УДК 631.354
DOI: 10.35887/2305-2538-2019-4-5-12

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СТОРОННИХ ЗЕРНОУБОРОЧНЫХ КОМБАЙНОВ

[1]Ерохин Геннадий Николаевич
[1]Коновский Валерий Викторович
[1]ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве»

Реферат. *Использование сторонних зерноуборочных комбайнов имеет для сельхозпредприятия значимые экономические последствия. Прогнозирование этих последствий выполняется на базе математической модели. В качестве оценочного критерия использованы потери эффективности комбайновой уборки зерновых культур. Разработана компьютерная программа моделирования потерь эффективности при использовании сторонних зерноуборочных комбайнов. Программа строит характеристическую зависимость потерь эффективности от площади уборки сторонними комбайнами. Характеристическая зависимость позволяет определить объем услуг сторонних комбайнов, при котором обеспечивается максимальная эффективность уборки зерновых культур. Выявлены и проанализированы три типа характеристической зависимости. По типу этой зависимости определяется целесообразность применения или отказа от применения сторонних комбайнов. В случае зависимости с минимумом потерь эффективности программа моделирует оптимальное значение площади уборки зерновых культур сторонними комбайнами. Представлены результаты работы программы на конкретном примере. Получено, что в рассматриваемом сельхозпредприятии использование сторонних комбайнов для уборки зерновых культур на площади 1400 га экономически оправданно. Предприятие в этом случае получит эффект в размере 3,26 млн.руб. Эксплуатационные затраты в целом составят 6,90 млн.руб., в том числе по собственным комбайнам - 2,03 млн.руб., по сторонним комбайнам – 4,88 млн.руб. Технологические потери зерна за комбайнами и осыпанием из-за превышения агросрока моделируются в размере 635 тонн или в денежном эквиваленте – 5,08 млн.руб. Продолжительность уборки зерновых культур прогнозируется периодом времени 25 календарных дней. Подтверждено, что программа предоставляет возможность моделировать разнообразные сценарии использования сторонних комбайнов с различными входными параметрами (погодные условия, урожайность и др.) и определять оптимальный сценарий по минимуму потерь эффективности.*

Ключевые слова: *зерноуборочный комбайн, моделирование, эффективность, потери зерна, площадь*

COMPUTER SIMULATION USING THIRD-PARTY HARVESTERS

[1]Erokhin Gennady
[1]Konovskiy Valery
[1]FSBSI "All-Russian Research Institute for Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture"

Abstract. *The use of third-party combine harvesters has significant economic consequences for agricultural enterprises. Prediction of these consequences is performed on the basis of a mathematical model. Losses of efficiency of combine harvesting of grain crops are used as an estimated criterion. The computer program for modeling loss of efficiency when using third-party combine harvesters has been developed. The program builds a characteristic dependence of efficiency losses on the area of harvesting by third-party combines. Characteristic dependence allows you to determine the volume of services of*

third-party combines, in which the maximum efficiency of harvesting grain crops is provided. The type of this dependence is determined. The expediency of using or rejecting the use of third-party combines is determined by the type of this dependence. The program models the optimal value of the area of harvesting grain crops by third-party combines in the case of dependence with a minimum of efficiency loss. The results of the program on a specific example presented. It was obtained that the use of third-party combines for harvesting grain crops on an area of 1,400 hectares was economically justified in considering agricultural enterprises. The enterprise in this case will receive an effect in the amount of 3.26 million rubles. Operating costs will amount to 6.90 million rubles. in general, including for its own combines - 2.03 million rubles, for third-party combines - 4.88 million rubles. Technological losses of grain for combines and shedding are modeled in the amount of 635 tons or in cash equivalent - 5.08 million rubles. due to the excess of the agricultural term. The duration of harvesting crops is projected for a period of 25 calendar days. It was confirmed that the program provides an opportunity to simulate various scenarios of using third-party combines with different input parameters (weather conditions, yield, etc.) and to determine the optimal scenario to minimize the efficiency loss.

Key words: *combine harvester, modeling, efficiency, grain loss, area*

Введение. Применение сторонних зерноуборочных комбайнов является достаточно распространенным способом организации уборочных работ в сельхозпредприятиях Российской Федерации. Термин «сторонние комбайны» подразумевает комбайны, которые привлечены для уборки зерновых культур в сельхозпредприятии на договорной основе. Основной причиной привлечения сторонних комбайнов в сельхозпредприятии является недостаточное количество собственных комбайнов или их полное отсутствие [1]. Возможны и другие причины, когда невозможно собственными комбайнами завершить уборку в агросрок. К таким причинам можно отнести: изношенность и низкая надежность собственного парка зерноуборочных комбайнов, низкая квалификация и некомплект комбайнеров, прогнозируемые сложные погодные условия уборки зерновых культур.

