

Оценка эффективности зерноуборочных комбайнов различных классов в условиях Северного Казахстана

Владимир Леонидович Астафьев¹, доктор технических наук, профессор, директор;

Эдуард Викторович Жалнин², доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник

¹Костанайский филиал ТОО «Казахский научно-исследовательский институт механизации и электрификации сельского хозяйства», г. Костанай, Республика Казахстан, e-mail: vladast01@mail.ru;

²Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, Москва, Российская Федерация, e-mail: vim@vim.ru

Решение проблемы выбора и эффективности применения той или иной зерноуборочной техники является весьма актуальным. Это обусловлено тем, что в условиях агрессивной рекламы при продаже техники со стороны ее изготовителей производителям сельскохозяйственной продукции нелегко сделать правильный выбор в пользу той или иной фирмы и марки зерноуборочного комбайна. (*Цель исследования*) Оценка эффективности зерноуборочных комбайнов различных классов в условиях Северного Казахстана с учетом погодных условий. (*Материалы и методы*) Применены технико-экономические исследования по стандартной методике с последующим анализом полученных результатов. Расчет выполнен на технологической операции прямое комбайнирование по классам 4, 5 и 6 зерноуборочных комбайнов ведущих отечественных и зарубежных фирм, оснащенных широкозахватными жатками. (*Результаты и обсуждение*) Рассчитали прямые затраты на обмолот одной тонны зерна при благоприятных условиях уборки и с учетом потерь при неблагоприятных условиях, а также комплексные затраты на обмолот одной тонны зерна с учетом того, что 30 процентов зерна убирается при благоприятных условиях уборки, а 70 процентов – при неблагоприятных. (*Выводы*) Установили, что стоимость намолота одной тонны зерна, характеризующая эффективность применения зерноуборочных комбайнов, зависит от соотношения цены и производительности комбайна, урожайности, а также условий уборочного периода. При благоприятных условиях уборки преимущества имеют зерноуборочные комбайны более низкого класса с оптимальным соотношением цена-качество. Однако из-за опасности растягивания сроков уборочных работ из-за неблагоприятных погодных условий приоритет должен отдаваться комбайнам более высокого класса.

Ключевые слова: зерноуборочные комбайны, производительность, погодные условия, стоимость одной тонны намолота.

■ **Для цитирования:** Астафьев В.Л., Жалнин Э.В. Оценка эффективности зерноуборочных комбайнов различных классов в условиях Северного Казахстана // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2018. Т. 12. №3. С. 17-21. DOI 10.22314/2073-7599-2018-12-3-17-21

Efficiency Evaluation of Grain Harvesters of Different Types under North Kazakhstan Conditions

Vladimir L. Astafyev¹,
Dr.Sc. (Eng), Professor, Director;

Eduard V. Zhalnin²,
Dr.Sc. (Eng), Professor, Key Research Engineer

¹Kostanay Branch of LLP “Kazakh Scientific Research Institute of Farm Mechanization and Electrification”, Kostanay, Kazakhstan, e-mail: vladast01@mail.ru;

²Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscow, Russian Federation, e-mail: vim@vim.ru

Abstract. The problem of selecting certain types of grain combine harvesters is quite urgent now. This is because the agricultural manufacturers are struggling to make a right selection of a grain harvester of a definite firm or make due to the aggressive marketing from the manufacturers. (*Research purpose*) Efficiency evaluation of grain harvesters of different types under the North Kazakhstan weather conditions. (*Materials and methods*) Technical and economic research has been performed according to the standard methodology followed by data analysis. The calculation has been made for direct combining by 4, 5 and 6-class harvesters equipped with wide-cut headers from leading domestic and foreign manufacturers.

(Results and discussions) the authors have also calculated direct costs for threshing of one ton of grain under favorable harvesting conditions, total costs for threshing of one ton of grain including grain losses under unfavorable harvesting conditions, as well as total costs for threshing of one ton of grain considering that 30% of grain is harvested under favorable harvesting conditions and 70% - under the ones. (Conclusion) It has been found that the price of threshing of one ton of grain that characterizes the efficiency of utilizing grain harvesters depends on the price/efficiency ratio of a harvester, yield and harvesting conditions. Combine harvesters of a lower class with the optimum price/efficiency ratio are more preferable under favorable harvesting conditions. However, in case of the harvest period prolongation due to unfavorable harvesting conditions, combine harvesters of a higher class are more preferable.

Keywords: Grain combine harvesters, Efficiency, Weather conditions, Price of one ton of threshed grain.

