробочек и плодоножек [14]. Поскольку, в начале взаимодействия бича с лентой льна, зазор между бичом и боковой поверхностью деки существенный (больше, чем в нижней части), то не происходит полное отделение порции стеблей бичом от ленты, подаваемой на обмолот, а сохраняется связь за счет спутанности. Таким образом порция стеблей льна, зажатая транспортером, сохраняет свою плотность в точке E (рис. 1), а верхушечная часть распределяется на участке AA_1 , что обеспечивает веерное распределение стеблей в молотильном пространстве. Веерное распределение стеблей позволяет максимально уменьшить плотность слоя стеблей в зоне обмолота.

На основании изложенного, параметры ротора (радиус ротора R , радиус защитного кольца r и длина бича L_6) можно определить по следующей схеме:

Сделаем привязку элементов роторно-бильно-вычесывающего устройства к системе координат, поместив ее начало, точку O , в центр вращения ротора (рис. 1, б). В качестве исходных данных примем: координаты точки E зажимного транспортера и предполагаемый предельный угол изгиба стеблей ψ .

Тогда, согласно принятому порядку, ввода стеблей внутрь корпуса роторно-бильно-вычесывающего устройства, обеспечим их подъем на угол $\beta = \psi/2$ за счет конфигурации подводящего стола. При этом предельным подъемом стеблей будем считать их положение по касательной прямой к защитному кольцу ротора радиуса r . Такое положение стеблей можно описать уравнением прямой линии:

$$y(x) = (x - x_E) \cdot \operatorname{tg}(\beta) + y_E, \quad (7)$$

а абсциссу точки касания M_1 можно найти из уравнения

$$(x_{M_1} - x_E) \cdot \operatorname{tg}(\beta) + y_E - x_{M_1} \cdot \operatorname{tg}\left(\frac{\pi}{2} + \beta\right) = 0. \quad (8)$$

Так как точка $M_1\left(x_{M_1}; x_{M_1} \cdot \operatorname{tg}\left(\frac{\pi}{2} + \beta\right)\right)$ является точкой защитного кольца, то его радиус можно определить по формуле:

$$r = \sqrt{x_{M_1}^2 + y_{M_1}^2} = \frac{\left|x_E \cdot \operatorname{tg}\left(\frac{\psi}{2}\right) - y_E\right|}{\sqrt{\operatorname{tg}\left(\frac{\psi}{2}\right)^2 + 1}}. \quad (9)$$

Следующим этапом движения ленты стеблей будет затягивание их бичами ротора в корпус. Этот этап сопровождается отгибанием стеблей вниз на угол $\beta = \psi/2$, при котором стебли стремятся занять предельное положение по касательной к радиусу ротора R . Такое положение стеблей можно описать уравнением прямой линии:

$$g(x) = (x - x_E) \cdot \operatorname{tg}(\pi - \beta) + y_E, \quad (10)$$

а абсциссу точки касания M_2 можно найти из уравнения

$$(x_{M_2} - x_E) \cdot \operatorname{tg}(\pi - \beta) + y_E - x_{M_2} \cdot \operatorname{tg}\left(\frac{\pi}{2} - \beta\right) = 0. \quad (11)$$

Так как точка $M_2\left(x_{M_2}; x_{M_2} \cdot \operatorname{tg}\left(\frac{\pi}{2} - \beta\right)\right)$ является точкой окружности с радиусом ротора R , то его можно определить следующим образом

$$R = \sqrt{x_{M_2}^2 + y_{M_2}^2} = \frac{\left|x_E \cdot \operatorname{tg}\left(\pi - \frac{\psi}{2}\right) - y_E\right|}{\sqrt{\operatorname{tg}\left(\pi - \frac{\psi}{2}\right)^2 + 1}}. \quad (12)$$

Тогда отношение радиуса ротора к радиусу защитного кольца, для принятой схемы взаимного расположения элементов устройства, обеспечивающего деление угла ψ пополам будет иметь вид:

$$\frac{R}{r} = \frac{\left|x_E \cdot \operatorname{tg}\left(\frac{\psi}{2}\right) + y_E\right|}{\left|x_E \cdot \operatorname{tg}\left(\frac{\psi}{2}\right) - y_E\right|}. \quad (13)$$

Из зависимости (13) видно, что соотношение радиусов ротора к радиусу защитного кольца зависит от расположения точки E зажимного транспортера и выбранного угла изгиба стеблей, при условии, что этот угол делится пополам, т.е. характеризуется подъемом стеблей вверх на угол $\psi/2$, а затем изгибом их вниз на такой же угол.

