

УДК 631.358:633.521

РАЗРАБОТКА КОМБИНИРОВАННОГО ОЧЕСЫВАЮЩЕГО
УСТРОЙСТВА ЛЬНОУБОРОЧНОГО КОМБАЙНА

М.В. ЛЁВКИН, А.Д. СЕНТЮРОВ

Научный руководитель В.Е. КРУГЛЕНЯ, канд. техн. наук, доц.

УО «БЕЛОРУССКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ»

г. Горки

Лен-долгунец имеет большое народнохозяйственное значение для Республики Беларусь. Он дает три вида ценного сырья для промышленности: семена, волокно и костру. Изделия из льна пользуются постоянным спросом во всем мире и являются одним из источников получения твердой валюты.

К сожалению на сегодняшний день льноводство является убыточной отраслью, несмотря на принимаемые государством меры по повышению эффективности ее работы. Урожайность и валовой сбор льнопродукции остаются невысокими, из-за погодных условий и растянутых сроков уборки теряется до 10 % продукции, и большим расходом горючего (более 170 кг/га). Но более значимой причиной, является то, что льноводство остается одной из наиболее трудоемких отраслей, следовательно, имеет недостаточный уровень процессов механизации.

Как известно, урожай льна-долгунца «рождается» дважды. Первый раз в процессе роста, а второй – во время его уборки. Уборка льна является наиболее трудоемким процессом в технологии его производства (70 % всех трудозатрат) и во многом определяет качество продукции и экономические показатели льноводства в целом. Потери урожая и качество получаемой продукции в значительной степени зависят от применяемых технологий уборки и сроков их проведения.

В настоящее время в мировой практике существует три технологии: сноповая, комбайновая, и раздельная. Сноповая уборка сопряжена с большими затратами ручного труда и в настоящее время применяется только в селекции и семеноводстве, а также в исключительных неблагоприятных погодных условиях.

Технология комбайновой уборки включает в себя теребление растений с одновременным очесом семенных коробочек и расстилом льносолемы в ленты. Она позволяет уменьшить затраты труда в 1,7–3,4 раза по сравнению со сноповой уборкой и в наименьшей степени зависит от погодных условий. Несмотря на достоинства этой технологии в процессе вылежки льносолемы имеет место неоднородность тресты по ее основным качественным признакам: цвету, прочности и, особенно, по степени вылежки. Низкое качество тресты обусловлено различным воздействием рабочих органов льноуборочных машин на отдельные участки стеблей путем

их однократного и многократного плющения в комлевой части. Существенным недостатком комбайновой уборки является ее высокая энергоемкость в связи с большими затратами энергоресурсов на искусственную сушку сырого льновороха при получении семян, более 48 кг/га топлива, т.е. около 30 % от затрат на всю технологию.

Технология раздельной уборки включает теребление льна, расстил его на поле в ленты, естественную сушку, подъем и очес семенных коробочек, расстил очесанных лент льносоломы на льнище. Основным недостаток ее заключается в большой зависимости от погодных условий. При раздельной (двухфазной) уборке треста также получается с неравномерной степенью вылежки по длине стеблей и при ее переработке выход и качество волокна снижаются. Затраты труда при комбайновой и раздельной уборке практически одинаковы и равны примерно 70 чел.-ч./га.

Повысить эффективность уборки льна-долгунца, на наш взгляд, позволит переход на технологию комбинированной уборки, отвечающую требованиям адаптивности к различным погодным условиям, когда при достижении посевами ранней желтой спелости применяют технологию раздельной уборки, а затем технологию комбайновой уборки по мере достижения культурой конца желтой и полной спелости. Применение комбинированной уборки экономически оправдано и является перспективным направлением совершенствования технологий в льняном комплексе. Условием применения этой технологии является возделывание льна хозяйствами в достаточно крупных масштабах.

