

## Экономическое обоснование уборки зерновых культур ранних фаз спелости очесом и приготовления корма из необмолоченного вороха

С. В. Брагинец<sup>1,2</sup>, О. Н. Бахчевников<sup>1</sup>✉, Д. В. Рудой<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Аграрный научный центр «Донской», Зерноград, Россия

<sup>2</sup> Донской государственный технический университет, Ростов-на-Дону, Россия

✉ E-mail: oleg-b@list.ru

**Аннотация.** Уборка зерновых очесом позволяет организовать отдельную уборку зерна на корм в ранние сроки и на продовольственные цели в фазу полной спелости. **Цель.** Экономическое обоснование совокупно технологии уборки очесом без обмолота зерновых культур ранних фаз спелости и технологии приготовления из необмолоченного вороха и добавок гранулированного корма для рыб. **Методы.** Экономическую оценку технологии уборки озимой пшеницы очесом в ранние фазы спелости без обмолота и ее переработки в корм выполняли способом сравнения эксплуатационных и приведенных затрат на выполнение совокупности технологических операций. **Научная новизна** заключается в совместной оценке экономической эффективности технологий уборки и переработки зерновых культур. **Результаты.** Себестоимость уборки зерновых культур очесом без обмолота и разделения вороха в 2,65 раза ниже, чем при использовании технологии уборки очесом с комбайновым обмолотом и разделением вороха. Себестоимости приготовления гранулированного корма для рыб согласно традиционной (из зерна) и новой (из зернового вороха) технологиям почти одинаковы. Но суммарная себестоимость выполнения технологических операций уборки очесом без обмолота и производства гранулированного корма из необмолоченных колосьев, согласно предлагаемой технологии, на 24,3 % меньше, чем при традиционной технологии уборки очесом с обмолотом и приготовления корма из зерна. Включение в состав корма незерновой части колосьев ранней спелости позволит повысить количество получаемого при уборке сырья на 20–30 %. Предлагаемые технологии экономически эффективны для сельскохозяйственных предприятий юга России.

**Ключевые слова:** пшеница, уборка очесом, колосья, ранние фазы спелости, гранулированный корм, экономическая эффективность, себестоимость корма.

**Для цитирования:** Брагинец С. В., Бахчевников О. Н., Рудой Д. В. Экономическое обоснование уборки зерновых культур ранних фаз спелости очесом и приготовления корма из необмолоченного вороха // Аграрный вестник Урала. 2024. Т. 24, № 01. С. 128–138. DOI: 10.32417/1997-4868-2024-24-01-128-138.

**Дата поступления статьи:** 03.07.2023, **дата рецензирования:** 12.07.2023, **дата принятия:** 01.08.2023.

## Economic justification of harvesting cereal crops of early ripeness phases by stripping and preparing feed from unthreshed ears

S. V. Braginetz<sup>1,2</sup>, O. N. Bakhchevnikov<sup>1</sup>✉, D. V. Rudoy<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Agricultural Research Centre “Donskoy”, Zernograd, Russia

<sup>2</sup> Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russia

✉ E-mail: oleg-b@list.ru

**Abstract.** The stripping of grain allows organizing the separate harvesting of grain for feed in early phases and for food purposes in the phase of full ripeness. **Purpose.** To carry out the economic justification of the technology

of harvesting early ripening grains by stripping without threshing and the technology of preparing pelleted fish feed for fish from unthreshed ears and additives. **Methods.** Economical estimation of the technology of winter wheat harvesting by stripping in early phases of ripeness without threshing and its processing into feed has been carried out by comparing operational and indicated expenses of the total technological operations. **Scientific novelty** lies in the joint estimation of the economic efficiency of technologies of harvesting and processing of grain crops. **Results.** The prime cost of harvesting cereals without threshing and separation is 2.65 times lower than that of the harvesting technology with combine threshing and separation. The cost of performing operations under the traditional (from grain) and the new (from ears) technologies of pelleted fish feed production is almost equal. However, the total cost of technological operations of harvesting grain without threshing and preparation of pelleted feed from unthreshed ears using the new technology is 24.3 % lower than that of traditional technology of harvesting with threshing and preparation of feed from grain. The use of non-grain part of ears of early ripeness in the composition of feed will increase the amount of raw material from hectare of sown area by 20–30 %. The proposed technologies is cost-effective and promising for implementation in the agricultural enterprises of southern Russia.

**Keywords:** wheat, stripping harvesting, ears, early phases of ripeness, pelleted feed, economic efficiency, feed cost.

**For citation:** Braginets S. V., Bakhchevnikov O. N., Rudoy D. V. Ekonomicheskoe obosnovanie uborki zernovykh kul'tur rannikh faz spelosti ochesom i prigotovleniya korma iz neobmolochennogo vorokha [Economic justification of harvesting cereal crops of early ripeness phases by stripping and preparing feed from unthreshed ears] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2024. Vol. 24, No. 01. Pp. 128–138. DOI: 10.32417/1997-4868-2024-24-01-128-138. (In Russian.)

**Date of paper submission:** 03.07.2023, **date of review:** 12.07.2023, **date of acceptance:** 01.08.2023.

### Постановка проблемы (Introduction)

Для условий России необходимо решить задачу увеличения питательной ценности кормов для всеядных прудовых рыб (каarp и др.), особенно повышения содержания белка. Решение этой проблемы путем включения в состав кормов белковых добавок значительно повышает их себестоимость [1]. Поэтому возникла необходимость создать технологии, увеличивающие содержание белка в корме для рыб путем максимального использования возможностей местного растительного сырья [2].

Главным видом сырья для кормов в прудовой аквакультуре России является фуражное зерно, особенно зерно пшеницы. Но, собранное в фазе полной спелости, оно включает лишь 10–12 % белка, что недостаточно для удовлетворения потребностей животных [3]. Но это же зерно ранних фаз спелости имеет более высокое содержание белка. В частности, зерно пшеницы восковой спелости включает 12,5 % белка против 11 % в зерне полной спелости [3].

Но зерно предпочитают убирать в фазу полной спелости исходя из его пригодности к комбайновой уборке, низкой влажности и лучшей сохранности при послеуборочной обработке и хранении, теряя при этом ценные питательные вещества. Причиной является тот факт, что, хотя зерно ранних фаз спелости и содержит больше питательных веществ и более пригодно для использования в составе кормов, но техника и технологии, имеющиеся в распоряжении типичного хозяйства, не позволяют убрать и сохранить такое зерно без значительных потерь.

