

**С.Ф. Лойко, А.Н. Перепечаев**  
*(РУП «НПЦ НАН Беларуси  
по механизации сельского хозяйства»  
г. Минск, Республика Беларусь*  
**Д.А. Жданко**  
*(УО «БГАТУ»,  
г. Минск, Республика Беларусь)*

## **ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ИГОЛЬЧАТЫХ БАРАБАНОВ ДЛЯ РАЗДЕЛЕНИЯ СЫРОГО ЛЬНОВОРОХА**

### **Введение**

В последние годы возделывание льна-долгунца в республике проводится на площади 50–55 тыс. га. В соответствии с комплексным бизнес-планом развития льняной отрасли не менее 30 % площадей должно убираться комбайновым способом для обеспечения качественного семенного фонда. При комбайновом способе уборки получают льноворох, который содержит свободные семена, семенные коробочки с семенами, путанину и сорные растения. Как правило, доля семян в льноворохе составляет около 50 %. Урожайность семян льна – 3,0–3,5 ц/га. При указанных параметрах ежегодный объем льновороха составит не менее 11 тыс. тонн [1].

В технологическом процессе послеуборочной доработки льновороха самым энергозатратным является его досушивание. Степень влажности льновороха также оказывает существенное влияние на производительность сушилки. Для снижения затрат ставится задача провести доработку сырого льновороха перед сушкой для максимального удаления из него путанины и сорных растений, которые являются основной причиной высокой влажности. Для решения этой проблемы предложены усовершенствованные рабочие органы и новые схемы их комплектации. С целью определения эффективности процесса разделения сырого льновороха на фракции изготовлена установка с игольчатыми барабанами.

### **Основная часть**

Объектом исследований являлась установка с игольчатыми барабанами (рисунок 1), состоящая из рамы, стойки мотор-редуктора, барабанов с зубьями, сетчатого подбарабья.

Исследования проводились с целью уточнения и проверки достоверности теоретических положений, полученных в расчетах, а также изучался процесс разделения сырого льновороха на свободные семена, семенные коробочки и путанину рабочими органами типа игольчатые катки.

В результате теоретических расчетов определены исходные размеры барабанов, высота профиля зуба (10 см), диаметр роторов (15 см). Отношения линейных скоростей для разных катков составляют: 1,48 (1–2 ступень); 1,9 (2–3 ступень); 2,5 (3–4 ступень), что и было заложено в конструкцию экспериментальной установки.

Технологический процесс происходит следующим образом. Ворох по скатной доске поступает в установку, где захватывается непосредственно игольчатыми барабанами, на которых последовательно друг за другом крепятся зубья. Решетки под катками имеют устройство, схожее с декой зерноочистительной машины. Ворох из-под последнего катка выбрасывается на скатную доску и выгружается. Отсепарированные свободные семена просыпаются вниз.



**Рисунок 1. – Установка с игольчатыми катками**

Игольчатые барабаны приводились в движение с помощью электродвигателя через цепную передачу. Электричество на электродвигатель подается через частотный преобразователь Innovert, серия ISD, что, в свою очередь, позволяет производить бесступенчатую регулировку оборотов двигателя соответственно скорости вращения валов.

Движущийся между барабанами с зубьями ворох льна непрерывно изменяет свою пространственную решетку, образованную совокупностью случайно ориентированных стеблей, обрывков стеблей и других примесей. В нем удерживаются свободные семена, головки в свободном виде и неоторванные от стеблей, прочие мелкие частицы. Стеблевая часть вороха принимается в первом приближении как система горизонтальных линейных решеток. Плотность стеблевой части грубого вороха определяет размеры этих решеток и, следовательно, вероятность выделения семян и головок из них. Сор и мелкие частицы в слое вороха уменьшают вероятность прохода семян и головок через элементарные решетки. Эти частицы образуются обычно в результате разрушения головок при очесе льна льнокомбайном. Уменьшение плотности вороха за счет растягивания и разрывания слоя зубьями барабанов позволяет увеличить просветы между стеблями и при этом повысить вероятность выделения семян и головок из вороха.

