

УДК 631.354

4.3.1. Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса (технические науки, сельскохозяйственные науки)

СРАВНЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА УБОРКИ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ КОМБАЙНОМ С ОЧЕСЫВАЮЩЕЙ И ТРАДИЦИОННОЙ ЖАТКОЙ СПЛОШНОГО СРЕЗА

Рудой Дмитрий Владимирович

д-р техн. наук, доцент

РИНЦ SPIN-код: 3297-3460

rudoy.d@gs.donstu.ru

Донской государственный технический университет, Ростов-на-Дону

Пахомов Виктор Иванович

член-корр. РАН, д-р техн. наук, профессор

РИНЦ SPIN-код: 5815-4913

v.i.pakhomov@mail.ru

Донской государственный технический университет, Ростов-на-Дону

Камбулов Сергей Иванович

д-р техн. наук, доцент

РИНЦ SPIN-код: 3854-2942

kambulov.s@mail.ru

Донской государственный технический университет, Ростов-на-Дону

Мальцева Татьяна Александровна

канд. техн. наук

РИНЦ SPIN-код: 7418-8531

tamalceva@donstu.ru

Донской государственный технический университет, Ростов-на-Дону

Классическим способом уборки зерновых колосовых культур является уборка зерноуборочным комбайном с жаткой сплошного среза. В последнее время всё чаще начинают использовать очесывающие жатки, позволяющие увеличить производительность комбайна в 1,5-2 раза. После очеса или срезания, зерновая масса поступает в молотильное устройство, где происходит выделение зерна из колоса в результате ударного воздействия рабочим органом, как правильно бильным барабаном. Бильный барабан в сравнении с роторным больше травмирует и дробит зерно, но из-за высокой стоимости комбайны с роторным молотильным устройством используют реже. Зерновой ворох после очесывающей жатки имеет минимальное количество соломы, что может негативно сказываться на качестве зерна после молотильного устройства. Поэтому целью исследований является сравнение травмируемости и дробления зерна при

UDC 631.354

4.3.1. Technologies, machinery and equipment for the agro-industrial complex (technical sciences, agricultural sciences)

COMPARISON OF THE QUALITY INDICATORS OF HARVESTING WINTER WHEAT BY A COMBINE HARVESTER WITH A COMBING AND TRADITIONAL CONTINUOUS-CUT HARVESTER

Rudoy Dmitry Vladimirovich

Dr.Sci.Tech., associate professor

RSCI SPIN-code: 3297-3460

rudoy.d@gs.donstu.ru

Don State Technical University, Rostov-on-Don

Pakhomov Victor Ivanovich

Corr. member of the RAS, Dr.Sci.Tech., Professor

RSCI SPIN-code: 5815-4913

v.i.pakhomov@mail.ru

Don State Technical University, Rostov-on-Don

Kambulov Sergey Ivanovich

Dr.Sci.Tech., assistant professor

RSCI SPIN-code: 3854-2942

kambulov.s@mail.ru

Don State Technical University, Rostov-on-Don

Maltseva Tatyana Alexandrovna

Cand.Tech.Sci.

RSCI SPIN-code: 7418-8531

tamalceva@donstu.ru

Don State Technical University, Rostov-on-Don

The classic method of harvesting grain crops is harvesting with a combine harvester with a continuous-cut harvester. Recently, stripper header have been increasingly used, allowing to increase the productivity of the combine by 1.5-2 times. After milling or cutting, the grain mass enters the threshing device, where the grain is released from the ear as a result of impact by the working body, as a properly shaped drum. A rotary drum, in comparison with a rotary one, injures and crushes grain more, but because of the high cost, combines with a rotary threshing device are used less often. The grain pile after the combing harvester has a minimum amount of straw, which can negatively affect the quality of grain after the threshing device. Therefore, the purpose of the research is to compare the injury and crushing of grain when using a combing reaper and a continuous-cut reaper. The results of the study showed that the grain harvested by the combing harvester has a large proportion of injury and crushing. Studies have also

использовании очесывающей жатки и жатки сплошного среза. Результаты исследования показали, что зерно, убранное очесывающей жаткой, имеет большую долю травмирования и дробления. Также были проведены исследования по анализу потерь зерна за жаткой и молотильным устройством. У очесывающей жатки потери зерна выше, чем у жатки сплошного среза. В то же время, потери за молотильным устройством выше при использовании жатки сплошного среза. На основании вышеизложенного сделан вывод о необходимости разработки принципиально нового метода выделения зерна из колоса, позволяющего меньше травмировать зерно и повышать производительность зерноуборочной техники