For citation: Astafyev V.L., Zhalnin E.V. Efficiency evaluation of grain harvesters of different types under North Kazakhstan conditions. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2018. 12(3): 17-21. DOI 10.22314/2073-7599-2018-12-3-17-21. (In Russian)

Для Северного Казахстана характерно наличие хозяйств различных категорий: фермерских хозяйств, средних и крупных сельхозпредприятий (с размерами посевных площадей соответственно 300-3000 га; 3000-10000 га; более 10000 га). Причем крупных и средних хозяйств, в которых сосредоточено 71% посевных площадей, в регионе более 20% [1]. Начало уборочного периода (третья декада августа) обычно сухое, но в сентябре, как правило, начинаются дожди. Потенциальная урожайность в регионе составляет около 13 ц/га с колебаниями от 8 ц/га в засушливые годы до 19 ц/га – во влажные. В последние годы в регион поступали зерноуборочные комбайны различной производительности заводов-изготовителей из разных стран. Идет увеличение доли комбайнов среднего и высокого класса из ближнего и дальнего зарубежья. Это обусловлено ограниченными сроками благоприятной погоды в осенний период в регионе и стремлением производителей сельскохозяйственной продукции максимально увеличить производительность машин в уборочном процессе при нехватке механизаторов. Решение проблемы выбора и эффективности применения той или иной зерноуборочной техники сталкиваются с большими трудностями. Вызвано это тем, что в условиях агрессивной рекламы при продаже техники со стороны ее изготовителей сельхозпроизводителям нелегко сделать правильный выбор в пользу той или иной фирмы и марки зерноуборочного комбайна [2-5].

Цель исследований – оценка эффективности применения зерноуборочных комбайнов различных классов в условиях Северного Казахстана с учетом погодных условий.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. Проведены технико-экономические исследования по стандартной методике с последующим анализом полученных результатов. Расчет выполнен на технологической операции прямое комбайнирование зерноуборочными комбайнами различных марок (табл. 1). В Республике Казахстан зерноуборочные комбайны агрегируются с хедерами и жатками-хедерами раз-

личной ширины захвата. В расчет принята максимальная ширина захвата хедеров и жаток-хедеров. Широкозахватные хедеры обеспечивают наиболее полную загрузку комбайнов по пропускной способности.

Скорость движения комбайнов при заданной урожайности рассчитывали по формуле с учетом коэффициента зональности [6]:

$$V_p = \frac{q \cdot K_z \cdot 10}{B \cdot \beta \cdot Y \cdot (1 + \delta)}, \quad (1)$$

где V_p – рабочая скорость, м/с; q – пропускная способность, кг/с; K_z – коэффициент зональных условий; B – ширина захвата жатки, м; β – коэффициент использования ширины захвата жатки; Y – урожайность, т/ч; δ – коэффициент соломистости.

Учитывали, что при урожайности до 20 ц/га комбайны 4 класса имеют ограничения по рабочей скорости 2,20 м/с; 5 класса – 2,50 м/с и 6 класса – 3,06 м/с. При превышении этих значений скорости на указанной урожайности резко возрастают потери зерна. С учетом скорости движения комбайна и ширины захвата хедера рассчитывали производительность за 1 ч сменного времени:

$$W_{cm} = 0,36 \cdot B \cdot \beta \cdot V_p \cdot K_{cm} \quad (2)$$

где W_{cm} – сменная производительность, га/ч;

K_{cm} – коэффициент использования времени смены.

Комплексные затраты на уборку зерна сравниваемыми зерноуборочными комбайнами рассчитывали по формуле:

$$C_k = \frac{C_o}{W_{cm}} + P_y, \quad (3)$$

где C_k – комплексные затраты, долл./га; C_o – эксплуатационные (прямые) затраты, долл./ч; P_y – стоимость потерь, долл./га.

Разницу в комплексных затратах по сравниваемым комбайнам принимали за существенную, если она превышала 5%.

Эксплуатационные расходы составили:



Показатели Characteristics	Есиль-740 Esil-740*	Медион-310 Medion-310	Акрос-530 Acros-530	Мега-360 Mega-360	9660-STS
Страна производитель Manufacturer country	Казахстан Kazakhstan	Германия Germany	Россия Russia	Германия Germany	США USA
Класс комбайна Harvester class	4	4	5	5	6
Пропускная способность, кг/с Throughput capacity, kg/s	7,7	7,9	10,0	10,4	13,0
Ширина захвата хедера (жатки-хедера), м Width of header, m	7,0	7,0	9,1	9,0	11,7

1 т зерна занимает комбайн Акрос-530. Стоимость намолота 1 т зерна комбайнами 9660-STS, Мега-360 и Медион-310 при урожайности 10-15 ц/га – на 3-5 долл./т больше, а при урожайности 20 ц/га – на 5-9 долл./т больше стоимости намолота зерна комбайном Есиль-740.