Помимо зерна, еще одним потенциальным источником нутриентов является незерновая часть

колосьев пшеницы, включающая при полной спелости 2 % жира и 5 % протеина, а при ранней спелости – еще больше [4]. Но традиционная технология комбайновой уборки не включает операции сбора и накопления незерновой части колоса для включения в состав корма, что требует разработки новых технологических решений.

Перечисленные выше соображения привели к появлению предложения о раздельной уборке зерновых на продовольственные и кормовые цели и ее предварительному экономическому обоснованию, показавшему перспективность использования такой технологии [5; 6]. Но отсутствие в распоряжении сельхозпредприятий технических средств, позволяющих эффективно реализовать уборку влажного зерна ранней спелости, делало эту возможность умозрительной.

В последние годы все более широко применяется новая технология уборки зерновых колосовых культур очесом, реализуемая посредством использования очесывающих жаток [7]. В результате их действия колосья зерновых культур счесываются со стеблей, т. е. в молотильное устройство комбайна поступает как зерно, так и незерновая часть колоса [8].

Но обмолот колосьев зерновых культур, имеющих в фазе молочной и тестообразной спелости высокую влажность, значительно затруднен. Поэтому зерно ранней спелости целесообразно убирать очесом без обмолота и сепарации вороха.

Возможность этого создает применение технологии, при которой очесанные жаткой колосья собирают в накопителе, перегружают в транспортное средство, а затем доставляют для обмолота и разделения зернового вороха на стационар [9] (рис. 1).



*Рис. 1. Уборка озимой пшеницы прицепной очесывающей жаткой с загрузкой необмолоченного зернового вороха в транспортное средство*

*Источник: фото сотрудника Аграрного научного центра «Донской»*

*Fig. 1. Harvesting winter wheat with a trailed stripping header with loading of unthreshed ears on a vehicle*

*Source: Photo of an employee of Agricultural Research Centre "Donskoy"*

Эта технология для уборки зерна полной спелости была предложена в работах А. И. Бурьянова [9; 10] и экономически обоснована И. Б. Беренштейном [11; 12]. Ее применение увеличивает производительность на 65,6 %, сокращает расход топлива на 39 %, длительность уборки уменьшается на 65 % [13].

Если исключить из нее операции обмолота и сепарации зерна, то эту технологию можно применить для уборки колосьев ранней спелости. Такая технология уборки позволит получить сырье для кормов с более высоким содержанием белка и жиров, дополнительно увеличив его благодаря использованию незерновой части колоса.

Помимо возможности заготовки корма с повышенным содержанием питательных веществ, технология уборки зерновых очесом в ранние фазы спелости позволяет сократить нагрузку на комбайновый парк хозяйства в период уборки продовольственного и семенного зерна полной спелости, что позволит выполнить ее в более сжатые сроки, сократив тем самым потери от осыпания зерен и снижения их качества при перестое [3; 13]. Кроме того, зерно на ранних стадиях спелости гораздо меньше склонно к осыпанию, чем полностью созревшее, поэтому его уборка на этой стадии еще более снизит потери [6, 14].

Традиционная технология переработки фуражного зерна в корм для всеядных рыб, состоящая в его измельчении, смешивании с добавками и гранулировании, непригодна для переработки необмолоченных колосьев ранней спелости. Препятствует эффективной обработке убранных в ранние сроки

зернового вороха его высокая влажность – 35–80 %. Поэтому необходимо предварительно снизить его влажность до 20–30 %. На юге России в летних условиях зерновой ворох легко может быть высушен до нужной кондиции атмосферной сушкой с возможностью его интенсификации путем использования сушильной установки барабанного типа.

Для обеспечения длительной сохранности в зимний период и удобства хранения полученный корм из неразделенного зернового вороха рационально подвергнуть сухому гранулированию [15], в итоге гранулы корма будут иметь стандартную влажность 12–18 % [16; 17].

Вышеизложенные положения позволили создать технологию приготовления корма из убранных очесом в ранние фазы спелости необмолоченного зернового вороха. Так как совместно эти технологии уборки и приготовления корма ранее не применяли, то целесообразно предварительно оценить их потенциальную экономическую эффективность.

Цель исследования – экономическое обоснование совокупно технологии уборки очесом без обмолота зерновых культур ранних фаз спелости и технологии приготовления из необмолоченного вороха гранулированного корма для рыб.

#### **Методология и методы исследования (Methods)**

Совместную оценку экономической эффективности технологий уборки озимой пшеницы ранней спелости очесом без обмолота колосьев и ее переработки в корм для рыб выполняли способом сравнения приведенных затрат на выполнение со-

ставляющих их технологических операций [18]. Экономическую эффективность новых технологий сравнивали с показателями традиционных технологий уборки пшеницы и приготовления из ее зерна корма. Критерием сравнения в настоящем исследовании являлась пооперационная и суммарная себестоимость (приведенные затраты) осуществления технологических операций. Расчет приведенных затрат выполнили по общепринятой методике на базе данных, полученных при уборке пшеницы очесом с обмолотом и без него в Аграрном научном центре «Донской» (Ростовская область). Урожайность пшеницы принята в размере 5 т/га. При оценке технологий уборки учитывали потери зерна в процессе работы жатки и от самоосыпания. Расчет потерь зерна при комбайновой уборке был выполнен по методике А. А. Сухарева и Н. Г. Игнатьевой [19] с использованием данных А. И. Ряднова [20].

При расчете экономической эффективности уборки пшеницы очесом использованы методические приемы и фактические данные И. Б. Беренштейна [21; 22] и А. И. Бурьянова [8–10], а также данные, полученные в Аграрном научном центре «Донской» при уборке очесывающими жатками. Данные о себестоимости операций комбайновой уборки были получены на основе анализа расхода топлива на их выполнение.

Состав очесанного вороха пшеницы составляет (по массе): свободное зерно 60–80 %; зерно в колосьях 10–20 %; мякина 20–30 % [23; 24].