Ключевые слова: ЗЕРНОУБОРОЧНЫЙ КОМБАЙН; ОЧЕСЫВАЮЩАЯ ЖАТКА; ЖАТКА СПЛОШНОГО СРЕЗА; ТРАВМИРОВАНИЕ; ДРОБЛЕНИЕ; ПШЕНИЦА; ЗЕРНО

been conducted to analyze grain losses behind the harvester and threshing device. The grain loss of a combing reaper is higher than that of a continuous-cut reaper. At the same time, the losses behind the threshing device are higher when using a continuous-cut harvester. Based on the above, it is concluded that it is necessary to develop a fundamentally new method of separating grain from the ear, which allows less injury to grain and increases the productivity of grain harvesting equipment

Keywords: COMBINE HARVESTER; STRIPPER HEADER; CUTTERBAR; INJURY; CRUSHING; WHEAT; GRAIN

<http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-201-018>

Введение

Применение в уборочном процессе очесывающих жаток ведет к повышению производительности комбайна в 1,5-2,0 раза [1, 2]. В работах, посвящённых опыту применения очесывающих жаток, внимание чаще всего уделяется качеству их работы. Оценивается количество потерь за очесывающей жаткой, надежность её работы, удобство использования и настройки. Но, при внедрении очесывающей жатки, могут наблюдаться и непрямые потери, связанные с обмолотом полученного зернополовистого вороха системами комбайна.

В настоящее время комбайны, используемые в хозяйствах, можно разделить на две большие группы: роторные и с бильным барабаном. Они могут отличаться по техническим решениям, применяемым разными производителями, но общие принципы обмолота сохраняются уже на протяжении нескольких десятилетий. В хозяйствах чаще применяются комбайны с бильным барабаном ввиду их меньшей стоимости и энергоёмкости процесса обмолота. Зерноуборочные комбайны, выпускаемые серийно, ориентированы на работу с ворохом после жатки

<http://ej.kubagro.ru/2024/07/pdf/18.pdf>

сплошного среза. Такой ворох состоит из зерновой и не зерновой частей со стеблем. При этом, часть зерна содержится в колосе и требует обмолота в молотильном устройстве комбайна. Зерновой ворох после очесывающей жатки имеет минимальное количество соломы, что может негативно сказываться на качестве зерна после молотильного устройства, поскольку солома при обмолоте в молотильной камере комбайна смягчает удары и, тем самым, зерно травмируется в меньшей степени [2].

Большое количество исследований посвящено влиянию бильного молотильного устройства комбайна зерновых колосовых культур на показатели качества, в том числе травмирование и дробление зерна. Доказано, что при уборке урожая комбайном с бильным молотильным устройством, наблюдается большая доля травмированного и дробленого зерна в сравнении с роторным молотильным устройством [1]. У травмированного зерна наблюдается низкая всхожесть. В процессе хранения в микротрещинах развиваются патогенные микроорганизмы, что приводит к ухудшению качества зерна или делает его непригодным для использования. Дробление приводит к повышению зерновой примеси, что снижает класс и стоимость зерна. Учеными доказано, что уборка зерна методом очеса позволяет снизить травмируемость зерна. В соответствии с ГОСТ 28301-2007, количество дробленого зерна не должно превышать 2,0%. Таким образом, **целью исследований** является сравнение травмируемости и дробления зерна при использовании очесывающей жатки и жатки сплошного среза.

Материалы и методы исследований. Уборку зерна осуществляли комбайном «Acros 550», который поочередно агрегатировали с очесывающей жаткой «Эффекта» (ширина захвата 7,2 м) производства «АгроТрейд» и жаткой сплошного среза производства компании «Ростсельмаш» (ширина захвата 7 м).

