

УДК 631.354:33

## РАЦИОНАЛЬНЫЙ ВЫБОР ПАРАМЕТРОВ ДНИЩА НАКЛОННОЙ КАМЕРЫ ЗЕРНОУБОРОЧНОГО КОМБАЙНА ПРИ ОЧЕСЕ

**В. В. НИКИТИН**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Брянский государственный аграрный университет»,  
Российская Федерация

**В. Б. ПОПОВ**

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого»,  
Республика Беларусь

**Ключевые слова:** зерноуборочный комбайн, очес, наклонная камера, решетчатое днище, предварительная сепарация очесанного зернового вороха.

### Введение

Одним из наиболее перспективных направлений уборки, как зерновых колосовых, так и зернобобовых культур, является очесывание растений на корню [1], [2].

Суть его заключается в том, что на комбайн вместо обычной жатки устанавливается очесывающий адаптер (рис. 1), рабочий орган которого представляет собой вращающийся ротор 1 с зубьями 2.

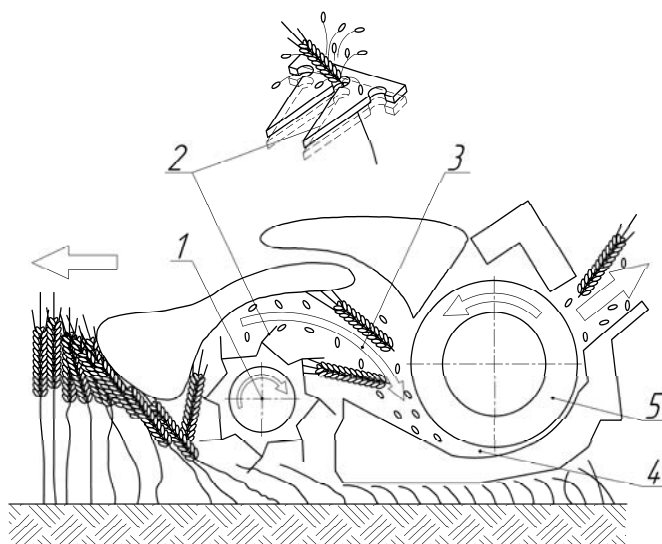


Рис. 1. Принципиальная схема работы однобарабанной очесывающей жатки:  
1 – очесывающий ротор; 2 – очесывающие зубья; 3 – зерно и оторванные колосья;  
4 – сборная камера; 5 – шнек

При поступательном движении комбайна зубья 2 вращающегося ротора 1 прочесывают растения снизу вверх. При этом зубья 2, встретившись с колосьями растений, обрывают их. При обрыве часть зерен выбивается из колоса. Частота вращения

очесывающего ротора 1 подобрана таким образом, чтобы, с одной стороны, стебли не вырывало из земли, а с другой – колосья освобождались от зерна без повреждений зерновок. Выбитые зерна и оборванные колосья 3 переносятся под действием сил инерции и воздушного потока в сборную камеру 4. Шнек 5, расположенный на дне сборной камеры 4, подает оборванную массу к наклонному транспортеру, который захватывает и переносит ее к молотильному аппарату комбайна. Стебли растений при этом остаются на поле нетронутыми или (в зависимости от принятой в хозяйстве технологии) измельчаются и заделываются в почву.

Использование очесывающего адаптера при таком способе уборки уменьшает поступление хлебной массы в комбайн в 1,5–2 раза. Это обеспечивает экономию 70 % энергии, которую современная уборочная машина тратит на деформацию соломы в самоходной молотилке. Поэтому, по сравнению с использованием традиционной жатки при очесе, производительность уборки повышается в 1,7–2 раза, а расход топлива снижается, соответственно, на 20–25 % [3]. В результате себестоимость зерна уменьшается на 25–30 % [4], [5].

