

8. Протокол № 166 Б 1/3–2008 от 11 декабря 2008 года приемочных испытаний агрегата комбинированного почвообрабатывающе-посевого со сменными пассивными рабочими органами АППА-4 / ИЦ ГУ «Белорусская МИС». – Привольный, 2008.
9. Протокол № 116 Д 8/3–2008 от 13 октября 2008 года эксплуатационно-функциональных испытаний агрегата комбинированного почвообрабатывающего посевого АК-4 «РУБИН 9/400 КУА + САПФИР 7/400 АвтоЛoad–DS + ГМРЗ» (изготовленного по аналогу и с использованием комплектующих агрегата фирмы Lemken, Германия) / ИЦ ГУ «Белорусская МИС». – Привольный, 2008.
10. Протокол № 117 Д 8/3–2008 от 13 октября 2008 года эксплуатационно-функциональных испытаний агрегата комбинированного почвообрабатывающего посевого АК-4 «ГЕЛИОДОР 9/400 КА + САПФИР 7/400 АвтоЛoad–DS + ГМРЗ» (изготовленного по аналогу и с использованием комплектующих агрегата фирмы Lemken, Германия) / ИЦ ГУ «Белорусская МИС». – Привольный, 2008.
11. Лойко, С.Ф. Перспективная схема сошниково-загортачной группы для сева льна / С.Ф. Лойко, С.В. Старосотников // Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве: материалы Междунар. науч.-практ. конф. – Минск, 2010. – Т. 1. – С. 196–199.

УДК 631.361.6

**А.Н. Перепечаев**  
*(РУП «НПЦ НАН Беларуси  
 по механизации сельского хозяйства»,  
 г. Минск, Республика Беларусь)*

**ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ  
 СОЛОМОТРЯСА РОТОРНОГО ТИПА  
 НА РАЗДЕЛЕНИИ СЫРОГО  
 ЛЬНОВОРОХА**

### **Введение**

Лен-долгунец известен как уникальный источник натурального, экологически чистого сырья для производства различных товаров технического и бытового назначения и по праву считается главной технической культурой.

Основная часть посевов льна убирается с использованием комбайновой технологии, которая применяется во всех климатических зонах возделывания культуры и обеспечивает гарантированное получение урожая при любых условиях.

Одним из существенных недостатков работы льноуборочного комбайна является повышенное содержание путанины в ворохе. При уборке в фазе ранней желтой спелости льноворох содержит 40–50 % путанины, влажность которой достигает 60 % и более. Это приводит к повышенному расходу топлива на сушку, увеличению сроков уборки, снижению качества продукции. Известные в настоящее время способы и рабочие органы для сепарации на стационаре имеют ряд недостатков: повышенные потери семян, использование ручного труда на погрузочно-разгрузочных операциях, низкую эксплуатационную надежность сепарирующих рабочих органов и их высокую металлоемкость.

Один из путей повышения эффективности комбайновой технологии уборки льна-долгунца – удаление из льноволокна путанины до сушки путем внедрения 2-этапной сепарации: 1-й этап – на льнокомбайне с отдельной транспортировкой компонентов вороха и 2-й этап – на стационаре с выделением наиболее спелой фракции семян.

В настоящее время широко применяется обмолот сырого вороха зерноуборочным комбайном, хотя он сопровождается большими потерями семян от недомолота, дробления и микроповреждений (до 30 %).

Вторая наиболее широко применяемая технология предусматривает операцию досушивания поступившего от льнокомбайнов льновороха методом активного вентилирования различными по конструктивному исполнению и по организации сушильного процесса устройствами. Ворох сушат до влажности 13...15 %, допускается

неравномерность сушки вороха по влажности  $\pm 2$  %. Далее высушенный ворох поступает для обмолота и очистки в одну из применяемых для этого машин (МВ-2,5А, МЛВ-2,0; МСЛВ-2,5, зерноуборочный комбайн и др.). Огромные, ничем не оправданные энергозатраты делают эту технологию неприемлемой для сушки путанины.

Третья технология применяется для сокращения сроков уборки и снижения расходов на сушку путем выделения из сырого вороха путанины. Сепарация может производиться вручную, соломотрясами зерноуборочных комбайнов и другими устройствами и является наиболее перспективной в условиях топливно-энергетического кризиса из-за невысоких энергозатрат. Однако потери семян при этом достигают 15...20 %, как правило, вместе с неоторванными от стеблей головками, а также велики затраты ручного труда.