Для определения урожайности зерна озимой пшеницы сорта «Жаворонок» на опытном поле использовали общепринятую методику по определению биологической урожайности. На каждом поле в удалении от лесополос не менее 50 м был выбран участок для проведения исследований по определению уровня потерь за комбайном. В соответствии с ГОСТ 28301-2015, для определения урожайности с трех делянок площадью 0,25 м² на рекомендуемой высоте среза комбайна срезали всю растительную массу. Каждый срезанный сноп взвешивали, обмолачивали вручную и определяли массу зерна и соломы. Полученные результаты суммировали, затем вычисляли общую (зерно + солома), среднюю урожайность по зерну, ее неравномерность распределения на опытном участке, соотношение зерна и соломы.

Для контроля уровня потерь за жаткой и за молотилкой комбайна определяли также потери зерна самоосыпанием. Перед срезанием массы с исследуемой площади делянок собирали зерновки или части колоса, если такие имелись, которые находились на почве. Для большей достоверности для делянки 0,25 м² выбирали участки поля без глубоких трещин в почве. Потери от самоосыпания при подсчете урожайности добавляли к полученной массе зерна, срезанного с 0,25 м², а при подсчете потерь от жатки (очесывающей или сплошного среза) их среднее значение вычитали. Скорость движения комбайна с жаткой сплошного среза определяли исходя из пропускной способности молотильного устройства:

$$V_{\text{комб}} = 3,6 \times \frac{W_{\text{мол.}}}{U_{\text{кул.}} \times B_{\text{ж}}}, \text{ км/ч} \quad (1)$$

где $V_{\text{комб}}$ – скорость движения комбайна, км/ч; $W_{\text{мол.}}$ – планируемая подача обмолачиваемой массы в молотилку комбайна, кг/с; $U_{\text{кул.}}$ – количество биологической массы на единицу площади (зерно и незерновая часть), кг/м²; $B_{\text{ж}}$ – рабочая ширина захвата жатки, м.

На основе данных, представленных на официальном сайте завода «Ростсельмаш», для комбайна «Acros 550» пропускная способность составляет 8 кг/с.

Скорость комбайна с очесывающей жаткой рассчитывали по формуле 2:

$$V_{\text{комб.оч.}} = 3,6 \times \frac{W_{\text{мол.}}}{U_{\text{зер.}} \times 1,2 \times B_{\text{ж.}}}, \text{ км/ч} \quad (2)$$

где $W_{\text{мол.}}$ – подача хлебной массы в молотильную камеру комбайна, кг/с;
 $U_{\text{зер.}}$ – урожайность, кг/м².

Для определения потерь за комбайном в полевых условиях использовали комплект анализа потерь зерна в полевых условиях производства ООО «Завод Евросибагро и Клаузер».

Для определения процента потерь за молотильным устройством комбайна $P_{\text{м.комб.}}$ использовали формулу:

$$P_{\text{м.комб.}} = \frac{m_{\text{зерн.}} \times 3}{U_{\text{зер.}}} \times 100, \% \quad (3)$$

где $m_{\text{зерн.}}$ – масса очищенного зерна в поддоне, кг; $U_{\text{зер.}}$ – урожайность озимой пшеницы по зерну, кг/м².

Влажность зерна в ходе исследований определяли с помощью прибора «Wile 55». Для определения травмирования и дробления бункерного зерна, отбирали пробу в соответствии с ГОСТ 13586.3-2015. Из полученной пробы на делителе проб выделяли 2 навески (по 50 г) и определяли состав основного зерна, сорной и зерновой примесей (в том числе дробленого зерна) в соответствии с ГОСТ 9353-2016. Для анализа травмирования зерна было отобрано 100 зерновок, которые исследовали на наличие микротрещин под микроскопом при 26 кратном увеличении.

Результаты и их обсуждение. Влажность зерна на момент уборки составляла 10,7 %. Показатели урожайности озимой пшеницы сорта «Жаворонок» приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты определения урожайности озимой пшеницы

№ пробы	Вес пробы, кг	Масса зерна, кг	Отношение зерна к соломе	Биологическая урожайность, т/га	Общая урожайность, т/га
1	580,1	245,1	1/1,4	9,82	23,22
2	415,4	182,65	1/1,3	7,32	16,63
3	445,3	202,37	1/1,2	8,17	17,88
Среднее	480,3	210,04	1/1,3	8,44	19,24

Доля потерь зерна от самоосыпания составила в среднем 0,2 %. Низкий уровень самоосыпания связан с погодными условиями 2024 г., при наступлении полной спелости зерна не наблюдалось выпадение осадков вплоть до уборки.