Однако при кажущейся отработке всех вопросов указанной технологии уборки остается нерешенным ряд проблем. Так, например, хлебная масса, полученная в результате очеса, содержит до 80 % свободного зерна [6]. Поступление его в молотильное устройство затрудняет процесс дальнейшего обмолота оставшейся колосовой части урожая, а также снижает пропускную способность самого устройства. Кроме того, наблюдается повышенное дробление, обрушивание и микроповреждение (усредненное суммарное значение которых составляет величину около 14 %) свободного зерна рабочими органами молотилки [7]. Это приводит к снижению его всхожести и стойкости при хранении, а также ограничивает применение зерна исключительно как фуражного. Таким образом, изыскание технических возможностей по минимизации дробления свободного зерна рабочими органами молотилки (при очесе растений на корню) является актуальной научно-практической задачей.

Цель работы – снижение уровня дробления свободного зерна рабочими органами молотилки посредством обоснованного выбора некоторых параметров днища наклонной камеры зерноуборочного комбайна.

### **Основная часть**

Анализ литературных источников свидетельствует о том, что одной из наиболее удачных попыток решить проблему дробления свободного зерна рабочими органами молотилки оказалось снабжение наклонной камеры зерноуборочного комбайна сепарирующим устройством, представляющим собой прутково-планчатое решето [8]. Практическая реализация такого технического решения на опытном образце зерноуборочного комбайна позволила исключить повторное воздействие рабочих органов молотильного устройства на свободное зерно и направить его на очистку, минуя молотильную камеру. При этом оптимальными параметрами устройства, обеспечивающими максимальную сепарацию (около 85 %) свободного зерна из очесанного зернового вороха, являются: расстояние между планками решета – 36 мм и между прутками – 32 мм.

Между тем, несмотря на ряд положительных моментов, автором отмечено, что при таких параметрах отверстий сепарирующей решетки сквозь нее беспрепятственно проходит как свободное зерно, так и оставшаяся колосовая часть урожая. Это существенно образом увеличивает нагрузку на домолачивающее устройство, лимитируя его пропускную способность, в то время как молотилка наоборот остается недогруженной и фактически работает «вхолостую». Следовательно, проблема повышения эффективности работы сепарирующего устройства в наклонной камере зерноуборочного комбайна остается решенной не до конца.

Улучшить работу устройства для предварительной сепарации свободного зерна в наклонной камере возможно за счет гарантированного разделения очесанного зернового вороха на две отдельные фракции (свободное зерно и оставшаяся колосовая часть урожая) до его поступления в молотильную камеру. С этой целью нами была разработана экспериментальная установка, имитирующая работу скребкового плавающего транспортера наклонной камеры зерноуборочного комбайна (рис. 2). Она состоит из корпуса 1, скребкового транспортера 2, решетчатого днища 3 и емкости 4 для сбора свободного зерна 5. Привод установки осуществлялся от электродвигателя 6 посредством цепной передачи 7. Регулировка скорости транспортера выполнялась при помощи частотного преобразователя 8 «Веспер» E2-8300.

Все исследования проводились на пшенице сорта «Московская 56». Влажность зерна находилась в пределах 12 % (определялась весовым методом в межкафедральной лаборатории Брянского государственного аграрного университета). Скорость движения транспортера (3 м/с) и угол его наклона к горизонту (45°) соответствовали аналогичным параметрам работы для большинства современных зерноуборочных комбайнов. Подача зернового вороха составляла 10 кг/с при содержании в нем 80 % свободного зерна. Длина съемного решетчатого днища равнялась 0,95 м.