Для вычисления себестоимости исполнения технологических операций приготовления корма использовали собственные числовые данные, полученные в ходе экспериментальных исследований и производственной проверки предложенной технологии.

Особенностью данного исследования является то, что экономическую эффективность технологии уборки зерна и его переработки на корм оценивали совокупно. Сравнивали традиционную комбайно-

вую уборку зерна полной спелости очесом с обмолотом и разделением зернового вороха с последующей очисткой зерна, его дроблением, смешиванием с добавками и гранулированием и уборку очесом в ранние сроки без обмолота и разделения вороха с последующей нормализацией вороха, его сушкой, смешиванием с добавками и гранулированием.

### Результаты (Results)

В Аграрном научном центре «Донской» была разработана технология уборки зерновых культур на кормовые цели очесом в ранние сроки. В ходе ее осуществления очес пшеницы на кормовые цели осуществляется прицепной очесывающей жаткой, агрегируемой колесным трактором. Очесанный ворох сразу же выгружается в прицепной бункер-накопитель. Следующей технологической операцией является перегрузка и транспортирование очесанного вороха на стационарный пункт обработки транспортными средствами с кузовами большой емкости.

Необмолоченный зерновой ворох пшеницы перерабатывали в корм для прудовых рыб (карп) по новой технологии, включающей нижеследующие операции:

1. Нормализация (экспандирование) вороха для увеличения однородности.
2. Сушка экспандата до достижения им влажности 14–18 %.
3. Измельчение высушенного экспандата на молотковой дробилке.
4. Смешивание измельченного экспандата с добавками (3–5 %) в смесителе.
5. Гранулирование, охлаждение и сепарация гранул.

На основе данных производственной проверки уборки пшеницы очесом была вычислена сравнительная себестоимость выполнения операций согласно традиционной и новой технологиям (таблица 1, рис. 2).

Таблица 1  
Себестоимость выполнения технологических операций уборки пшеницы очесом, руб/т

Технология уборки очесом с обмолотом и сепарацией зерна (в расчете на 1 т зерна)		Технология уборки очесом без обмолота (в расчете на 1 т зернового вороха)	
Наименование операции	Себестоимость выполнения	Наименование операции	Себестоимость выполнения
Очес колосьев	105	Очес колосьев	105
Обмолот колосьев	320	–	–
Сепарация зерна	65	–	–
Выгрузка зерна в транспортное средство	10	Загрузка вороха в накопитель	12
Транспортировка зерна на ток	81	Транспортировка вороха на стационар	102
Итого	581	Итого	219

Источник: данные авторов.

Table 1  
Unit cost of technological operations of wheat harvesting by stripping, rubles per tonne

Harvesting technology by stripping with threshing and separation of grain (based on 1 ton of grain)		Harvesting technology by stripping without threshing (based on 1 tonne of ears)	
Name of operation	Cost of performing	Name of operation	Cost of performing
Stripping of ears	105	Stripping of ears	105
Threshing of ears	320	–	–
Separation	65	–	–
Grain unloading into vehicle	10	Loading the ears into the storage unit	12
Grain transportation to the threshing floor	81	Transporting the ears to the stationary	102
Total	581	Total	219

Source: authors' information.

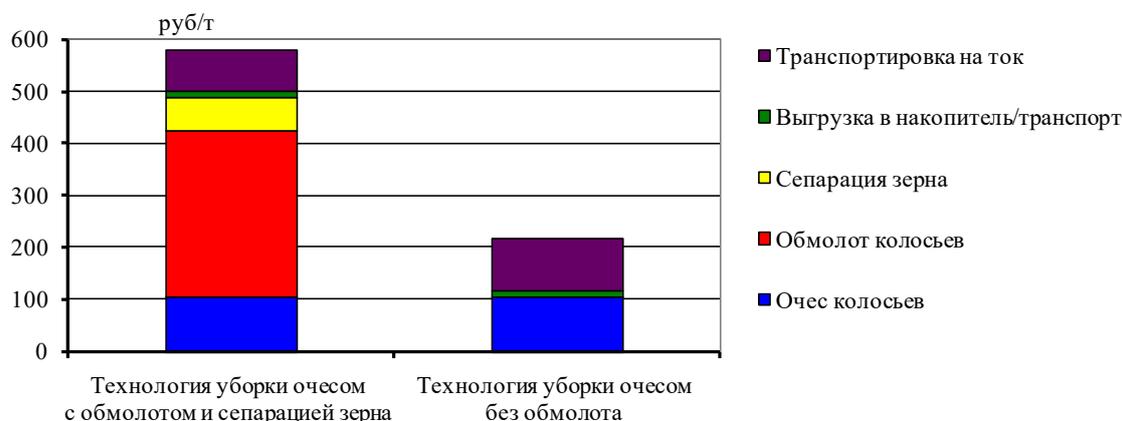


Рис. 2. Структура себестоимости выполнения технологических операций уборки зерновых очесом с обмолотом вороха и без него  
Источник: данные авторов

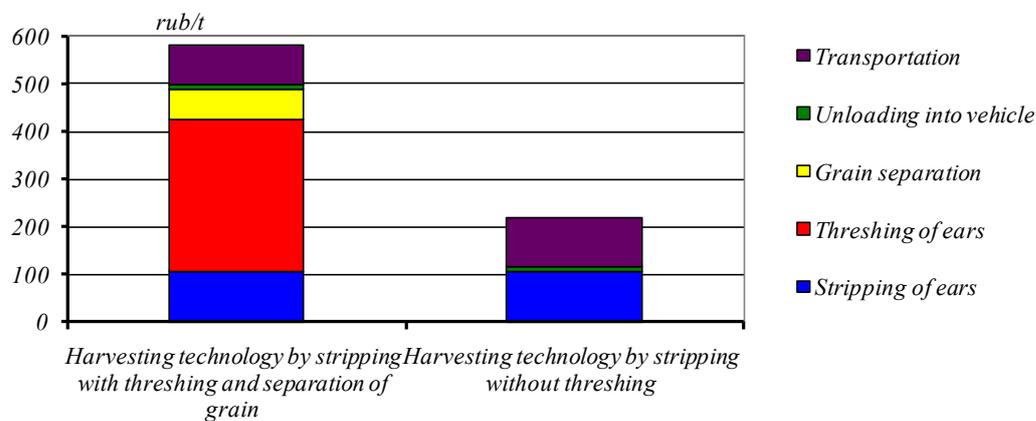


Fig. 2. Cost structure of technological operations of harvesting cereals by stripping with and without threshing  
Source: authors' information

Как показали результаты экономической оценки, себестоимость комбайновой уборки зерновых культур очесом без обмолота и разделения вороха в 2,65 раза ниже, чем при использовании технологии уборки очесом с комбайновым обмолотом и разделением вороха. Это объясняется тем, что на данные операции приходится 65 % себестоимости выполнения всей технологии комбайновой уборки. Экономический эффект от исключения из технологической схемы операций обмолота и сепарации вороха с лихвой

перекрывает негативный эффект от увеличения себестоимости транспортировки урожая на ток (стационар) вследствие превышения массы и объема необмолоченного вороха над чистым зерном.