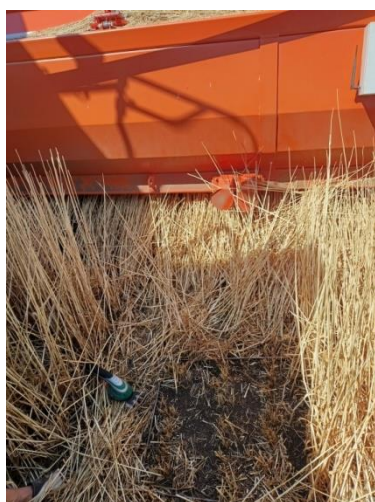
Очесывающая жатка в ходе работы показала хорошую надежность, а также возможность работы до позднего вечера, 21-22 ч, тогда как комбайны с жаткой сплошного среза останавливали работу до 20 ч.

Были определены значения скорости движения комбайна «Acros 550» с очесывающей и жаткой сплошного среза при уборке озимой пшеницы сорта «Жаворонок» по формулам 1 и 2 для двух режимов движения комбайна. Первый режим соответствовал номинальной пропускной способности равной 8 кг/с, второй двукратно его превышал. Результаты приведены в таблице 2. Также в таблице приведены основные режимы работы комбайна.

Таблица 2 - Основные показатели режимов работы комбайна «Acros 550» с очесывающей и жаткой сплошного среза на уборке озимой пшеницы сорта «Жаворонок»

Показатель	«Acros 550» с жаткой сплошного среза		«Acros 550» с очесывающей жаткой	
	2,2	4,4	4,1	8,2
Скорость движения комбайна, км/ч	2,2	4,4	4,1	8,2
Частота вращения барабана, об/мин	720	760	670	720
Зазор между барабаном и подбарабаньем, мм	6	6	6	6
Частота вращения вентилятора, об/мин	720	730	680	700

На рисунке 4 показан процесс подсчета потерь зерна за очесывающей жаткой путем наложения за ней рамки площадью 0,25 м².



а



б

Рисунок 4 - Определение потерь за очесывающей жаткой «Эффекта» (а), поле после прохода очесывающей жатки (б)

Результаты определения потерь зерна, его травмирования и дробления приведены в таблице 4.

Таблица 4 - Показатели травмирования и дробления зерна при уборке озимой пшеницы сорта «Жаворонок» комбайном «Acros 550»

Скорость движения агрегата, км/ч	Дробление зерна, %	Травмирование зерна, %	Потери за жаткой, %	Общие потери за комбайном, %
Комбайн «Acros 550» с жаткой сплошного среза - 7 м				
2,2	1,6	49,7	0,3	1,7
4,4	2,2	59,7	0,3	2,2
Комбайн «Acros 550» с очесывающей жаткой «Эффекта» - 7,2 м				
4,1	2,0	58,7	0,8	1,6
8,2	2,4	60,3	1,0	2,1

Как видно из данных таблицы 4, при номинальном режиме работы комбайна общие потери зерна за комбайном не превышают допустимое значение 2,0%. Потери за очесывающей жаткой выше в 2,6 раза, чем при уборке зерна жаткой сплошного среза. Потери за молотильным устройством при использовании жатки сплошного среза выше в 1,75 раза. Это согласуется с данными [1, 2]. При увеличении скорости количество дробленого зерна и потерь за жаткой и общих потерь резко увеличивается и превышает регламентированные значения.

С помощью критерия НСР0.05 (наименьшей существенной разности), проведем оценку значимости разности между средними полученными значениями травмирования и дробления зерна в указанных условиях. В таблице 5 приведены результаты сравнительного расчета.