Продemonстрируем пример расчета параметров безразмерного параметра R/r в математическом пакете MathCad, при фиксированных значениях параметров установки зажимного транспортера ($x_E = -0,36$ м и $y_E = -0,25$ м) и предельное значения угла изгиба стеблей льна $\psi = 15^\circ$.

По изложенной методике расчета были определены значения параметра R/r для углов изгиба стеблей льна $15^\circ, 18^\circ, 21^\circ, 24^\circ$ и 27° , графическая интерпретация полученных результатов приведена на рисунке 6, а. При этом рассматривались случаи, удовлетворяющие требованию (6), а длина бича определялась по формуле (4).

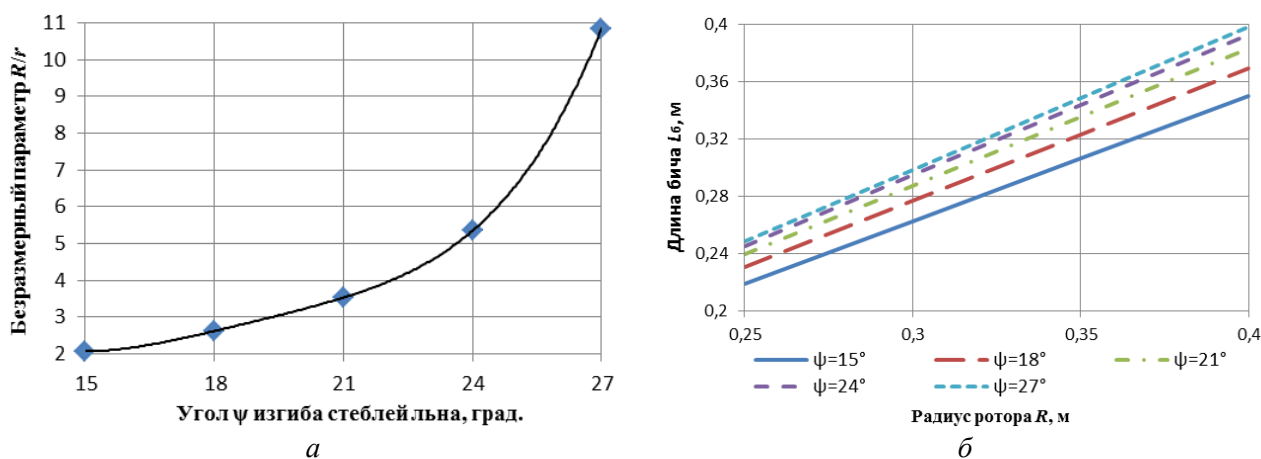


Рис. 6. График зависимости параметра R/r от угла ψ изгиба стеблей (а) и график зависимости длины бича L_6 от радиуса ротора R при различных углах ψ изгиба стеблей

Анализ графической зависимости (рис. 5, а) показал, что параметра R/r имеет зависимость от угла изгиба по некоторой экспоненциальной кривой. В диапазоне $15 \dots 24^\circ$ эта зависимость близка к линейной, а при увеличении угла ψ более 24° резко возрастает. Из чего следует, что решение задачи по установлению значения параметра R/r требует уточнения предельной величины угла изгиба стеблей льна, с учетом характера деформации стеблей при взаимодействии с разрабатываемым устройством.

Зависимость изменения длины бича L_6 от радиуса R ротора для всех значений угла изгиба стеблей льна имеет линейный характер (рис. 5, б). Анализируя полученные графические зависимости с учетом условий (6) и (7), следует отметить, что при угле изгиба $\psi = 15^\circ$ и длине бича $L_6 = 0,3 \dots 0,35$ м соответствует радиус ротора $R = 0,34 \dots 0,4$ м, а при угле изгиба $\psi = 27^\circ$ и длине бича $L_6 = 0,3 \dots 0,35$ м соответствует радиус ротора $R = 0,3 \dots 0,35$ м, что также подчеркивает необходимость уточнения угла изгиба ψ . Из чего следует, что в диапазоне угла изгиба $\psi = 15^\circ \dots 27^\circ$ радиус ротора, удовлетворяющий требованию (6) отличается в $1,13 \dots 1,14$ раза.