Благодаря такому экономическому эффекту создается значительный задел для снижения себестоимости производимого из необмолоченного зернового вороха корма для рыб при одновременном увеличении его питательной ценности за счет уборки в более ранние сроки.

На основе данных, полученных в ходе производственной проверки, была вычислена себестоимость выполнения операций для традиционной (из зерна)

и новой (из необмолоченных колосьев) технологий производства гранулированного корма для рыб (таблица 2, рис. 3).

Таблица 2  
Себестоимость выполнения технологических операций производства гранулированного корма (в расчете на 1 т корма), руб/т

Технология производства корма из зерна		Технология производства корма из необмолоченных колосьев	
Наименование операции	Себестоимость выполнения	Наименование операции	Себестоимость выполнения
Очистка зерна	116	Нормализация зернового вороха (экспандирование)	133
–	–	Сушка	75
Измельчение зерна	235	Измельчение экспандата	157
Смешивание с добавками	188	Смешивание с добавками	188
Гранулирование	234	Гранулирование	234
Охлаждение гранул	64	Охлаждение гранул	64
Сепарация гранул	11	Сепарация гранул	11
Всего	848	Всего	862

Источник: данные авторов.

Table 2  
Cost of technological operations for the preparation of pelleted feed (based on 1 tonne of feed), rubles per tonne

Feed preparation technology from grain		Feed preparation technology from unthreshed ears	
Name operation	Cost of performing	Name operation	Cost of performing
Grain cleaning	116	Ears normalisation	133
–	–	Ears drying	75
Grain milling	235	Ears milling	157
Mixing of cereals and additives	188	Mixing of ears and additives	188
Pelleting	234	Pelleting	234
Pellets cooling	64	Pellets cooling	64
Pellets separation	11	Pellets separation	11
Total	848	Total	862

Source: authors' information.

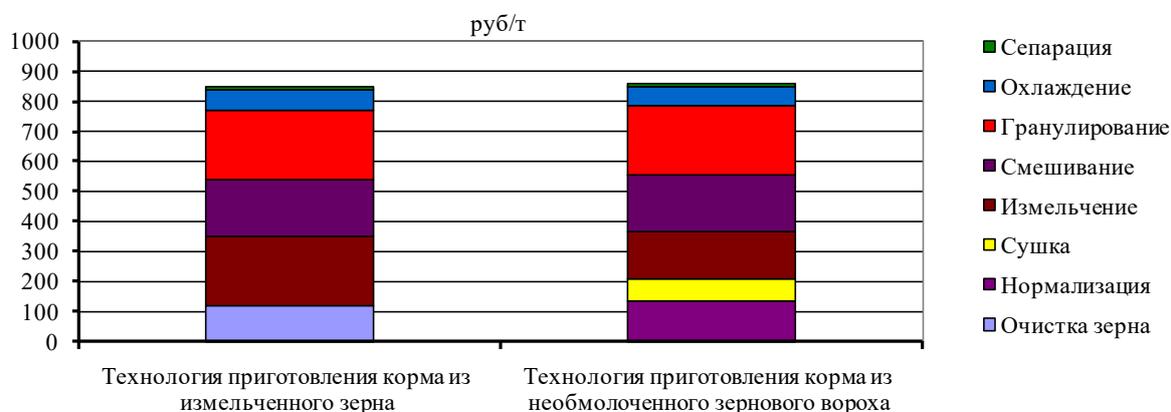


Рис. 3. Структура себестоимости выполнения технологических операций приготовления гранулированного корма на основе зерна и необмолоченного зернового вороха  
Источник: данные авторов

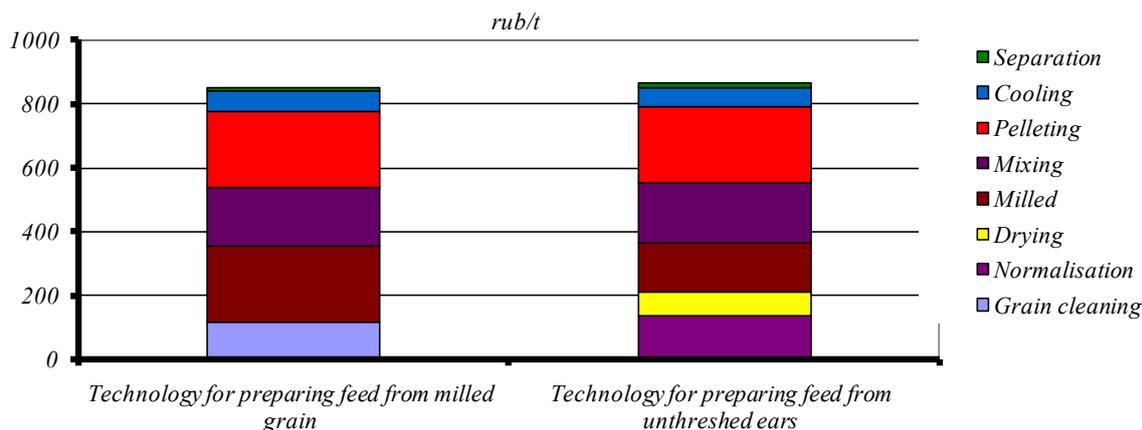


Fig. 3. Cost structure of technological operations grain pellets and unthreshed ears  
Source: authors' information

Таблица 3  
Совокупная себестоимость выполнения технологических операций уборки очесом и приготовления гранулированного корма, руб/т

Наименование технологии	Себестоимость выполнения	Наименование технологии	Себестоимость выполнения
Уборка очесом с обмолотом и сепарацией зерна	581	Уборка очесом без обмолота	219
Приготовление корма из измельченного зерна	848	Приготовление корма из необмолоченного зернового вороха	862
Итого	1429	Итого	1081

Источник: данные авторов.