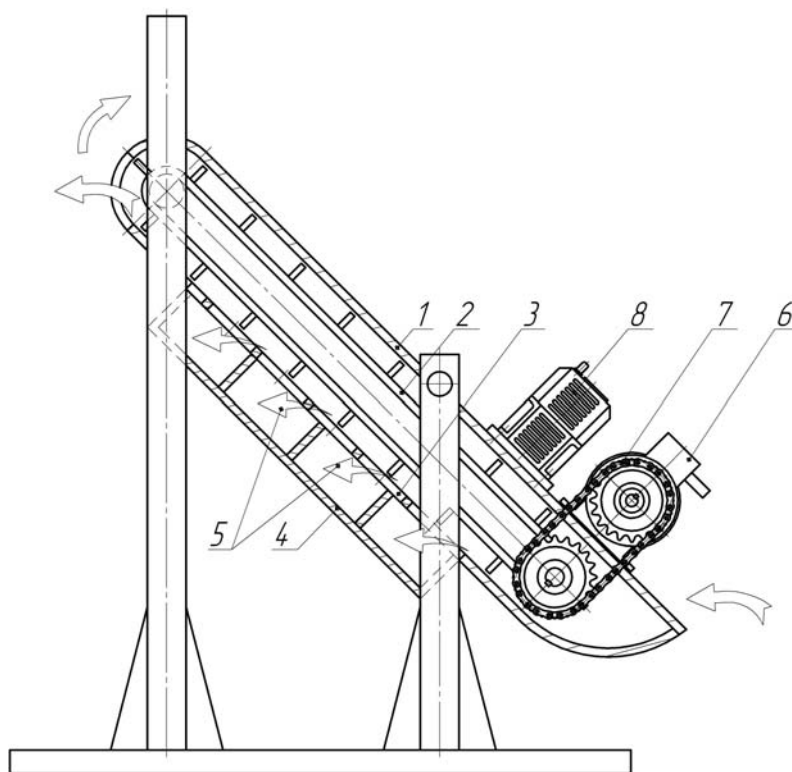


Рис. 2. Схема экспериментальной установки скребкового плавающего транспортера наклонной камеры зерноуборочного комбайна (обозначение позиций в тексте)

Был спланирован симметричный полнофакторный эксперимент (ПФЭ  $3^2$ ) второго порядка [9] с тремя уровнями варьирования факторов – размеров прямоугольных отверстий решетчатого днища (см. таблицу), выполненных в виде последовательно расположенных рядов. В качестве выходного параметра было принято количество свободного зерна, прошедшего сквозь отверстия решетчатого днища экспериментальной установки. Для исключения влияния на выходной параметр эксперимента площади «живого сечения» отверстий решетчатого днища отклонение ее величины не превышало 0,5 %.

Условия планирования эксперимента

Факторы		Уровни варьирования			Интервал варьирования
Натуральный вид	Кодированный вид	-1	0	+1	
Длина отверстия, мм	$L$	120	160	200	40
Ширина отверстия, мм	$B$	6	8	10	2

Каждый вариант опыта был проведен с десятикратной повторностью. Таким образом, всего было учтено и обработано 90 опытов.

Полученные данные были обработаны в программах «Excel» и «STATISTICA». По ним построена поверхность отклика, характеризующая зависимость доли свободного зерна, прошедшего сквозь отверстия решетчатого днища, от параметров процесса (рис. 3).