Во Франции, Бельгии, Венгрии применяется «технология заводского обмолота», где широко практикуется специализация фермерских хозяйств – одни выращивают лен на семена и обеспечивают ими производителей льнотресты. Она начала осваиваться и в нашей стране. К недостаткам этой технологии относятся большие потери семян (более 70 %) и их низкое качество. Таким образом, наиболее перспективными являются технологии комбайновой и раздельной уборки льна-долгунца.

В настоящее время в Республике Беларусь в основном применяется комбайновая уборка льна прицепными льнокомбайнами ЛК-4А и самоходными КЛС-7. Она имеет ряд существенных недостатков. Во-первых, биологическая особенность льна заключается в том, что наибольшее количество и наилучшее качество волокна получается при тереблении льна в фазе ранней желтой спелости. Семена же в этот период имеют пониженную жизнеспособность, необходимую для использования на семенные цели. Для получения хороших кондиционных семян уборку льна необходимо проводить в фазе желтой спелости. Таким образом, при комбайновой уборке однозначно теряется часть урожая волокна или семян, величина которой интенсивно возрастает со смещением сроков уборки в фазу полной спелости культуры. Во-вторых, получаемый льноворох имеет высокую до 60 % влажность, что вызывает необходимость его быстрой активной сушки и, как следствие, дополнительные энергозатраты.

В целях сокращения сроков уборки льна и получения высокого урожая льнотресты, характеризующейся высоким выходом и качеством льноволокна по опыту европейских стран, в республике переходят поэтапно на отдельную уборку льна (до 30 %), с учетом модернизации льноперерабатывающих предприятий, в том числе с очесом семенных коробочек в технологической линии переработки льнотресты. Это позволит проводить тербление льна в более сжатые сроки (10...15 дней) в оптимальную фазу созревания (ранняя желтая спелость) и сократить прямые эксплуатационные затраты на 10–15 %.

При реализации второй фазы отдельной уборки – подборе и отделении коробочек льна от стеблей – необходимо обеспечить минимальный отход стеблей в путанину и потери семян от недоочеса. Последние, в свою очередь, зависят от типа аппарата для отделения семенной части урожая от стеблей и условий его работы.

В БГСХА разработано обмолачивающее устройство (рис. 1) мобильной льноуборочной машины, позволяющее улучшить качество работы и повысить надежность технологического процесса отделения головок от стеблей во время уборки за счет предварительного разрушения семенных коробочек с последующим обмолотом.

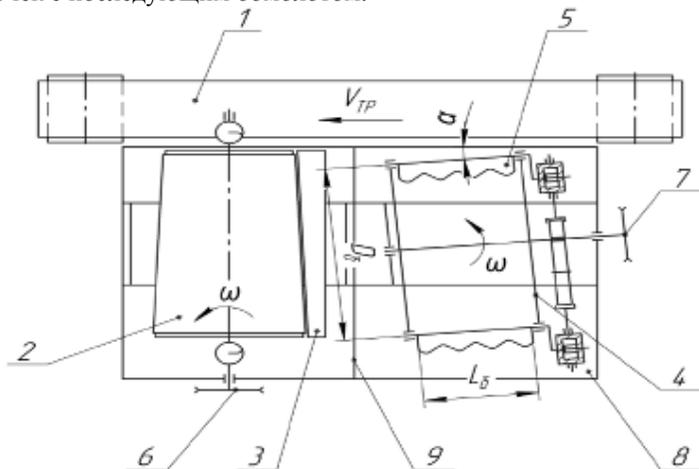


Рис. 1. Схема обмолачивающего устройства: 1 – зажимной транспортер; 2 – прорезиненные конусные вальцы; 3 – чистики; 4 – бильный аппарат; 5 – рифленые бичи; 6,7 – приводы плющильного и бильного обмолачивающих аппаратов; 8 – камера очеса; 9 – перегородка.