Приведенное ранжирование справедливо для благоприятных погодных условий и при отсутствии биологических потерь из-за несвоевременного выполнения работ.

где C_a – амортизационные отчисления, долл./ч; C_p – затраты на ремонт, долл./ч; C_o – затраты на оплату труда, долл./ч; C_t – стоимость топлива, долл./ч.

Если принять, что наиболее производительный (эталонный) комбайн проводит уборку без потерь, тогда для менее производительных комбайнов количество рабочих суток, которые сопровождаются потерями, определится по формуле:

$$D = D_{\text{опт}} \cdot \left(\frac{W_6}{W_p} - 1 \right), \quad (5)$$

где D – количество суток, сопровождающихся потерями, сут.; $D_{\text{опт}}$ – количество оптимальных суток уборки, сут.; W_6 – производительность эталонного комбайна, га/ч (т/ч); W_p – производительность сравниваемого комбайна, га/ч (т/ч).

Потери зерна от недобора урожая определяли по формуле:

$$P_y = K_n \cdot C_n \cdot D \cdot Y, \quad (6)$$

где P_y – потери от недобора урожая, долл./га; K_n – суточная интенсивность потерь урожая при растягивании срока работы по сравнению с оптимальным, доля/сут.; $K_n = 0,01$; C_n – закупочная цена, 120 долл./т. Y – урожайность, т/га.

Если разделим правую часть выражения (6) на урожайность, то получим величину потерь, в долл. США на тонну.

Результаты и обсуждение. Результаты расчета стоимости уборки 1 т зерна зерноуборочными комбайнами в благоприятных условиях без растягивания сроков работ представлены в табл. 2.

Проведем ранжирование комбайнов по стоимости уборки 1 т зерна. Наиболее низкую стоимость намолота зерна в благоприятных погодных условиях обеспечивает комбайн 4 класса Есиль-740, что объясняется лучшим соотношением его цены и производительности.

Второе место в порядке увеличения стоимости

работ. При простое из-за осадков наиболее значительные биологические потери выявлены у комбайна с более низкой производительностью. Это обусловлено тем, что у такого комбайна на период выпадения осадков остается самая большая неубранная площадь, что приводит к потерям зерна. Из-за несвоевременного выполнения работ комплексные за-

Комбайн Harvester	Прямые затраты на 1 т, долл. США при урожайности, ц/га Direct costs per 1 ton, \$ at a given yield, centner/ha		
	10	15	20
Есиль-740 Esil-740	19,27	16,56	16,16
Медион-310 Medion-310	25,46	19,80	18,89
Акрос-530 Acros-530	23,73	18,57	18,09
Мега-360 Mega-360	28,50	21,88	20,54
9660-STS	24,13	21,73	20,74

траты на 1 т зерна составят (табл. 3).

В неблагоприятных условиях при наличии потерь из-за несвоевременного выполнения работ приоритет по эффективности применения получают более высокопроизводительные комбайны 9660-STS, Акрос-530, затем Мега-360, далее Есиль-740 и Медион-310.

В условиях Северного Казахстана при благоприятной погоде убирается не более 50% площадей. Наши работы проведены в южных районах региона со средним уровнем урожайности около 10 ц/га.

Под осадки попадают площади со средним уровнем урожайности около 20 ц/га. С учетом этого принято допущение, что в условиях северной части Ка-

захстана 30% зерна намолачивается при благоприятной погоде и 70% – при неблагоприятной. Расчет стоимости намолота 1 т зерна сравниваемыми комбайнами при этом условии представлен в *табл. 4*.

При соотношении объемов зерна, намолачиваемого при благоприятной погоде и осадках 30:70

Комбайн Harvester	Комплексные затраты на 1 т, долл. США при урожайности, ц/га Composite costs per 1 ton, \$ at a given yield, centner/ha		
	10	15	20
Есиль-740 Esil-740	34,73	27,75	26,70
Медион-310 Medion-310	40,69	31,27	28,14
Акрос-530 Acros-530	29,72	22,04	20,11
Мега-360 Mega-360	35,03	25,83	22,37
9660-STС	24,13	21,73	20,74

ранжирование комбайнов по стоимости намолота происходит следующим образом: на урожайности 15-20 ц/га наименьшую стоимость намолота зерна обеспечивает комбайн 5 класса Акрос-530, на 1 долл./т больше стоимость зерна от комбайна 9660-STС.