На основании проведенного анализа можно сделать вывод, что наиболее приемлемой является технология переработки льновороха на стационарном пункте с отделением грубого вороха (длинных примесей) сепараторами. Отделенные примеси можно использовать для приготовления богатых питательными веществами кормов для животных, питательная ценность которых достигает 0,44...0,47 к. ед. [1]. Таким образом, для экономии энергоносителей перед сушкой необходимо из льновороха выделять путанину с минимальными потерями семян и затратами энергии. Это позволит снизить энергозатраты на сушку и дальнейшую переработку.

### Основная часть

В лаборатории механизации возделывания и уборки льна НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства была изготовлена экспериментальная установка роторный соломотряс (рисунок 1), состоящая из рамы, скатной доски, вальцов с планками, мотор-редуктора.

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 рабочих органов данного вида позволит определить их эффективность при использовании для очистки сырого льновороха и оптимальные технологические параметры устройства.



Рисунок 1. – Установка типа роторно-планчатый соломотряс

В ходе исследований предстояло выявить оптимальные режимы работы установки, при которых ее качество соответствует наилучшим показателям в конкретных условиях.

Качество работы установки определялось по количеству отсеянной путанины.

Масса просеянных отходов в нашем случае являлась параметром оптимизации  $y$ .

При выборе факторов оптимизации учитываем, что они должны непосредственно воздействовать на объект и быть действительно независимыми, управляемыми и изменяемыми. Исходя из этих требований, в качестве факторов оптимизации выбираем: скорость вращения роторов соломотряса  $x_1$  (100; 90; 80; 63; 48  $\text{мин}^{-1}$ ); массу поступающего материала  $x_2$  (изменялась в пределах от 785 до 1300  $\text{г}$ ).

Помимо этого, дополнительно производилась оценка при использовании материала, прошедшего через игольчатые катки, и непосредственно от комбайна.

Предполагаем, что в оптимальной области значение параметра оптимизации с изменением режимов работы установки изменяется, скорее всего, нелинейно. Поэтому для математического описания объекта исследования применим планирование второго порядка. Предполагаем, что модель в общем случае может иметь вид [2]:

$$y = b_0 + b_1 \cdot x_1 + b_2 \cdot x_2 + b_{12} \cdot x_1 \cdot x_2 + b_{11} \cdot x_1^2 + b_{22} \cdot x_2^2 ,$$

где  $y$  – величина отклика;

$b_1, b_2, b_{12}, b_{11}, b_{22}$  – оценки коэффициентов регрессии.

Данные, полученные в результате проведения эксперимента, сводились в таблицу, после чего проводилась их обработка методами математической статистики.

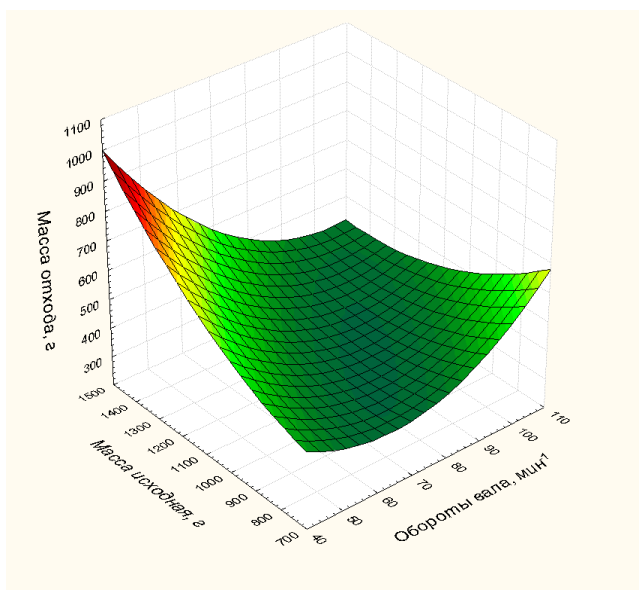
Коэффициенты регрессии находим по методу наименьших квадратов:

$$b_0 = \frac{\sum_{i=1}^N y_i}{N} ;$$
$$b_i = \frac{\sum_{i=1}^N y_i x_i}{\sum_{i=1}^N x_i^2} .$$

В результате получено уравнение, описывающее массу материала, ушедшего в отходы ( $\text{г}$ ), в зависимости от частоты вращения роторов и массы исходного материала, поступающего на установку:

$$y = 624,89 - 7,58x_1 + 0,0928x_2 + 0,14x_1^2 - 0,014x_1x_2 + 0,001x_2^2 .$$

По полученной зависимости была построена поверхность отклика (рисунок 2).