Процесс взаимодействия рабочих органов машин с льноворохом в зависимости от типа и формы рабочих органов может включать в себя движение вороха по поверхности рабочего органа с разнообразным воздействием сил трения, свободным полетом с ударными нагрузками.

Изучение данного вида рабочих органов позволило определить их эффективность при использовании на очистке сырого льновороха и оптимальные технологические параметры устройства.

В таблице 1 приведена характеристика льновороха, поступающего от комбайна.

**Таблица 1. – Состав и влажность льняного вороха, поступившего на испытания**

<b>Компонент</b>	<b>Количество, %</b>	<b>Влажность, %</b>
Семенные коробочки	83	58
Свободные семена	2	27
Стебли и обрывки стеблей	14	66
Сорняки	1	70

С целью определения эффективности сепарации установкой с игольчатыми катками исходного материала производились замеры оборотов вращения первого зубчатого вала, замеры массы исходного материала и материала, просеявшегося через решетчатую поверхность подбарабана установки. Данные эксперимента сводились в таблицу 2.

**Таблица 2. – Статистические данные работы установки типа игольчатые катки**

№ п/п	Факторы			Зависимая переменная	
	Обороты двигателя, $\text{мин}^{-1}$	Обороты первого зубчатого вала, $\text{мин}^{-1}$	Масса исходного материала, г	Масса просеявшегося материала, г	% от исходной массы
1	1980	90	1115	15	1,35
2			975	5	0,51
3			1250	10	0,80
4	1776	80	1340	15	1,12
5			1125	10	0,89
6			980	10	1,02
7	1137	50	1005	5	1,50
8			1270	10	0,79
9			1190	10	0,8

Для аппроксимации имеющихся статистических данных использовано уравнение множественной регрессии линейного вида [2]:

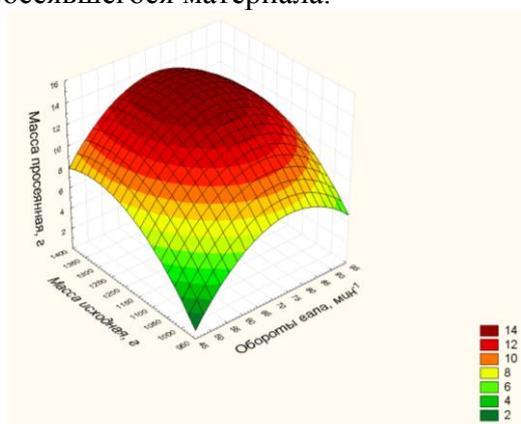
$$y = a_0 + a_1 \cdot x_1 + a_2 \cdot x_2,$$

где  $y$  – масса просеявшегося материала, г;  
 $x_1$  – обороты первого зубчатого вала,  $\text{мин}^{-1}$ ;  
 $x_2$  – масса исходного материала, г;  
 $a_i$  – неизвестные коэффициенты регрессии.

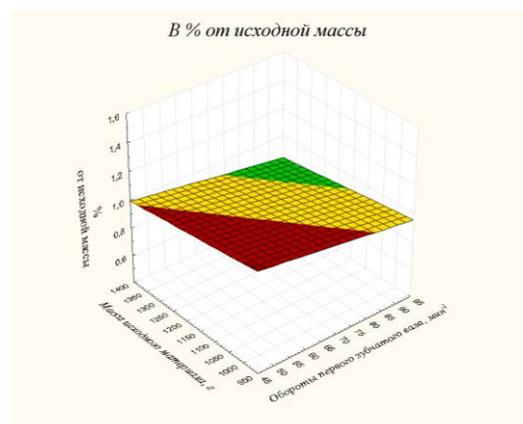
Коэффициенты регрессии определялись методом наименьших квадратов. В результате получено уравнение, описывающее эффективность сепарации исходного материала через решетчатую поверхность подбарабана в зависимости от скорости вращения катков и исходной массы материала:

$$y = -133,75 + 1,2 \cdot x_1 + 0,16 \cdot x_2 - 0,007 \cdot x_1^2 - 8,4x_1x_2 - 6,08 \cdot 10^{-5} x_2^2. \quad (1)$$

На рисунках 2 и 3 показаны графики квадратической и линейной зависимости просеявшегося материала.



