

# АНАЛИЗ КАЧЕСТВЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАБОТЫ ЗЕРНОУБОРОЧНЫХ КОМБАЙНОВ С РАЗЛИЧНЫМИ КОНСТРУКЦИЯМИ МОЛОТИЛЬНО-СЕПАРИРУЮЩИХ УСТРОЙСТВ

## ANALYSIS OF QUALITATIVE INDICATORS OF THE OPERATION OF COMBINE HARVESTERS WITH VARIOUS DESIGNS OF THRESHING-SEPARATING DEVICES

**Г.Г. МАСЛОВ**, д.т.н.  
**Б.Ю. МАРТЫНОВ**  
**А.В. БЕЛЯЕВ**

Кубанский государственный аграрный университет  
имени И.Т. Трубилина, Краснодар, Россия,  
belyaev.96@mail.ru

**G.G. MASLOV**, DSc in Engineering  
**B.YU. MARTYNOV**  
**A.V. BELYAEV**

Kuban State Agrarian University, Krasnodar, Russia,  
belyaev.96@mail.ru

Проанализированы результаты исследований качественных показателей работы трех марок зерноуборочных комбайнов с различными конструкциями молотильно-сепарирующих устройств: билльного типа (Дон-1500Б), билльного с ускорителем (Tucano 480) и роторного (TORUM-740). Цель исследования – выявить лучшую конструкцию молотильно-сепарирующих устройств, обеспечивающую повышение производительности комбайна, качество работы, снижение затрат и потерь урожая. Актуальность решаемой задачи в современных рыночных условиях определяется снижением спроса на российское зерно, которое реализуется за рубежом на уровне 4–5-го класса, а также необходимостью снижения затрат на технологический процесс и потерь урожая. При проведении исследования использовались теоретические и экспериментальные методы, основанные на применении основных положений теории сельскохозяйственных машин и методов измерений, регламентируемых нормативной документацией. Приведены результаты теоретических исследований по определению зависимости потерь урожая зерна озимой пшеницы от производительности зерноуборочного комбайна TORUM-740 за час основного времени. Обоснована стоимость косвенных потерь урожая (от макро- и микроповреждения зерна озимой пшеницы сорта Ольхон) различными конструкциями молотильно-сепарирующих устройств. Представлены результаты лабораторных исследований технологических качеств зерна: стекловидность, содержание протеина и сырой клейковины после уборочного дозревания, а также всхожесть семян. Представлены результаты испытаний комбайнов по удельным показателям производительности, расходу топлива, энергоёмкости и себестоимости зерна. Сделан вывод о том, что из применяемых в опыте самоходных зерноуборочных комбайнов на уборке зимой пшеницы сорта Ольхон селекции Краснодарского НИИСХ им. П.П. Лукьяненко наилучшие эксплуатационно-экономические показатели и технологические свойства полученного зерна обеспечил комбайн TORUM-740.

**Ключевые слова:** качество зерна, комбайн, молотильно-сепарирующее устройство, урожай, потери, затраты.

The results of research on the qualitative performance of three types of combine harvesters with various designs of threshing-separating devices: the slashing type (Don-1500B), the slashing type with the accelerator (Tucano 480) and the rotor type (TORUM-740) are analyzed. The aim of the research is to reveal the best design of threshing-separating devices, which ensures the increase of combine productivity, quality of work, reduction of costs and crop losses. The urgency of the task under current market conditions is determined by the decrease in demand for Russian grain, which is sold abroad at the level of 4–5 class, and also by the need to reduce costs for the technological process and crop losses. During the research, theoretical and experimental methods were used, based on the application of the main provisions of the theory of agricultural machines and measurement methods, regulated by specific documentation. The results of theoretical studies on the determination of the dependence of the loss of the grain yield of winter wheat on the productivity of the combine harvester TORUM-740 per hour of the main time are presented. The cost of indirect losses of harvest (from macro- and micro damage to the grain of winter wheat of Olkhon type) is substantiated by various designs of threshing-separating devices. The results of laboratory studies of technological qualities of grain are presented: vitreousness, protein and raw gluten content after harvest ripening, as well as seed germination. The results of tests of combines on specific performance indicators, fuel consumption, energy intensity and grain cost are presented. It is concluded that from the self-propelled combine harvesters used in harvesting winter wheat of Olkhon type of Krasnodar Research Institute of Agriculture named after P. Lukyanenko the best operational and economic parameters and technological properties of the received grain were ensured by TORUM-740 combine.