**Рисунок 2. – Квадратическая зависимость массы просеявшегося материала от оборотов ротора соломотряса и исходной массы поступившего льновороха, не прошедшего предварительной обработки установкой с игольчатыми катками**

Расчетное значение критерия  $F = 6,9$  – вероятность нулевой гипотезы для  $F$ -критерия 0,006.

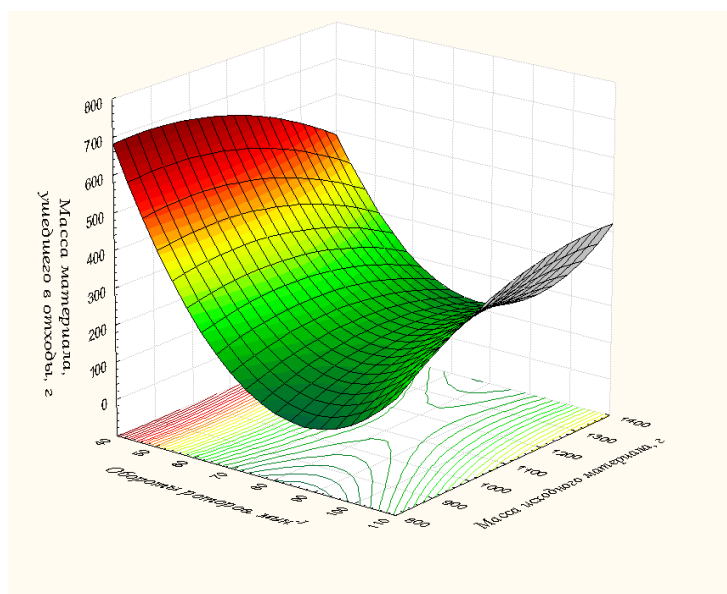
Аналогичным способом проводим расчеты и строим поверхность отклика для вороха, прошедшего предварительную обработку игольчатыми катками.

Уравнение, описывающее массу материала, ушедшего в отходы ( $z$ ), в зависимости от частоты вращения роторов и массы исходного материала, поступающего на установку:

$$y = 1938,2 - 55,7x_1 + 0,8x_2 + 0,3x_1^2 + 0,01x_1x_2 - 0,0001x_2^2.$$

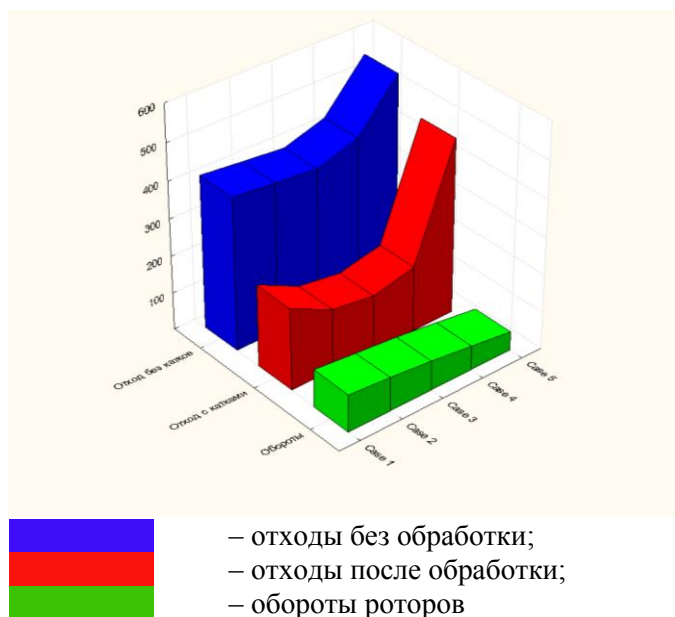
Расчетное значение критерия  $F = 4,15$  – вероятность нулевой гипотезы для  $F$ -критерия 0,042.