Table 3  
Total cost of technological operations for harvesting by stripping and pelleted feed preparation, rubles per ton

Name operation	Cost of performing	Name operation	Cost of performing
Harvesting with stripping and threshing with grain separation	581	Harvesting with stripping without threshing	219
Feed preparation from milled grain	848	Feed preparation from unthreshed ears	862
Total	1429	Total	1081

Source: authors' information.

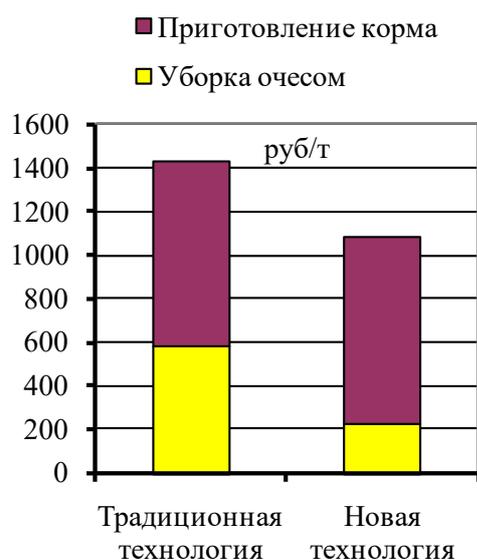


Рис. 4. Сравнение совокупной себестоимости выполнения технологических операций уборки очесом и приготовления гранулированного корма  
Источник: данные авторов

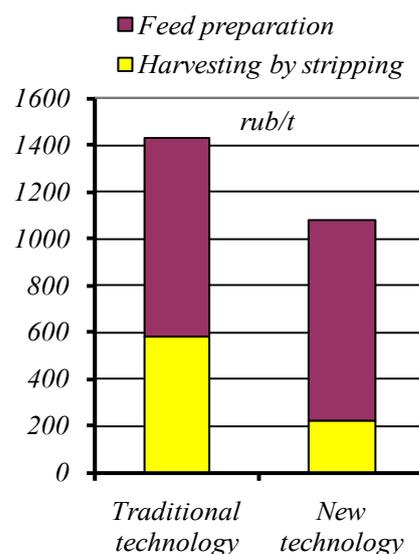


Fig. 4. Comparison of the total cost of technological operations of harvesting with stripping and making pelleted feed from wheat ears  
Source: authors' information

Полученные результаты показывают, что суммарные себестоимости исполнения операций согласно традиционной и новой технологиям приготовления гранулированного корма для рыб почти равны. Себестоимость производства корма из необмолоченных колосьев только на 1,6 % больше. Это является хорошим результатом, потому что новая технология по сравнению с традиционной более сложная и требует исполнения большего количества технологических операций, таких как нормализация (экспандирование) и сушка. Но измельчение менее прочного по сравнению со спелым зерном экспандата из необмолоченного вороха ранних фаз спелости требует меньшей продолжительности этой операции и, соответственно, меньших затрат электроэнергии, что снижает себестоимость этой технологической операции на 33 % и в итоге приводит к примерному равенству стоимости приготовления гранулированного корма для рыб по традиционной и новой технологиям.

Совокупная себестоимость выполнения операций для традиционной и новой технологий уборки очесом и приготовления гранулированного корма для прудовых рыб приведены в таблице 3 и на рис. 4.

Таким образом, совокупная себестоимость выполнения технологических операций уборки очесом и приготовления гранулированного корма для рыб по новой технологии, включающей уборку зерновых в ранние сроки очесом без обмолота и приготовления корма из необмолоченного вороха, на 24,3 % ниже, чем при традиционной технологии уборки очесом с обмолотом и приготовления корма из зерна с добавками. Благодаря меньшей себестоимости уборки пшеницы без обмолота и сепарации зерна совокупная себестоимость приготовления корма для рыб по новой технологии будет меньше, чем для традиционной. Как видим, небольшое превышение себестоимости для технологии приготовления корма из необмолоченного вороха над традиционной перекрывается значительным снижением себестоимости уборки очесом за счет отказа от обмолота и сепарации зернового вороха.

Но достоинства предлагаемой технологии уборки зерновых культур в ранние сроки и приготовления из них гранулированного корма не исчерпываются лишь снижением себестоимости выполнения технологических операций.

Уборка зерновых, в частности пшеницы, очесом в ранние сроки, когда зерно более прочно связано с колосом, приводит к довольно значительному снижению потерь зерна от осыпания. На основе данных И. Б. Беренштейна [11] и А. И. Бурьянова [20] эти возможные потери оценены нами в 0,3 т/га (при урожайности 5 т/га), т. е. в 6 % от урожая. Именно на столько увеличится количество сырья для кормов получаемого с уборочной площади.

### Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Результаты исследований показали высокую экономическую эффективность предлагаемой технологии уборки зерновых в ранние сроки очесом без обмолота и приготовления корма для прудовых рыб из необмолоченного вороха.

Уборка части посевных площадей, занимаемых зерновыми культурами, на кормовые цели в более ранние сроки позволяет снизить нагрузку на зерноуборочные комбайны в самый напряженный период при уборке продовольственного и семенного зерна полной спелости, что позволяет сократить ее сроки и снизить потери зерна от его перестоя.

Отказ от обмолота колосьев и сепарации вороха приводит к увеличению количества кормового сырья, получаемого с 1 га посевной площади. Исходя из известного факта, что содержание незерновой части в необмолоченном ворохе составляет 20–30 % по массе, итоговое количество приготовленного сельхозпредприятием корма также может быть на 20–30 % больше, чем при производстве корма из обмолоченного зерна полной спелости. Помимо этого, полученный корм имеет большую питательную ценность, так как содержит больше белка.