При урожайности 10 ц/га наименьшую стоимость намолота зерна обеспечивает комбайн 6 класса 9660-STС, на 4 долл./т дороже стоимость зерна от комбайна 5 класса Акрос-530. Комбайны Есиль-740 и Мега-360 обеспечивают стоимость намолота больше, чем Акрос-530 и 9660-STС на 2-3 долл./т при урожайности 15-20 ц/га, и на 3-9 долл./т при урожайности 10 ц/га. Медион-310 дает самую высокую стоимость намолота при соотношении объемов зерна, намолачиваемого при благоприятной погоде и осадках как 30:70. Таким образом, при благоприятных условиях уборки приоритет имеют зерноуборочные комбайны более низкого класса с оптимальным соотношением цена-качество.

Однако при опасности растягивания сроков уборочных работ из-за неблагоприятных погодных условий приоритет должен отдаваться комбайнам более высокого класса.

Полученные результаты дополняют исследования СИБИМЭ, свидетельствующие о том, что в экстремальных условиях Сибири прямые затраты на обмолот у комбайнов более высокого класса могут быть меньше, чем у комбайнов более низкого класса [7]. Однако по данным СИБИМЭ, нижний порог

Комбайн Harvester	Комплексные затраты на 1 т, долл. США при урожайности, ц/га Composite costs per 1 ton, \$ at a given yield, centner/ha		
	10	15	20
Есиль-740 Esil-740	30,09	24,39	23,54
Медион-310 Medion-310	36,12	27,83	25,37
Акрос-530 Acros-530	27,92	21,00	19,50
Мега-360 Mega-360	33,07	24,65	21,82
9660-STС	24,13	21,73	20,74

эффективного использования высокопроизводительных комбайнов ведущих фирм зарубежного производства соответствует урожайности 35-40 ц/га. Согласно нашим исследованиям при неблагоприятных условиях уборки этот порог может быть значительно ниже в случае оснащения этих комбайнов широкозахватными жатками.

Результаты наших исследований подтверждают выводы В.Д. Саклакова в том, что «для каждого технического средства (машинно-тракторного агрегата) существует своя оптимальная длительность полевых работ» [8-11].

Выводы.

1. Стоимость намолота 1 т зерна, характеризующая эффективность применения зерноуборочных комбайнов, зависит от соотношения цены и производительности комбайна, урожайности, а также условий уборочного периода.

2. В благоприятных условиях при отсутствии потерь от несвоевременного выполнения уборочных работ наиболее эффективно применение комбайнов 4 и 5 кл. Есиль-740 и Акрос-530, более высокие затраты имеют Медион-310, 9660-STС и Мега-360.

3. При неблагоприятных условиях уборки приоритет по эффективности применения следует отдавать в порядке убывания комбайнам 6 и 5 классов 9660-STС и Акрос-530, затем идут Мега-360, а также комбайны 4 класса Есиль-740 и Медион-310.

4. В реальных условиях возможны периоды с благоприятными и неблагоприятными погодными условиями при выполнении уборочных работ. В связи с этим комбайновый парк Северного Казахстана целесообразно комплектовать сочетанием зерноуборочных комбайнов преимущественно 5 и 6 классов, оснащенных широкозахватными жатками и жатками-хедерами.



БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Астафьев В.Л., Гайфуллин Г.З., Гридин Н.Ф. и др. Рекомендации по техническому обеспечению внедрения влаго-ресурсосберегающих технологий возделывания зерновых культур. Костанай, 2008. 44 с.
2. Голиков В.А., Астафьев В.Л., Селихов В.Т. Результаты испытаний импортных зерноуборочных комбайнов в Северном Казахстане // *Тракторы и сельскохозяйственные машины*. 2000. №8. С. 42-43.
3. Жалнин Э.В. Какие комбайны нужны российскому полю // *Сельский механизатор*. 2006. №5. С. 6-7.
4. Жалнин Э.В. Эффективное использование зерноуборочных комбайнов // *Сельский механизатор*. 2013. №9. С. 5-7.
5. Астафьев В.Л., Малыгин С.Л. Эффективность зерноуборочных комбайнов различных классов в условиях Казахстана // *Вестник сельскохозяйственной науки Казахстана*. 2011. №5. С. 86-91.
6. Методика определения экономической эффективности технологий и сельскохозяйственной техники, часть II. Нормативно-справочный материал. М. 1998. 251 с.
7. Жалнин Э.В. Резервы повышения эффективности производства // *Сельский механизатор*. 2012. №1. С. 12-13.
8. Чепурин Г.Е., Иванов Н.М., Кузнецов А.В. и др. Уборка и послеуборочная обработка зерновых культур в экстремальных условиях Сибири: Рекомендации. М: Росинформагротех. 2011. 176 с.
9. Сахлаков В.Д. Теоретические основы оптимизации технической оснащенности и трудообеспеченности производственных процессов в растениеводстве // *Вестник ЧГАУ*. 1996. Т. 15. С. 83-97.
10. Кормановский Л.П., Краснощеков Н.В., Черноиванов В.И., Насыпайко И.Г., Сазонов С.Н. Концепция развития инженерно-технического сервиса фермерских хозяйств. – М.: Всероссийский научно-исследовательский технологический институт ремонта и эксплуатации машинно-тракторного парка Россельхозакадемии, 1992. 49 с.
11. Masek J., Novak P., Pavlicek T. Evaluation of combine harvester fuel consumption and operation costs // 14th International Scientific Conference ENGINEERING FOR RURAL DEVELOPMENT Proceedings, Volume 14. Jelgava, 2015. pp. 78-83.