Обмолачивающее устройство работает следующим образом. Лента вытербленного льна, сформированная тербильным аппаратом, или лента льна, разосланного на поле для сушки и дозревания семян, вытербленного в фазе ранней желтой спелости, для получения высококачественного во-

локна, поднятая подборщиком, при раздельной уборке, подается в зажимной транспортер 1, удерживается в нем и им же подается к коническим обрешеченным вальцам 2, где за счет сил трения происходит разрушение головок и их частичное отделение от стеблей. Чистики 3 очищают рабочую поверхность вальцов от налипших семян и разрушенных головок. При дальнейшем движении в зажатом транспортере лента льна подается к обмолачивающему барабану 4 с эластичными рифлеными бичами 5, под действием удара которых отделяются оставшиеся на стеблях семенные коробочки и свободные семена. При этом за счет рифленой поверхности бича происходит частичная параллелизация верхушечной части стебля, что значительно облегчает размотку рулонов в линии и повышает качество льноволокна на 0,3...0,8 номера.

Большое значение при отделении головок льна плющильно-бильным обмолачивающим аппаратом имеет скорость подачи стеблей и степень травмирования семян и стеблей при обмолоте. Степень травмирования в основном зависит от частоты вращения барабана и типа рабочего органа.

Из условия нетравмирования семян

$$V_{\bar{o}} < V_{кр} \quad (1)$$

где $V_{\bar{o}}$ – скорость удара бича по ленте, м/с; $V_{кр}$ – критическая скорость удара, при которой начинается разрушение семян (находится в пределах 17...28 м/с), м/с.

Определим скорость удара бича по ленте льна

$$V_{\bar{o}} = \frac{D_{\bar{o}} \omega}{2} = \frac{D_{\bar{o}} \pi n}{60} \quad (2)$$

где $D_{\bar{o}}$ – диаметр барабана, м; ω – угловая скорость вращения барабана, с⁻¹; n – частота вращения барабана, мин⁻¹.

Для предотвращения повреждения стеблей, должно быть выдержано соотношение скорости подачи и частоты вращения барабана (для четырехбильного барабана)

$$V_{TP} = \frac{nR_{\bar{o}}}{15} \sin \alpha = \frac{nD_{\bar{o}}}{30} \sin \alpha \quad (3)$$

где V_{TP} – скорость подачи стеблей, принимаем равной скорости зажимного транспортера, м/с; α – угол между плоскостью зажимного транспортера и осью бича.

Из уравнения (3) $n = \frac{30V_{TP}}{D_{\bar{o}} \sin \alpha}$.

Для наиболее полного выделения обмолоченных коробочек и семян, застрявших в ленте льна, определим зону обмолота и необходимое количество ударов бичей по стеблям льна с наименьшей их повреждаемостью.

Вся зона обмолота

$$a_{\max} = D_{\delta} \cos \alpha + L_{\delta} \sin \alpha , \quad (4)$$

где L_{δ} – длина бича.

Полное число ударов – m_{\max} будет только на участке зоны, равным $D_{\delta} \cos \alpha - L_{\delta} \sin \alpha$. Остальные же два участка – $L_{\delta} \sin \alpha$ (наиболее удаленных от транспортера и наиболее близких к нему) будут обмолачиваться от 1 до m_{\max} раз.

Полное число ударов четырехбильным барабаном

$$m_{\max} = 2 \frac{L_{\delta}}{D_{\delta} \operatorname{tg} \alpha} + 1,5 \quad \text{или} \quad m_{\max} = \frac{L_{\delta} n \cos \alpha}{15 V_{TP}} + 1,5 . \quad (5)$$

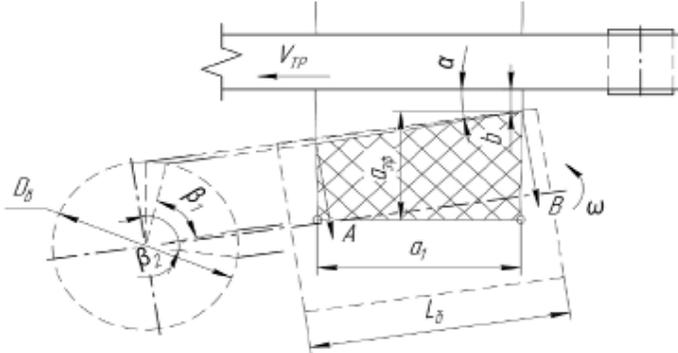


Рис. 2. Расчетная схема бильного аппарата: стрелками А и В показано направление движения бичей; β – угол поворота барабана, соответствующий зоне обмола одним бичом (показаны частные значения этого угла β_1 и β_2).