По полученной зависимости была построена поверхность отклика (рисунок 3).



**Рисунок 3. –  
Квадратическая  
зависимость массы  
просеявшегося  
материала от оборотов  
ротора соломотряса и  
исходной массы  
поступившего  
льновороха,  
прошедшего  
предварительную  
обработку**

На рисунке 4 приведен график, отображающий наглядно разность выброса в потери исходного материала.



**Рисунок 4. –  
Сравнительный анализ  
работы установки типа  
роторный соломотряс на  
материале, прошедшем  
предварительную  
обработку игольчатыми  
катками, и без  
предварительной  
обработки**

- отходы без обработки;
- отходы после обработки;
- обороты роторов

Как видно из рисунков 2–4, качество просеивания сырого льновороха установкой с рабочими органами типа роторный соломотряс в значительной степени зависит от исходного состава обрабатываемого материала. Без использования предварительного разрыхления слоя в отходы в большом количестве уходили коробочки, застрявшие в исходном материале.

### **Заключение**

В результате проведенных исследований получены уравнения регрессии, описывающие качественные показатели просеивания льновороха в зависимости от оборотов ротора соломотряса и исходной массы поступившего льновороха, как прошедшего предварительную обработку, так и без обработки.

При исследовании процесса выделения путанины из массы сырого льновороха установкой типа роторный соломотряс без предварительной обработки масса льновороха, попавшего в отходы, составляла порядка 400 г – примерно 30–40 % от общей массы, поступившей на доработку. При этом содержание семян и семенных коробочек в отходах могло достигать 50–70 %. При исследовании льновороха, прошедшего предварительную обработку, масса отходов составляла 150–200 г (15–25 %), содержание семян в массе отходов – порядка 20 %. Это объясняется тем, что значительная часть головок, поступающих в сепаратор, осталась неотторванной от стеблей.

### **Литература**

06.06.2016

1. Кудрявцев, С.Н. Повышение эффективности переработки сырого льновороха путем применения сепаратора / С.Н. Кудрявцев // Энергоресурсосберегающие технологии и технические средства для их обеспечения в сельскохозяйственном производстве: материалы Междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых. – Минск, 2010. – С. 141–144.
2. Венцель, Е.С. Теория вероятностей / Е.С. Венцель. – М.: Наука, 1969. – 576 с.
3. Бортник, С.А. Выделение кормовых материалов из отходов льноводства на стационарных молотилках: автореф. дис. ...канд. техн. наук: 05.20.01 / С.А. Бортник; Белорусская с.-х. академия. – Горки, 1992. – 19 с.

УДК 631.352.022/.353.722

**Н.Г. Бакач, И.Е. Мажугин**  
*(РУП «НПЦ НАН Беларуси  
по механизации сельского хозяйства»,  
г. Минск, Республика Беларусь)*

**ВЛИЯНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ  
ПАРАМЕТРОВ КОСИЛКИ ДЛЯ  
УХОДА ЗА ЛУГОПАСТБИЩНЫМИ  
УГОДЬЯМИ НА ВЫСОТУ СТЕРНИ**

### **Введение**

Одним из способов ухода за лугами с целью подавления роста сорной растительности является использование скошенной травяной массы для мульчирования обрабатываемой площади. При этом способе травы срезаются, измельчаются и распределяются на окашиваемой площади, создавая мульчирующий слой, который впоследствии разлагается и переходит в объем почвы [1...5]. Для реализации данного способа относительно недавно стали выпускаться различные косилки, в которых совмещен процесс скашивания и измельчения растительности [6...8]. Наибольшее распространение получают полуприцепные роторные косилки-измельчители с осью вращения роторов, перпендикулярной окашиваемой поверхности, и с ножами, шарнирно прикрепляемыми к несущей части ротора [6...8]. С учетом области применения таких косилок их еще называют лугопастбищными.

Особенностью косилок данного типа является использование в качестве опор блоков сдвоенных колес, устанавливаемых на горизонтальных осях с возможностью поворота каждого колесного блока относительно оси. Это позволяет снизить вертикальные перемещения роторов косилки при ее движении по неровной