**Keywords:** grain quality, harvester, threshing-separating device, crop, losses, costs.

## Введение

Современное производство зерна должно быть ориентировано на получение высококачественной продукции с наименьшими затратами. Особенно это относится к озимой пшенице, которая реализуется за рубежом на уровне 4–5-го класса [1], и спрос на которую снижается [2]. Получение высококачественного зерна пшеницы, конечно же, в первую очередь, определяется сортовым составом, соблюдением системы земледелия [3], но немаловажное значение имеет и зерноуборочная техника, в частности конструкция молотильно-сепарирующих устройств (МСУ).

## Цель исследования

Целью исследования является выявление лучшей конструкции МСУ, обеспечивающей повышение производительности комбайна, качество работы, снижение затрат и потерь урожая.

## Материалы и методы исследования

При проведении исследования использовались теоретические и экспериментальные методы, основанные на применении теории сельскохозяйственных машин и методов измерений в соответствии с действующими ГОСТ и лабораторным оборудованием (лабораторные весы ВЛТК-500, влагомер, пробоотборник, дифаноскоп, инфракрасный анализатор «Инфралюм ФТ-10»). Зависимости потерь зерна за комбайном от его производительности получены на основании аппроксимации опытных данных на уборке озимой пшеницы сорта Ольхон с урожайностью 7,2 т/га.

## Результаты исследований и их обсуждение

Для выполнения поставленной цели в 2017 г. нами изучались качественные показатели работы трех конструкций МСУ: бильное (на комбайне Дон-1500Б), бильное с ускорителем (на комбайне Тусано-480) и роторное с вращающейся декой (на комбайне TORUM-740). Исследования выполнены в учхозе «Кубань» КубГАУ на уборке озимой пшеницы сорта Ольхон при уровне урожайности зерна 7,2 т/га. Выбранный участок имел типичные условия уборки: высота растений пшеницы – 75 см, густота стояния – 753 шт/м<sup>2</sup>, влажность зерна – 12,5 %, влажность соломы – 30 %, высота среза на прямом комбайнировании – 15 см, количество

зерен, осыпавшихся до уборки, – 5 шт/м<sup>2</sup>, полеглость стеблей отсутствовала, засоренность – слабая. Рабочая ширина захвата жатки комбайна TORUM составила 6,65 м, Тусано – 7,13 м, Дон – 5,7 м. Рабочая скорость движения, соответственно, – 7,2 км/ч, 5,2 и 4,5 км/ч. Результирующие показатели по трем комбайнам приведены на рис. 1. Обращает внимание высокая эффективность комбайна TORUM-740 с роторным МСУ (рис. 1). Дробление зерна ровно в 10 раз ниже Дона и более чем 10 раз ниже Тусано-480. Существенно ниже у TORUM микроповреждение зерна (17,2 %) и общие потери (1,85 %).

Зерноуборочный комбайн Дон-1500Б имеет самую низкую себестоимость зерна (448,1 руб./т) по сравнению с аналогами, особенно по сравнению с Тусано-480 из-за его высокой балансовой стоимости. По всем остальным показателям Дон-1500Б уступает Тусано-480 и тем более TORUM-740. Предварительная сепарация зерна до обмолота под ускорителем у Тусано-480 способствовала снижению микроповреждения зерна на 5 % (рис. 1).