**Рисунок 2. – Квадратическая зависимость массы просеявшегося материала от оборотов вращения игольчатых валцов и исходной массы поступившего льновороха**

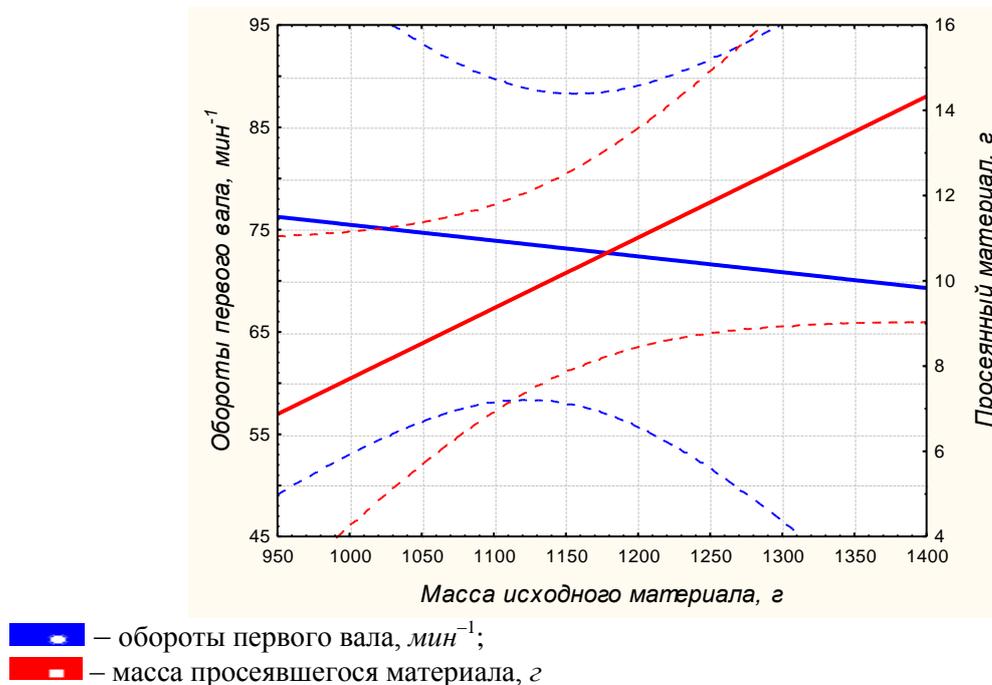


**Рисунок 3. – Линейная зависимость просеявшегося материала в процентах относительно исходной массы поступившего на установку материала от оборотов вращения игольчатых валцов**

Найдем коэффициент детерминации, показывающий, какая доля вариации зависимой переменной обусловлена вариацией объясняющей переменной. Чем ближе  $R^2$  к единице, тем лучше регрессия аппроксимирует эмпирические данные, тем теснее наблюдения примыкают к линии регрессии.

Получим следующие значения:  $R_1^2 = 0,39$ ;  $R_2^2 = 0,31$  для оборотов вала и массы соответственно.

На рисунке 4 показано влияние различных факторов на процесс сепарации.



**Рисунок 4. – Влияние различных факторов на просеивание материала с допустимыми интервалами отклонения**

Как видно из графиков и уравнения, степень просеивания наиболее значительно зависит от поступающей на установку исходной массы, но все равно находится в достаточно малых пределах, что наглядно можно увидеть на графике, показывающем просеивание материала. Основную массу просеиваемого материала составили свободные семена, находившиеся в массе исходного льновороха.