REFERENCES

1. Astaf'yev V.L., Gayfullin G.Z., Gridin N.F. et al. Rekomendatsii po tekhnicheskomu obespecheniyu vnedreniya vlago-resursosberegayushchikh tekhnologiy vozdel'yvaniya zernovykh kul'tur [Recommendations on technical support for the implementation of moisture-resource-saving technologies for the cultivation of grain crops]. Kostanay, 2008. 44.
2. Golikov V.A., Astaf'yev V.L., Selikhov V.T. Rezul'taty ispytaniy importnykh zernouborochnykh kombaynov v Severnom Kazakhstane [Results of tests of imported grain harvesters in Northern Kazakhstan] // *Traktory i sel'skokhozyaystvennyye mashiny*. 2000. №8. 42-43.
3. Zhalnin E.V. Kakiye kombayny nuzhny rossiyskomu polyu [What types of combines are needed for the Russian field] // *Sel'skiy mekhanizator*. 2006. №5. 6-7. (In Russian).
4. Zhalnin E.V. Effektivnoye ispol'zovaniye zernouborochnykh kombainov [Effective use of combine harvesters] // *Sel'skiy mekhanizator*. 2013. №9. 5-7. (In Russian).
5. Astaf'yev V.L., Malygin S.L. Effektivnost' zernouborochnykh kombainov razlichnykh klassov v usloviyakh Kazakhstana [Efficiency of using combine harvesters of various classes in Kazakhstan conditions] // *Vestnik sel'skokhozyaystvennoy nauki Kazakhstana*. 2011. №5. 86-91. (In Russian).
6. Metodika opredeleniya ekonomicheskoy effektivnosti tekhnologiy i sel'skokhozyaystvennoy tekhniki, chast' II. Normativno-spravochnyy material [Methods for determining the economic efficiency of technology and agricultural machinery, Part II. Normative reference material]. M. 1998. 251. (In Russian).
7. Zhalnin E.V. Rezervy povysheniya effektivnosti proizvodstva [Reserves of increasing the production efficiency] // *Sel'skiy mekhanizator*. 2012. №1. 12-13. (In Russian).
8. Chepurin G.Ye., Ivanov N.M., Kuznetsov A.V. i dr. Uborka i posle-uborochnaya obrabotka zernovykh kul'tur v ekstremal'nykh usloviyakh Sibiri: Rekomendatsii [Harvesting and after-harvesting processing of cereals in extreme conditions of Siberia. Recommendations]. M: Rosinformagrotekh. 2011. 176. (In Russian).
9. Saklakov V.D. Teoreticheskiye osnovy optimizatsii tekhnicheskoy osnashchennosti i trudoobespechennosti proizvodstvennykh protsessov v ras-teniyevodstve [Theoretical bases of optimization of technical equipment and labor availability of production processes in crop growing] // *Vestnik ChGAU*. 1996. Vol. 15: 83-97. (In Russian).
10. Kormanovskiy L.P., Krasnoshchekov N.V., Chernoiivanov V.I., Nasypayko I.G., Sazonov S.N. Kontseptsiya razvitiya inzhenerno-tekhnicheskogo servisa fermerskikh khozyaystv [The concept of development of engineering and technical service in farms]. – Moscow: Vserossiyskiy nauchno-issledovatel'skiy tekhnologicheskii institut remonta i ekspluatatsii mashinno-traktornogo parka Rossel'khozakademii, 1992. 49.
11. Masek J., Novak P., Pavlicek T. Evaluation of combine harvester fuel consumption and operation costs // 14th International Scientific Conference ENGINEERING FOR RURAL DEVELOPMENT Proceedings, Volume 14. Jelgava, 2015. 78-83.

Статья поступила в редакцию 15.05.2018

Статья принята к публикации 07.06.2018

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.