Высокая урожайность зерна, оптимальная рабочая скорость движения, ширина захвата жатки и состояние хлебостоя обеспечили высокую производительность различных конструкций МСУ по намолоту (рис. 1): у TORUM – 34,5 т/ч, у Тусано – 26,7 т/ч и у Дона – 17,6 т/ч. Такая производительность повлияла на удельные эксплуатационные показатели работы комбайнов: расход топлива, энергоемкость, себестоимость зерна.

По всем этим показателям комбайн TORUM-740 имел ощутимое преимущество, уступая только по себестоимости зерна Дону. Учитывая большие преимущества отечественного комбайна TORUM-740, его можно рекомендовать для технического переоснащения сельхозпредприятий. Следует ожидать, что и его новые модификации TORUM-750 и 780 не хуже предшественника.

На основе аппроксимации полученных опытных данных по производительности комбайна TORUM-740 и потерям зерна за комбайном установлена их зависимость (рис. 2). Полученное уравнение (рис. 2) адекватно описывает зависимость потерь зерна за комбайном TORUM-740 от изменения его производительности.

Важно также установить стоимость потерь урожая от величины его макро- и микроповреждений.



Дробление зерна, %		
3,7	4,46	0,37
Микрповреждение, %		
28,5	23,5	17,2
Общие потери, %		
2,2	3,35	1,85
Производительность комбайна, т/ч		
17,6	26,7	34,5
Удельный расход топлива, кг/т		
1,75	1,6	1,38
Удельная энергоёмкость, МДж/т		
9,83	9,78	8,52
Себестоимость зерна, руб/т		
448,1	1037,4	622,02
Всхожесть семян, %		
94	91,8	96,1

Рис. 1. Качество работы различных МСУ  
(2017 г., сорт пшеницы Ольхон, урожайность  $U = 72$  ц/га, учхоз «Кубань» КГАУ)

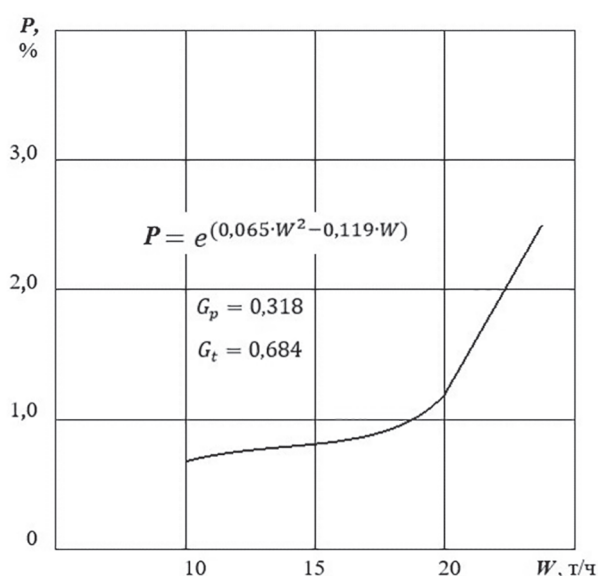


Рис. 2. Зависимость потерь зерна от производительности комбайна TORUM-740:  
 $P$  – потери зерна, %;  $W$  – производительность комбайна, т/ч;  $e$  – основание натурального логарифма;  $G_p$  и  $G_t$  – соответственно, расчетные и табличные значения критерия Кохрена

Нами предлагается методика оценки экономической эффективности от снижения механических повреждений зерна комбайном (макро- и микрповреждения). Прежде рассмотрим принятые допущения в расчетах. Согласно исследованиям КубНИИТиМ, к потерям зерна за комбайном добавляются еще потери от дробления и распыла, которые составляют около 20 %, а потери от микрповреждений зерна – 10 кг/га на каждый процент микрповреждений [4, 5].

С учетом изложенного получена зависимость стоимости потерь зерна при комбайновой уборке от его урожайности  $U$ , закупочной цены  $Z$  на зерно, величин дробления  $D_p$  комбайном и микрповреждений  $M_{\Pi}$ :

$$C_{\Pi}^i = ZU(0,012 D_p + 0,0001 M_{\Pi}),$$

где  $C_{\Pi}^i$  – стоимость потерь зерна от механических повреждений комбайнами по  $i$ -му варианту технологии, руб./га;  $Z$  – закупочная цена, руб./т;  $U$  – урожайность убираемого зерна,

т/га;  $D_p$  – дробление зерна при уборке, %;  $M_n$  – микроповреждения зерна при уборке, %.