Для определения зоны эффективного обмола наклонным барабаном необходимо задаваться как максимальным числом m_{\max} , так и минимально-допустимым числом ударов – m_{\min} . Тогда, зона эффективного обмола (рис. 2)

$$a_{\text{эф}} = D_{\delta} \cos \alpha + \frac{m_{\max} - 2m_{\min} + 1}{m_{\max} - 1} , \quad (6)$$

при этом холостая зона (расстояние от транспортера до начала эффективной зоны)

$$b = \frac{m_{\min} - 1}{m_{\max} - 1} L_{\delta} \sin \alpha , \quad (7)$$

и длина зоны обмола одним бичом

$$a_1 = D_{\delta} \cos \alpha + \frac{1 - m_{\min}}{m_{\max} - 1} L_{\delta} \sin \alpha . \quad (8)$$

Следовательно, как видим из (3), качество работы обмолачивающего аппарата зависит от согласования частоты вращения барабана, числа бичей

и скорости подачи ленты. Полученные зависимости позволяют определить максимальное число ударов, необходимое для полного выделения семян из ленты льна за счет повторного удара последующего бича в эффективной зоне обмолота; снизить дополнительное повреждение стеблей в результате бокового смещения ленты относительно плоскости зажимного транспортера.

На основании полученных теоретических исследований построен график зависимости чистоты $\epsilon_{об}$ обмолота, потерь n_c семян и повреждений d_c семян от частоты вращения n барабана.

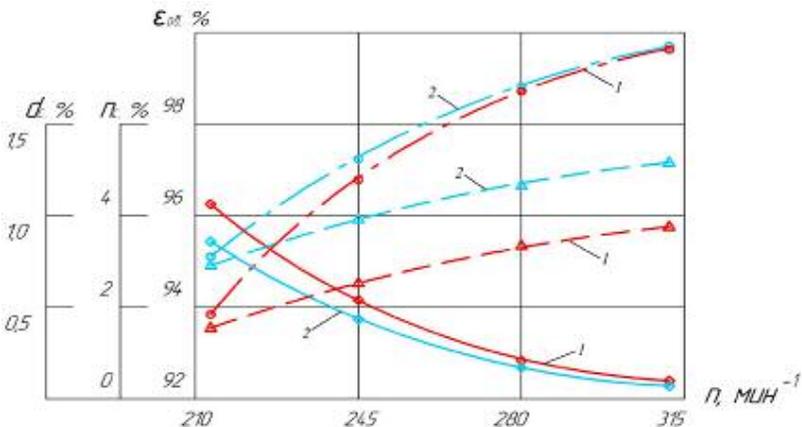


Рис. 3. Зависимость чистоты обмолота $\epsilon_{об}$ (%), потерь семян n_c (%) и повреждений семян d_c (%) от частоты вращения барабана n ; 1 – при $m_{\min}=4,5$ удара; 2 – $m_{\max}=6$ ударов.

(- · - - степень обмолота; — потери семян; - - - повреждаемость семян)

Для подтверждения выводов теоретических исследований на базе ОАО «Горки-лен» создается экспериментальная установка, которая ранее была испытана на ОАО «Дубровенский льнозавод» в технологической линии льнозавода.

Ожидаемый годовой экономический эффект от применения предлагаемого комбинированного устройства по сравнению с очесывающим составит 270 тыс. р. на один гектар посевов, за счет снижения транспортных расходов льновороха (до 4-х раз), исключения операции обмолота льновороха зерноуборочным комбайном, что соответственно позволит сэкономить топливо до 12 кг на тонну льновороха или до 400 кг на 100 га посевов, повышения качества льноволокна на 0,3...0,8 номера и снижение затрат труда на 1,1 чел-ч/га.