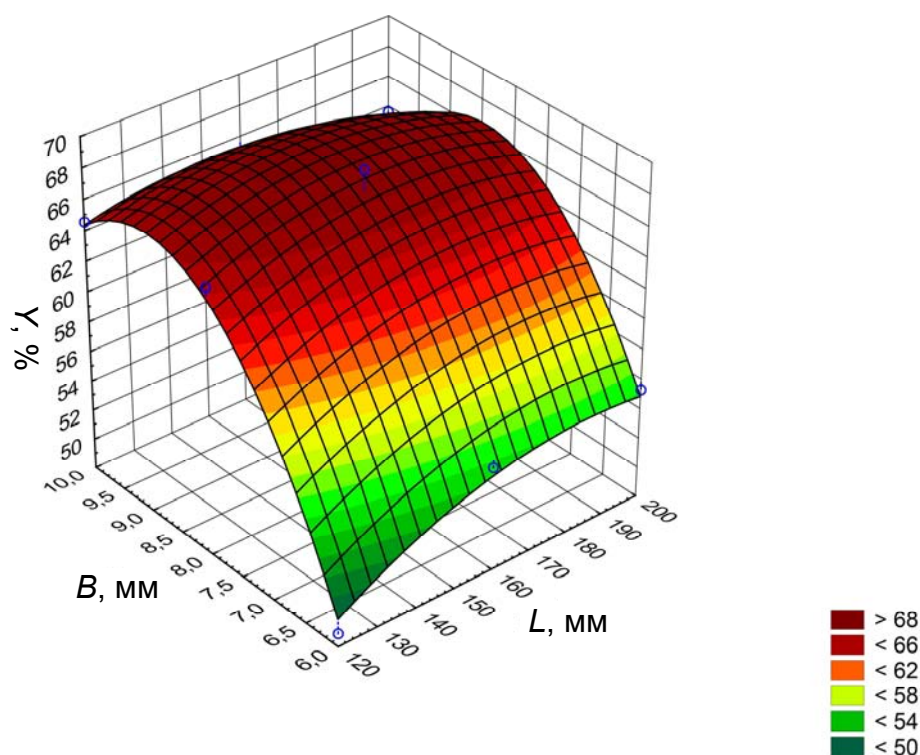


Рис. 3. Влияние длины и ширины отверстий решетчатого днища на проход свободного зерна

Уравнение регрессии, адекватно отражающее характер зависимостей (с коэффициентом детерминации  $R^2 = 0,958$ ), представляет полином второго порядка:

$$Y = -140,9 + 0,593 \cdot L + 37,2 \cdot B - 0,00123 \cdot L^2 - 0,0229 \cdot L \cdot B - 1,93 \cdot B^2, \quad (1)$$

где  $Y$  – доля свободного зерна, прошедшего сквозь отверстия решетчатого днища, %;  $L$  – длина отверстия, мм;  $B$  – ширина отверстия, мм.

Анализ уравнения регрессии (1) показывает, что основное влияние на выделение свободного зерна из вороха оказывает ширина отверстий решетчатого днища. При этом оптимальными размерами прямоугольных отверстий решетчатого днища экс-

периментальной установки являются длина – 160 мм и ширина – 8 мм, обеспечивающие максимальную сепарацию свободного зерна, равную 68,7 %. При этом прохождения колосовой части урожая сквозь отверстия сепарирующей решетки во всех сериях эксперимента не наблюдалось.

Регистрация процесса сепарации свободного зерна осуществлялась на четырех контрольных участках решетчатого днища (рис. 4). При этом его стопроцентное значение находилось в момент начала проведения эксперимента, т. е. при отсутствии перемещения. Расчет количества свободного зерна, поступившего на второй контрольный участок (81 %), определен разницей между предыдущим значением (100 %) и количеством свободного зерна, прошедшим сквозь отверстия на первом контрольном участке (19 %). Аналогичным образом были получены и остальные значения (65,7; 47,64 и 31,3 %, соответственно).

Уравнение регрессии, наиболее полно отражающее характер зависимостей ( $R^2 = 0,9823$ ), имеет прямолинейный вид:

$$y = -80,424 \cdot x + 95,045, \quad (2)$$

где  $y$  – текущий остаток зерна в ворохе, в процентах от ее исходной массы, имевшейся в начале процесса сепарации;  $x$  – расстояние от начала сепарирующей решетки, м.

Если в качестве аналогии использовать формализованное описание работы клавишного соломотряса [10], выделяющего зерно из соломистого вороха, то в этом случае линия тренда должна представлять собой экспоненциальную функцию типа  $y = ke^{-ax}$ . При построении этой функции по полученным экспериментальным данным она имеет вид:

$$y = 100,07 \cdot e^{-1,364 \cdot x}. \quad (3)$$

При этом коэффициент детерминации увеличивается незначительно ( $R^2 = 0,9865$ ), что свидетельствует об отсутствии значимых отличий по сравнению с принятым нами выше прямолинейным трендом.