Но предлагаемая технология имеет естественные ограничения, сдерживающие ее применение. Во-первых, это сжатые сроки, в которые возможно убирать зерновые на ранних фазах спелости, причем они могут быть еще более сокращены из-за неблагоприятных погодных условий. А во-вторых, это ограниченные сроки для приготовления гранулированного корма из полученного сырья. Дело в том, что необмолоченный ворох ранних фаз спелости имеет меньший срок хранения, чем зерно полной спелости, а значит, и переработан он должен быть в сжатые сроки.

Тем не менее с учетом имеющихся достоинств, предлагаемая технология уборки очесом и приготовления корма для рыб из зерновых культур ранних фаз спелости является весьма перспективной для внедрения в сельхозпредприятиях.

Результаты исследования позволяют сделать вывод, что внедрение предлагаемой технологии уборки очесом и производства из необмолоченного вороха гранулированного корма позволит полностью реализовать потенциал сверххранной и ранней уборки зерновых культур методом очеса, снизив потери зерна в ходе уборки и от осыпания, и повысив питательную ценность сырья для приготовления кормов.

Себестоимость уборки зерновых культур очесом без обмолота и разделения вороха в 2,65 раза ниже, чем при использовании технологии уборки очесом с комбайновым обмолотом и разделением вороха. Себестоимости исполнения операций при традиционной (из зерна) и новой (из колосьев) технологиях приготовления гранулированного корма для рыб почти равны.

Но суммарная себестоимость выполнения операций уборки очесом без обмолота и производства гранулированного корма из необмолоченных колосьев по новой технологии на 24,3 % ниже, чем при традиционной технологии уборки очесом с обмолотом и приготовления корма из зерна. Включение

в состав корма незерновой части колосьев ранней спелости позволит повысить количество получаемого при уборке сырья на 20–30 %.

Предлагаемая технология уборки зерновых и приготовления из них корма для прудовых рыб экономически эффективна для сельскохозяйственных предприятий юга России.

#### Библиографический список

1. Kim S. W., Less J. F., Wang L., Yan T., Kiron V., Kaushik S. J., Lei X. G. Meeting global feed protein demand: challenge, opportunity, and strategy // *Annual Review of Animal Biosciences*. 2019. Vol. 7. Pp. 221–243. DOI: 10.1146/annurev-animal-030117-014838.
2. Revesz N., Biro J. Recent trends in fish feed ingredients – mini review. *Acta Agraria Kaposváriensis*. 2019. Vol. 23. No. 1. Pp. 32–47. DOI: 10.31914/aak.2286.
3. Alt D. S., Paul P. A., Lindsey A. J., Lindsey L. E. Early wheat harvest influenced grain quality and profit but not yield // *Crop, Forage & Turfgrass Management*. 2019. Vol. 5. No. 1. DOI: 10.2134/cftm2019.01.0001.
4. Брусенцов А. С., Туманова М. И., Чулаков Я. Б. К вопросу повышения эффективности уборки незерновой части урожая для приготовления грубых кормов // *Тракторы и сельхозмашины*. 2019. № 5. С. 55–60. DOI: 10.31992/0321-4443-2019-5-55-60.
5. Чемоданов С. И., Патрин П. А., Патрин В. А., Сабашкин В. А. Результаты очеса высоковлажной растительной массы пшеницы // *Сибирский вестник сельскохозяйственной науки*. 2019. Vol. 49. No. 6. С. 96–103. DOI: 10.26898/0370-8799-2019-6-11.
6. Astanakulov K. Wheat ripening dynamics in Uzbekistan for harvesting it in earlier periods // *E3S Web of Conferences*. 2021. Vol. 264. Article number 04074. DOI: 10.1051/e3sconf/202126404074.
7. Даманский Р. В., Чекусов М. С., Кем А. А., Михальцов Е. М., Шмидт А. Н. Оценка технологии уборки зерновых культур методом очеса на корню // *Вестник Омского государственного аграрного университета*. 2023. № 1. С. 145–151. DOI: 10.48136/2222-0364\_2023\_1\_145.
8. Buryanov A., Chervyakov I. Using combines for cleaning grain crops by non-traditional technologies // *INMATEH-Agricultural Engineering*. 2019. Vol. 58. No. 3. С. 27–32. DOI: 10.35633/INMATEH-59-03.
9. Бурьянов А. И., Зайцев С. Г., Червяков И. В. Способ и средства уборки зерновых культур очесом с разделением вороха на стационаре // *Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета*. 2018. № 140. DOI: 10.21515/1990-4665-140-001.
10. Alabushev A. V., Buryanov A. I., Pakhomov V. I., Kolinko A. A., Chervyakov I. V. Development of a method to control threshing process based on properties of harvested crop variety and external factors // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2020. T. 422. Article number 012005. DOI: 10.1088/1755-1315/422/1/012005.
11. Беренштейн И. Б., Шабанов Н. П. Новые возможности технологии «Невейка» при уборке зерновых культур // *Известия сельскохозяйственной науки Тавриды*. 2018. № 16. С. 52–66.
12. Беренштейн И. Б., Гончар И. В. Технично-экономическая эффективность двухфазной уборки зерновых (колосовых) культур с послеуборочной утилизацией соломы // *Известия сельскохозяйственной науки Тавриды*. 2017. № 11. С. 51–60.
13. Бершицкий Ю. И., Кастиди Ю. К. Эффективность уборки зерновых методом очеса // *Сельский механизатор*. 2022. № 1. С. 8–9.
14. Buryanov A. I., Chervyakov I. V., Kolin'ko A. A. Strength Testing of Stripping Cylinder's Tooth // *INMATEH – Agricultural Engineering*. 2021. Vol. 65. No. 3. Pp. 67–72. DOI: 10.35633/INMATEH-65-07.
15. Dujmovic M., Safran B., Jug M., Radmanovic K., Antonovic A. Biomass Pelletizing Process: A Review // *Drvna Industrija*. 2022. Vol. 73. No. 1. Pp. 99–106. DOI: 10.5552/drvind.2022.2139.
16. Schroeder B., Andretta I., Kipper M., Franceschi C. H., Remus A. Empirical modelling the quality of pelleted feed for broilers and pigs // *Animal Feed Science and Technology*. 2020. Vol. 265. Article number 114522. DOI: 10.1016/j.anifeedsci.2020.114522.
17. Blagov D. A., Gizatov A. Y., Smakuyev D. R., Kosilov V. I., Pogodaev V. A., Tamaev S. A. Overview of feed granulation technology and technical means for its implementation // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2020. Vol. 613. Article number 012018. DOI: 10.1088/1755-1315/613/1/012018.
18. Лысюк А. И., Водяников В. Т. Совершенствование методики оценки эффективности сельскохозяйственной техники // *Вестник МГАУ им. Горькина*. 2018. № 4. С. 53–58. DOI: 10.26897/1728-7936-2018-4-53-58.