#### Заключение

Уравнение (1) позволяет определить степень просеивания поступающего на доработку исходного материала в зависимости от скорости вращения барабанов и исходной массы материала, поступающего на установку, с целью получения максимальной эффективности просеивания находящихся в массе льновороха свободных семян.

Количество просеиваемого материала можно значительно повысить, увеличив диаметр отверстий подбарабанья, но вместе с тем диаметр отверстий не должен превышать размерных характеристик коробочек льна, так как в этом случае процесс растягивания массы нарушится и значительная часть путанины будет проваливаться в отверстия.

Фактически процесса отделения путанины от основной массы не наблюдается. Основной задачей использования игольчатых катков является разрыхление массы льновороха, поступающей на последующие рабочие органы. Если увеличить количество зубьев на барабане, можно добиться дополнительного эффекта очесывания семенных коробочек, поступивших от комбайна вместе с остатками стебельной массы.

06.06.2016

## Литература

1. О комплексном бизнес-плане развития льняной отрасли Республики Беларусь в 2013–2015 гг.: постановление Совета Министров Республики Беларусь, 20.03.2013 г., № 201 // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. – 2013. – 5/37037.
2. Венцель, Е.С. Теория вероятностей / Е.С. Венцель. – М.: Наука, 1969. – 576 с.

УДК 631.331.022:633.521

**Ю.Л. Салапура, С.Ф. Лойко,  
С.В. Старосотников  
(РУП «НПЦ НАН Беларуси  
по механизации сельского хозяйства»,  
г. Минск, Республика Беларусь)**

## **АНАЛИЗ ОСОБЕННОСТЕЙ ПРИМЕНЕНИЯ ПОСЕВНЫХ МАШИН С ПНЕВМАТИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ ВЫСЕВА ПРИ СЕВЕ ЛЬНА**

### **Введение**

Известно, что лен-долгунец является одной из самых ресурсоемких сельскохозяйственных культур. Затраты на возделывание 1 га его посевов примерно в 3 раза выше в сравнении с зерновыми культурами [1].

В последние годы на мировом рынке четко обозначилась тенденция увеличения спроса на изделия из натуральных тканей. По состоянию на 2005–2010 годы спрос на европейских и американских рынках на льнопродукцию удовлетворялся не более чем на 80 % [2]. В настоящее время спрос и предложение на льнопродукцию находится примерно на прежнем уровне. Поэтому, учитывая высокий экспортный потенциал производства льнопродукции, увеличение урожайности льна является актуальной задачей.

При этом необходимо отметить, что потенциальная урожайность районированных сортов льна-долгунца, возделываемых в Беларуси, составляет не менее 7–8 ц/га семян и 38–48 ц/га тресты. В то же время средняя урожайность льносемян и льнотресты в последние годы составляет 2,9–3,0 ц/га и 27–32 ц/га соответственно, при среднем номере льнотресты 1,0–1,1 [3]. Одной из основных причин такой разницы потенциальной и фактической урожайности является несовершенство применяемых посевных машин и способов сева, а также несоблюдение технологии возделывания культуры в целом.

*Цель работы* – провести анализ особенностей конструкции посевных машин на базе пневматической системы высева применительно ко льну.

### **Основная часть**

Высевающая система является частью посевной машины, предназначенной для проведения операции посева. По общепринятой классификации различают механические и пневматические высевающие системы. Механическая высевающая система состоит из емкости для семян и удобрений, высевающего, транспортирующего устройств и сошниково-заделывающего устройства. Пневматические высевающие системы дополнительно оснащаются устройством для ввода высеваемого материала в воздушный поток.

Основная задача посева заключается в создании для совокупности семян на единицу площади максимально близких стартовых условий с целью получения дружных всходов путем обеспечения каждого отдельного семени необходимым количеством питательных элементов, влаги, кислорода и тепла. Для удовлетворения этих условий посевные машины должны равномерно распределять семена в почве на всей площади и заделывать их на одинаковую глубину. Максимально дружные всходы являются не только основой для получения наилучших количественных и качественных показателей урожая, но и обеспечивают проведение всех