Наличие 31,3 % свободного зерна на выходе из экспериментальной установки говорит о том, что длины сепарирующей решетки при проведении серии экспериментов оказалось недостаточно. Следовательно, для достижения желаемого результата – исключения поступления свободного зерна в молотильное устройство зерноуборочного комбайна необходимым и достаточным является увеличение длины сепарирующей решетки.

Для этого, приравняв уравнение (2) к нулю и решив его, получим, что длина решетчатого днища, обеспечивающая полное выделение зерна из вороха, должна составлять не менее  $x = 1,18$  м. Такое техническое решение может быть реализовано, например, в наклонной камере самоходного зерноуборочного комбайна КЗС-1218 «Полесье GS-12», имеющей длину около 1,3 м. При этом зерновой ворох (свободное зерно и мелкие примеси), прошедший сквозь отверстия решетчатого днища, целесообразно направить на транспортную доску либо посредством шнека [11], либо посредством скребкового транспортера.

Аналогичные исследования были проведены на экспериментальном устройстве при отсутствии легких примесей в зерновом ворохе. В этом случае длина сепарирующей решетки, обеспечивающей полное выделение свободного зерна, составляет около 1,12 м. Отделение легких примесей из очесанного зернового вороха может происходить непосредственно в корпусе адаптера за счет снабжения его задней стенки жалюзийной решеткой [12]. Это позволит интенсифицировать сепарацию оставшейся хлебной массы в наклонной камере зерноуборочного комбайна.

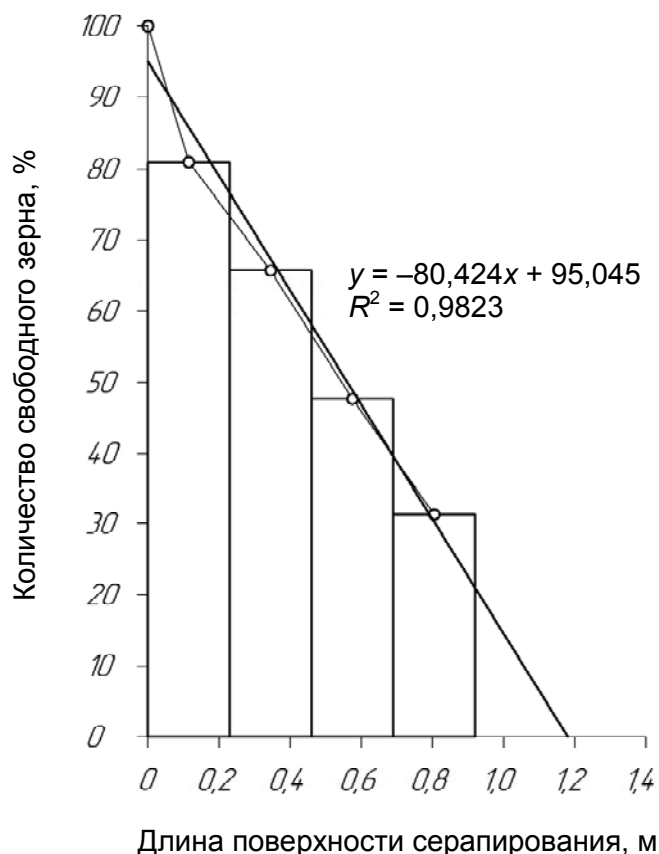


Рис. 4. Убывание свободного зерна из очесанного зернового вороха в зависимости от длины поверхности сепарирования

### Заключение

Таким образом, в отличие от рассмотренного аналога [8], нам удалось существенным образом улучшить работу устройства для предварительной сепарации очесанного зернового вороха за счет разделения его компонентов на две отдельные фракции. Использование предложенного технического решения позволит практически исключить поступление свободного зерна в молотильное устройство зерноуборочного комбайна и прохождение оставшейся колосовой части снятого урожая сквозь отверстия решетки.