19. Сухарев А. А., Игнатъева Н. Г., Янковский Н. Г. Влияние сроков и способов уборки на урожайность озимой мягкой пшеницы // *Зерновое хозяйство России*. 2014. № 4. С. 52–58.
20. Ряднов А. И., Федорова О. А., Поддубный О. И. Потери зерна от увеличения сроков уборки зерновых культур // *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование*. 2020. № 2. С. 375–384. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-02-37.
21. Беренштейн И. Б., Воложанинов С. С., Высоцкая Н. Д. Технология трехфазной комбайновой уборки пшеницы и ячменя с послеуборочной обработкой зерна и соломы // *Известия сельскохозяйственной науки Тавриды*. 2018. № 15. С. 83–96.
22. Полуэктова Н. Р., Беренштейн И. Б. Оценка экономической эффективности технологий уборки пшеницы на основании методов граничного анализа // *Известия сельскохозяйственной науки Тавриды*. 2018. № 15. С. 177–188.
23. Иванисов М. М., Марченко Д. М., Некрасов Е. И. Оценка сортов озимой мягкой пшеницы в межстанционном испытании по хозяйственно-ценным признакам // *Зерновое хозяйство России*. 2022. № 1. С. 11–16. DOI: 10.31367/2079-8725-2022-79-1-11-16
24. Иванисов М. М., Марченко Д. М., Кравченко Н. С., Копусь М. М. Изучение показателей качества современных сортов озимой пшеницы селекции ФГБНУ «АНЦ «Донской» // *Зерновое хозяйство России*. 2023. № 1. С. 35–41. DOI: 10.31367/2079-8725-2023-84-1-35-41

#### Об авторах:

Сергей Валерьевич Брагинец<sup>1,2</sup>, доктор технических наук, доцент, ORCID 0000-0001-7137-5692, AuthorID 687835; [sbraginet@mail.ru](mailto:sbraginet@mail.ru)

Олег Николаевич Бахчевников<sup>1</sup>, кандидат технических наук, старший научный сотрудник, ORCID 0000-0002-3362-5627, AuthorID 640052; +7 908 179-53-21, [oleg-b@list.ru](mailto:oleg-b@list.ru)

Дмитрий Владимирович Рудой<sup>2</sup>, кандидат технических наук, доцент, ORCID 0000-0002-1916-8570, AuthorID 625281; [spu-38@donstu.ru](mailto:spu-38@donstu.ru)

<sup>1</sup> Аграрный научный центр «Донской», Зерноград, Россия

<sup>2</sup> Донской государственный технический университет, Ростов-на-Дону, Россия

#### References

1. Kim S. W., Less J. F., Wang L., Yan T., Kiron V., Kaushik S. J., Lei X. G. Meeting global feed protein demand: challenge, opportunity, and strategy // *Annual Review of Animal Biosciences*. 2019. Vol. 7. Pp. 221–243. DOI: 10.1146/annurev-animal-030117-014838.
2. Revesz N., Biro J. Recent trends in fish feed ingredients – mini review. *Acta Agraria Kaposváriensis*. 2019. Vol. 23. No. 1. Pp. 32–47. DOI: 10.31914/aak.2286.
3. Alt D. S., Paul P. A., Lindsey A. J., Lindsey L. E. Early wheat harvest influenced grain quality and profit but not yield // *Crop, Forage & Turfgrass Management*. 2019. Vol. 5. No. 1. DOI: 10.2134/cftm2019.01.0001.
4. Brusentsov A. S., Tumanova M. I., Chulakov Ya. B. K voprosu povysheniya effektivnosti uborki nezernovoy chasti urozhaya dlya prigotovleniya grubyykh kormov [The increase of the efficiency of harvesting the non-cereal part of the crop for the preparation of roughage] // *Tractors and Agricultural Machinery*. 2019. No. 5. Pp. 55–60. DOI: 10.31992/0321-4443-2019-5-55-60. (In Russian.)
5. Chemodanov S. I., Patrin P. A., Patrin V. A., Sabashkin V. A. Rezul'taty ochesa vysokovlazhnoy rastitel'noy massy pshenitsy [The results of stripping high-moisture wheat plant mass] // *Siberian Herald of Agricultural Science*. 2011. Vol. 49. No. 6. Pp. 96–103. DOI: 10.26898/0370-8799-2019-6-11. (In Russian.)
6. Astanakulov K. Wheat ripening dynamics in Uzbekistan for harvesting it in earlier periods // *E3S Web of Conferences*. 2021. Vol. 264. Article number 04074. DOI: 10.1051/e3sconf/202126404074.
7. Damanskiy R. V., Chekusov M. S., Kem A. A., Mikhail'tsov E. M., Shmidt A. N. Otsenka tekhnologii uborki zernovykh kul'tur metodom ochesa na kornyu [Evaluation of the technology of harvesting grain crops by the method of combing the standing crops] // *Vestnik of Omsk SAU*. 2023. No. 1. Pp. 145–151. DOI: 10.48136/2222-0364\_2023\_1\_145. (In Russian.)
8. Buryanov A., Chervyakov I. Using combines for cleaning grain crops by non-traditional technologies // *INMATEH-Agricultural Engineering*. 2019. Vol. 58. No. 3. С. 27–32. DOI: 10.35633/INMATEH-59-03.
9. Bur'yanov A. I., Zaytsev S. G., Chervyakov I. V. Sposob i sredstva uborki zernovykh kul'tur ochesom s razdeleniem vorokha na stacionare [Method and means for harvesting grain crops by stripping with the division of the heap in the stationary] // *Polythematic Online Scientific Journal of Kuban State Agrarian University*. 2018. No. 140. DOI: 10.21515/1990-4665-140-001. (In Russian.)
10. Alabushev A. V., Buryanov A. I., Pakhomov V. I., Kolinko A. A., Chervyakov I. V. Development of a method to control threshing process based on properties of harvested crop variety and external factors // *IOP*

Conference Series: Earth and Environmental Science. 2020. T. 422. Article number 012005. DOI: 10.1088/1755-1315/422/1/012005.