Таблица 5 - Значения НСР0.05 для показателей травмирования и дробления зерна

Взаимодействие факторов	НСР 0.05	Абсолютная разница между средними, Н	Наличие/отсутствие существенной разницы средних значений
Травмирование зерна			
Очес 1 режим – Очес 2 режим	7,9	1,7	отсутствие
Сплошной 1 режим – сплошной 2 режим	10,5	10,0	отсутствие
Сплошной 1 режим – Очес 1 режим	8,9	9,0	наличие
сплошной 2 режим – Очес 2 режим	4,6	0,7	отсутствие
Дробление зерна			
Очес 1 режим – Очес 2 режим	0,19	0,4	наличие
Сплошной 1 режим – сплошной 2 режим	0,22	0,4	наличие
Сплошной 1 режим – Очес 1 режим	0,22	0,07	отсутствие
сплошной 2 режим – Очес 2 режим	0,19	0,1	отсутствие

Как видно из таблицы 5, по показателю травмирования зерна существенно отличаются только значения, полученные при работе комбайна с очесывающей жаткой и с жаткой сплошного среза при номинальном режиме работы. Травмирование при использовании очесывающей жатки возросло на 9,0%. На всех остальных режимах работы травмирование зерна существенно не отличается. Увеличение скорости комбайна не приводит к значительному росту травмирования при уборке озимой пшеницы сорта «Жаворонок».

Для показателя «дробление зерна» (таблица 5) существенная разница наблюдается при изменении скорости движения комбайна, но не зависит от типа используемой жатки. Дробление зерна увеличивается при использовании обеих жаток.

Выводы. В результате проведенных исследований по уборке озимой пшеницы очесывающей жаткой «Эффекта» и жаткой сплошного среза, установили наличие существенной разницы в показателе «травмирование зерна» при работе комбайна в номинальном режиме работы молотильного

устройства. При использовании очесывающей жатки значение травмирования зерна возрастало на 9 %. При работе комбайна с очесывающей жаткой травмирование составило 58,7% и 60,3% при работе на номинальном и двукратно превышающем его режиме работы. Дробление – 2,0% и 2,3%, а потери 1,6% и 2,1% соответственно.

Травмирование при работе комбайна с жаткой сплошного среза составило 49,7% и 59,7% соответственно на номинальном и двукратно его превышающем режиме работы. Дробление – 1,6% и 2,2%, а потери 1,7% и 2,2% соответственно. Дробление зерна не коррелирует с типом используемого адаптера для комбайна «Acros 550» при уборке озимой пшеницы сорта «Жаворонок» в условиях уборки 2024 г. При этом, использование очесывающей жатки может привести к повышению травмирования зерна. Следует отметить, что травмирование зерна находится на высоком уровне уже на номинальном режиме работы комбайна и не значительно растет даже при увеличении подачи вдвое.

Несмотря на увеличение производительности комбайна при использовании очесывающей жатки, травмируемость и дробление зерна пшеницы увеличивается, и, как следствие, ухудшает качество собранного урожая. Для повышения производительности современной зерноуборочной техники и снижения негативного воздействия рабочих органов на качество зерна, необходимо разработать принципиально новые подходы в уборке зерновых колосовых культур, основанных на бесконтактном выделении зерна из колоса за счет резонансного воздействия на колос и саму зерновку. Ранее уже были предпосылки создания агрегата для уборки зерновых колосовых культур методом очеса. При уборке зерна таким агрегатом зерновой ворох имеет высокую долю сорной примеси – 20-30%, в результате чего необходимо очищать полученный урожай на стационаре. Это ведет к дополнительным затратам, и, чтобы их избежать, необходимо теоретически рассчитать и

смоделировать новую конструкцию агрегата, которая будет осуществлять не только уборку и обмолот зерна, но и его очистку. Результаты данных исследований будут опубликованы в последующих научных работах.

Благодарности. Работа проведена в рамках выполнения проекта "Разработка новой технологии дифференцированной уборки зерновых колосовых культур" (FZNE-2024-0014).

Литература

1. Лачуга Ю. Ф. и др. Адаптация устройств обмолота к физико-механическим характеристикам убираемых культур. Российская сельскохозяйственная наука. 2020. № 1. С. 72-75. DOI 10.31857/S2500-2627-2020-1-72-75.

2. Mkrtchyan S.R. et al. Stripping headers: state and development prospects. Agricultural machines and technologies. 2013. 4:18-21.

References

1. Lachuga Ju. F. i dr. Adaptacija ustrojstv obmolota k fiziko-mehaničeskim harakteristikam ubiraemyh kul'tur. Rossijskaja sel'skohozjajstvennaja nauka. 2020. № 1. S. 72-75. DOI 10.31857/S2500-2627-2020-1-72-75.

2. Mkrtchyan S.R. et al. Stripping headers: state and development prospects. Agricultural machines and technologies. 2013. 4:18-21.