Экономическая эффективность предлагаемой новой машины (технологии), т.е.  $i$ -го варианта, определится разницей стоимости потерь урожая от травмирования сравниваемыми машинами:

$$\mathcal{E}_i = C_{n1} - C_{n2},$$

где  $\mathcal{E}_i$  – экономический эффект от снижения потерь урожая за счет снижения механических повреждений зерна комбайном, руб./га;  $C_{n1}$ ,  $C_{n2}$  – стоимость потерь зерна от механических повреждений, соответственно, по 1-му и 2-му вариантам применяемых машин, руб/га.

Таким образом, по результатам сравнительных испытаний различных конструкций комбайнов на уборке зерна, зная величину урожайности, закупочную цену, дробление и микроповреждения зерна, легко можно определить эффективность предлагаемого варианта от снижения механических потерь зерна.

## Выводы

1. На основании исследования трех конструктивных схем МСУ на уборке высокоурожайного сорта озимой пшеницы Ольхон лучшие качественные и эксплуатационно-технологические показатели обеспечила роторная модификация. На зерноуборочном комбайне TORUM-740 с роторным МСУ получена производительность 34,5 т за 1 час основного времени при расходе топлива 1,4 кг/т, энергоемкости 9,8 кВт-ч/т и себестоимости обмолота 622 руб./т.

2. Схема бильного МСУ с ускорителем (комбайн Tuscano-480) снижает на 5 % микроповреждение зерна по сравнению с Дон-1500Б, но значительно уступает роторному комбайну TORUM-740, который является более предпочтительным по качеству работы и снижению затрат на уборку урожая.

*Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ и Администрации Краснодарского края по научному проекту № 16-48-230386.*

## Литература

1. Краснощек Н.В. Инновационное развитие сельскохозяйственного производства России. М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2009. 388 с.
2. Российское зерно мало востребовано на мировом рынке // Главный агроном. 2009. № 11. С. 4.
3. Система земледелия Краснодарского края на агроландшафтной основе. Краснодар, 2015. 352 с.
4. Пугачев А.Н. Пути снижения потерь зерна при уборке урожая. М.: Колос, 1989. 389 с.
5. Маслов Г.Г., Золотарев А.С., Мартынов Б.Ю. Эффективность многофункциональных агрегатов на уборке зерна // Сб. статей международной науч.-практ. конференции 08.04.2017 г. Казань. Уфа, НИЦ «АЭТЭРНА», 2017. Вып. 5. Ч. 4. С. 63–65.

## References

1. Krasnoshchekov N.V. Innovatsionnoe razvitiye sel'skokhozyaystvennogo proizvodstva Rossii [Innovative development of agricultural production in Russia]. Moscow: FGNU «Rosinformagrotekh» Publ., 2009. 388 p.
2. Russian grain is not in high demand on the world market. Glavnyy agronom. 2009. No 11, pp. 4. (in Russ.)
3. Sistema zemledeliya Krasnodarskogo kraya na agrolandshaftnoy osnove [The system of agriculture of the Krasnodar Territory on agro-landscaping basis]. Krasnodar, 2015. 352 p.
4. Pugachev A.N. Puti snizheniya poter' zerna pri uborke urozhaya [Ways to reduce grain losses during harvesting. Moscow: Kolos Publ., 1989. 389 p.
5. Maslov G.G., Zolotarev A.S., Martynov B.Yu. Effectiveness of multifunctional aggregates on grain harvesting. Sb. statey mezhdunarodnoy nauch.-prakt. konferentsii 08.04.2017 g. [Collection of articles of international scientific-practical conference] Kazan'. Ufa, NITs «AETERNA» Publ., 2017. Vyp. 5. Ch. 4, pp. 63–65 (in Russ.).