11. Berenshteyn I. B., Shabanov N. P. Novye vozmozhnosti tekhnologii “Nevejka” pri uborke zernovykh kul'tur [New abilities of technology “neveika” while harvesting of crops] // Transactions of Taurida Agricultural Science. 2018. No. 16. Pp. 52–66. (In Russian.)

12. Berenshteyn I. B., Gonchar I. V. Tekhniko-ekonomicheskaya effektivnost' dvukhfaznoy uborki zernovykh (kolosovykh) kul'tur s posleuborochnoj utilizatsiey solomy [Technical and economic efficiency of two-phase harvesting of grain (cereal) crops post-harvest utilization of straw] // Transactions of Taurida Agricultural Science. 2017. No. 11. Pp. 51–60. (In Russian.)

13. Bershitskiy Yu. I., Kastidi Yu. K. Effektivnost' uborki zernovykh metodom ochesa [The efficiency of grain harvesting by the ochesa method] // Sel'skiy mekhanizator. 2022. No. 1. Pp. 8–9. (In Russian.)

14. Buryanov A. I., Chervyakov I. V., Kolin'ko A. A. Strength Testing of Stripping Cylinder's Tooth // INMATEH – Agricultural Engineering. 2021. Vol. 65. No. 3. Pp. 67–72. DOI: 10.35633/INMATEH-65-07.

15. Dujmovic M., Safran B., Jug M., Radmanovic K., Antonovic A. Biomass Pelletizing Process: A Review // Drvna Industrija. 2022. Vol. 73. No. 1. Pp. 99–106. DOI: 10.5552/drvind.2022.2139.

16. Schroeder B., Andretta I., Kipper M., Franceschi C. H., Remus A. Empirical modelling the quality of pelleted feed for broilers and pigs // Animal Feed Science and Technology. 2020. Vol. 265. Article number 114522. DOI: 10.1016/j.anifeedsci.2020.114522.

17. Blagov D. A., Gizatov A. Y., Smakuyev D. R., Kosilov V. I., Pogodaev V. A., Tamaev S. A. Overview of feed granulation technology and technical means for its implementation // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2020. Vol. 613. Article number 012018. DOI: 10.1088/1755-1315/613/1/012018.

18. Lysyuk A. I., Vodyannikov V. T. Sovershenstvovanie metodiki otsenki effektivnosti sel'skokhozyaystvennoy tekhniki [Improving the methodology for evaluating the efficiency of agricultural machinery] // Agroengineering. 2018. No. 4. Pp. 53–58. DOI: 10.26897/1728-7936-2018-4-53-58. (In Russian.)

19. Sukharev A. A., Ignat'yeva N. G., Yankovskiy N. G. Vliyanie srokov i sposobov uborki na urozhaynost' ozimoy myagkoy pshenitsy [Influence of terms and ways of harvesting upon mild winter wheat productivity] // Grain Economy of Russia. 2014. No. 4. Pp. 52–58. (In Russian.)

20. Ryadnov A. I., Fedorova O. A., Poddubnyy O. I. Poteri zerna ot uvelicheniya srokov uborki zernovykh kul'tur [Grain losses from increase terms of harvesting grain crops] // Izvestiya of the Lower Volga Agro-University Complex. 2020. No. 2. Pp. 375–384. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-02-37. (In Russian.)

21. Berenshteyn I. B., Volozhaninov S. S., Vysotskaya N. D. Tekhnologiya trekhfaznoy kombaynovoy uborki pshenitsy i yachmenya s posleuborochnoy obrabotkoj zerna i solomy [Technology of three-phase combine wheat and barley assembly with post-turning grain and straw processing] // Transactions of Taurida Agricultural Science. 2018. No. 15. Pp. 83–96. (In Russian.)

22. Poluektova N. R., Berenshteyn I. B. Otsenka ekonomicheskoy effektivnosti tekhnologiy uborki pshenitsy na osnovanii metodov granichnogo analiza [Estimation of economic efficiency of cleaning technology wheats based on frontier analysis] // Transactions of Taurida Agricultural Science. 2018. No. 15. Pp. 177–188. (In Russian.)

23. Ivanisov M. M., Marchenko D. M., Nekrasov E. I. Otsenka sortov ozimoy myagkoy pshenitsy v mezhshtantsionnom ispytanii po khozyaystvenno-tsennym priznakam [Estimation of winter bread wheat varieties in the inter-station testing according to economically valuable traits] // Grain Economy of Russia. 2022. No. 1. Pp. 11–16. DOI: 10.31367/2079-8725-2022-79-1-11-16. (In Russian.)

24. Ivanisov M. M., Marchenko D. M., Kravchenko N. S., Kopus' M. M. Izuchenie pokazateley kachestva sovremennykh sortov ozimoy pshenitsy selektsii FGBNU “ANTs “Donskoy” [Study of the quality indicators of modern winter wheat varieties developed by the FSBSI ARC “Donskoy”] // Grain Economy of Russia. 2023. No. 1. Pp. 35–41. DOI: 10.31367/2079-8725-2023-84-1-35-41. (In Russian.)

#### Authors' information:

Sergey V. Braginets<sup>1, 2</sup>, doctor of engineering sciences, associate professor, ORCID 0000-0001-7137-5692, AuthorID 687835; [sbraginets@mail.ru](mailto:sbraginets@mail.ru)

Oleg N. Bakhchevnikov<sup>1</sup>, candidate of engineering sciences, senior researcher, ORCID 0000-0002-3362-5627, AuthorID 640052; +7 908 179-53-21, [oleg-b@list.ru](mailto:oleg-b@list.ru)

Dmitriy V. Rudoy<sup>2</sup>, candidate of engineering sciences, associate professor, ORCID 0000-0002-1916-8570, AuthorID 625281; [spu-38@donstu.ru](mailto:spu-38@donstu.ru)

<sup>1</sup> Agricultural Research Centre “Donskoy”, Zernograd, Russia

<sup>2</sup> Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russia