Заключение

Наиболее рациональной схемой расстановки элементов роторного бильно-вычесывающего устройства является вариант со смещением бича относительно радиальной оси ротора параллельным переносом на величину r , горизонтальное смещение зажимного транспортера нецелесообразно из-за существенного увеличения «мертвой» зоны, а его вертикальное смещение вниз должно быть таким, чтобы не превышать допустимого значения «мертвой» зоны и максимального угла изгиба стебля.

Для обеспечения условий минимальных размеров ротора и допустимого значения угла изгиба стебля льна целесообразно обеспечить предварительный подъем стеблей на угол $\beta = \psi/2$ с последующим отгибанием их вниз на такой же угол при затягивании бичами в молотильное пространство. В этом случае соотношение радиусов ротора к радиусу предохранительного кольца зависит от расположения зажимного транспортера и принятого угла изгиба стеблей. Такая схема позволит обеспечить и еще один положительный эффект – растягивание слоя ленты льна в молотильном пространстве, т. е. уменьшение толщины слоя стеблей при их обмолоте.

Введенный безразмерный параметр R/r является постоянной величиной при фиксированном угле изгиба стебля льна. Экспериментальное уточнение предельной величины угла изгиба стеблей льна, с учетом характера деформации стеблей при взаимодействии с разрабатываемым устройством позволит зафиксировать значение параметра R/r .

ЛИТЕРАТУРА

1. Шаршунов, В. А. 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.
2. Голод, Л. Е. Выращивание льна-долгунца. Проект Tacis FD RUS 9504 «Поддержка сельскохозяйственных структур на областном уровне» 1999. – 208 с.
3. Основы расчета рабочих органов машин и оборудования для производства семян льна: монография / В. А. Шаршунов [и др.]. – Горки: БГСХА, 2016. – 156 с.
4. Шаршунов, В. А. Состояние льноводческой отрасли Республики Беларусь и пути повышения ее эффективности / В. А. Шаршунов, А. С. Алексеенко, М. В. Цайц // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2019. – № 2. – С. 267–271.
5. Домчев, Ю. И. Определение основных конструктивных параметров роторного устройства для обмолота льна / Ю. И. Домчев, М. В. Цайц // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства: Сборник научных трудов / Белорусская государственная сельскохозяйственная академия. – Горки: Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, 2021. – С. 170–175.
6. Устройство для отделения семенных коробочек льна от стеблей: пат. 21293 Респ. Беларусь, МПК А 01D 45/06 (2006.01) / В. Е. Кругленя, 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.
7. Роторное устройство для отделения семенных коробочек от стеблей: пат. 7742 Респ. Беларусь, МПК А01D 45/06 / В. Е. Кругленя, М. В. Цайц, П. Д. Сентюров, А. Д. Сентюров, В. И. Коцуба, А. С. Алексеенко; заявитель УО «Белорус. гос. с.-х. акад.» – № u 20110245; заявл. 04.04.11; опубл. 30.12.11 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2011. – № 6(83). – С. 193–194.
8. Татарницев, К. В. Повышение эффективности технологии уборки льна-долгунца путем оптимизации параметров и режимов работы очесывающего аппарата: дис. ... канд. техн. наук / К. В. Татарницев. – Тверь – Сахарово, 2008. – 133 с.
9. Ковалев, М. М. Технологии и машины для комбинированной уборки льна долгунца: дис. ... док. техн. наук / М. М. Ковалёв. – Тверь, 2010. – 615 с.
10. 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.
11. Шаршунов, В. А. Обоснование параметров установки зажимного транспортера и деки обмолачивающего устройства линии первичной переработки / В. А. Шаршунов, С. В. Курзенков, В. А. Левчук, М. В. Цайц // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2022. – № 2. – С. 170–175.
12. Курзенков, С. В. Обоснование скорости зажимного транспортера обмолачивающего устройства линии первичной переработки льна / С. В. Курзенков, В. А. Левчук, М. В. Цайц // Агропанорама. – 2022. – № 1(149). – С. 14–19.
13. Шлыков, М. И. Льноуборочный комбайн (теория, расчет, конструкция) / М. И. Шлыков. – М.: Машгиз, 1949. – 300 с.
14. Хайлис, Г. А. Теория и расчет льноуборочных машин / Г. А. Хайлис. – Труды Великолукского сельхозинститута. Выпуск XXVI. – Елгава, 1973. – 334 с.