При этом полностью исключается возможность его дробления рабочими органами молотилки. Кроме того, поступление в молотильное устройство более однородного вороха позволяет точнее подобрать его конструктивные параметры и режим работы, что, по-нашему мнению, должно положительным образом отразиться на качестве работы и производительности комбайна.

Здесь следует отметить, что в соответствии с результатами, полученными при помощи экспериментальных факторных моделей, для обеспечения полного прохода свободного зерна длина сепарирующей поверхности должна быть не менее 1,18 м, а отверстия должны иметь размеры 160 × 8 мм.

Дальнейшие исследования по определению уровня дробления свободного зерна рабочими органами молотилки и его сепарации в наклонной камере комбайна рекомендуется провести в полевых условиях

## Литература

1. Бурьянов, М. А. Параметры и режимы процесса очеса зерновых культур навесной на комбайн жаткой : автореф. дис. ... канд. техн. наук / М. А. Бурьянов. – Зерноград, 2011. – 20 с.
2. Алдошин, Н. В. Уборка зернобобовых культур методом очеса / Н. В. Алдошин, Н. А. Лылин, М. А. Мосяков // Дальневосточ. аграр. вестн. – 2017. – № 1. – С. 67–73.
3. Жалнин, Э. В. Технические инновации в сельскохозяйственном производстве и ресурсосберегающий эффект / Э. В. Жалнин // АгроСнабФорум. – 2017. – № 3 (151). – С. 14.
4. Ожерельев, В. Н. Перспективные направления снижения энергоемкости процесса выделения зерна из колоса / В. Н. Ожерельев, В. В. Никитин // Тракторы и с.-х. машины. – 2012. – № 8. – С. 30–31.
5. Кравченко, Н. П. Обоснование приоритетных инноваций в растениеводстве и оценка их эффективности : автореф. дис. ... д-ра экон. наук / Н. П. Кравченко. – Майкоп, 2011. – 46 с.
6. Ожерельев, В. Н. Адаптация зерноуборочного комбайна к работе с очесанным зерновым ворохом / В. Н. Ожерельев, В. В. Никитин, В. Д. Игнатов // Техника в сел. хоз-ве. – 2013. – № 6. – С. 5–7.
7. Шабанов, Н. П. Разработка и обоснование устройства для сепарации очесанного зернового вороха в наклонной камере зерноуборочного комбайна : автореф. дис. ... канд. техн. наук / Н. П. Шабанов. – Симферополь, 1997. – 26 с.
8. Шабанов, П. А. Обмолот на корню – дальнейшее развитие двухфазного способа обмолота зерновых культур / П. А. Шабанов, Н. П. Шабанов // Достижения науки и техники в АПК. – 2006. – № 8. – С. 8–10.
9. Красовский, Г. И. Планирование эксперимента / Г. И. Красовский, Г. Ф. Филаретов. – Минск : Изд-во БГУ, 1982 – 302 с.
10. Клочков, А. В. Комбайны зерноуборочные / А. В. Клочков, В. А. Попов, А. В. Адашь. – Минск : Новик, 2000. – 192 с.
11. Наклонная камера зерноуборочного комбайна : пат. № 2577892 Рос. Федерация, МПК<sup>7</sup> А 01 D 41/12 / В. Н. Ожерельев, В. В. Никитин. – Заявка № 2014145875/13 от 14.11.2014 ; опубл. 2016, Бюл. № 8.
12. Устройство для обмолота растений на корню : пат. № 2566017 Рос. Федерация, МПК<sup>7</sup> А 01 D 41/08 / В. Н. Ожерельев, В. В. Никитин. – Заявка № 2014130712/13 от 24.07.2014 ; опубл. 2015, Бюл. № 29.

*Получено 12.02.2018 г.*