Привлечение дополнительных сторонних комбайнов влечет для сельхозпредприятия весьма значимые экономические последствия, которые измеряются миллионами рублей эффекта или ущерба. Принятие решения об использовании сторонних зерноуборочных комбайнов сложная процедура, при которой приходится учитывать и анализировать множество разнообразных факторов. Предшествующие исследования позволили разработать математическую модель оценки целесообразности применения сторонних зерноуборочных комбайнов по показателю – потери эффективности [2]. С помощью модели получена оценка влияния условий сельхозпредприятия и условий привлечения сторонних комбайнов на потери эффективности уборки зерновых культур [3]. Однако практическое применение подобной модели ограничено из-за большого объема входных факторов и сложности алгоритма вычислительных операций. Для устранения этого недостатка разработана компьютерная программа, описанию которой посвящена настоящая статья.

Материалы и методы. Работа основана на выполненных ранее исследованиях и мониторинге эксплуатационно-технологических показателей зерноуборочных комбайнов в условиях реальной эксплуатации [4]. Компьютерное моделирование исследуемых процессов проводилось с помощью специальной компьютерной программы, разработанной в ФГБНУ ВНИИТиН (свидетельство госрегистрации № 2019615491).

Результаты и их обсуждение. Разработка компьютерной программы моделирования использования сторонних зерноуборочных комбайнов в сельхозпредприятии выполнялась на базе математической модели, созданной и апробированной в ФГБНУ ВНИИТиН [2]. Программа использует ряд показателей и зависимостей, полученных в результате мониторинга работы зерноуборочных комбайнов в условиях реальной эксплуатации [5 – 8]. Программа позволяет моделировать разнообразные сценарии совместного использования собственных и сторонних зерноуборочных комбайнов и выбирать наиболее эффективный из них.

В соответствии с моделью основным оценочным показателем программы являются потери эффективности комбайновой уборки зерновых культур. Данный показатель представляет собой

сумму затрат и технологических потерь при выполнении комбайновой уборки в хозяйстве. Затраты включают в себя эксплуатационные затраты комбайновой уборки, состоящие из расходов на топливно-смазочные материалы, оплату труда, техническое обслуживание и ремонт. Составляющими технологических потерь являются:

- потери зерна непосредственно за жаткой и молотилкой комбайна;
- потери, связанные с дроблением бункерного зерна;
- потери зерна осыпанием, связанные с продолжительностью уборки сверх агросрока.

Экономически целесообразным является сценарий с наименьшими потерями эффективности. Разность потерь эффективности различных сценариев использования сторонних комбайнов характеризует их сравнительную эффективность. В соответствии с моделью программа оперирует с пятью группами входных данных (таблица 1).

Таблица 1 – Входные данные компьютерной программы

Номер группы	Наименование группы	Наименование показателей
1	Показатели условий сельхозпредприятия	Общая площадь уборки зерновых культур, урожайность, соломистость, длина гона, количество, марки, и сроки эксплуатации имеющихся зерноуборочных комбайнов, затраты на топливно-смазочные материалы, техническое обслуживание и ремонт, зарплату комбайнера
2	Показатели использования сторонних комбайнов	Марки, количество, сезон эксплуатации привлекаемых сторонних зерноуборочных комбайнов, объем и цена услуг по уборке зерновых культур, условия заправки комбайнов топливом
3	Технические характеристики зерноуборочных комбайнов	Мощность двигателя, площадь подбарабанья, соломотряса, очистки, скорость выгрузки зерна, удельный расход топлива двигателем, объем бункера, транспортная скорость
4	Показатели мониторинга работы зерноуборочных комбайнов	Удельная продолжительность технических и технологических обслуживаний, зависимости изменения надежности и качества выполнения уборочных работ зерноуборочным комбайном от суммарной наработки
5	Внешние показатели	Стоимость дизельного топлива, средняя цена реализации зерна

Показатели первой, второй и пятой групп вводятся в ручном режиме по запросу программы. Программа позволяет по желанию пользователя изменять эти показатели, обеспечивая моделирование разнообразных сценариев использования сторонних зерноуборочных комбайнов.

Показатели третьей и четвертой групп заложены разработчиком в базу данных программы. Функциональность программы напрямую связана с количеством марок зерноуборочных комбайнов в ее базе данных. Корректировку и обновление этих групп показателей осуществляет разработчик программы.

В исследованиях получено, что потери эффективности комбайновой уборки зерновых культур при совместном использовании собственных и сторонних комбайнов значимо зависят от площади, которая убирается сторонними комбайнами [2, 3]. В силу своей информативности данная зависимость получила название характеристической. Разработанная компьютерная программа позволяет моделировать характеристические зависимости для различных условий применения сторонних комбайнов. Блок схема компьютерной программы показана на рисунке 1.

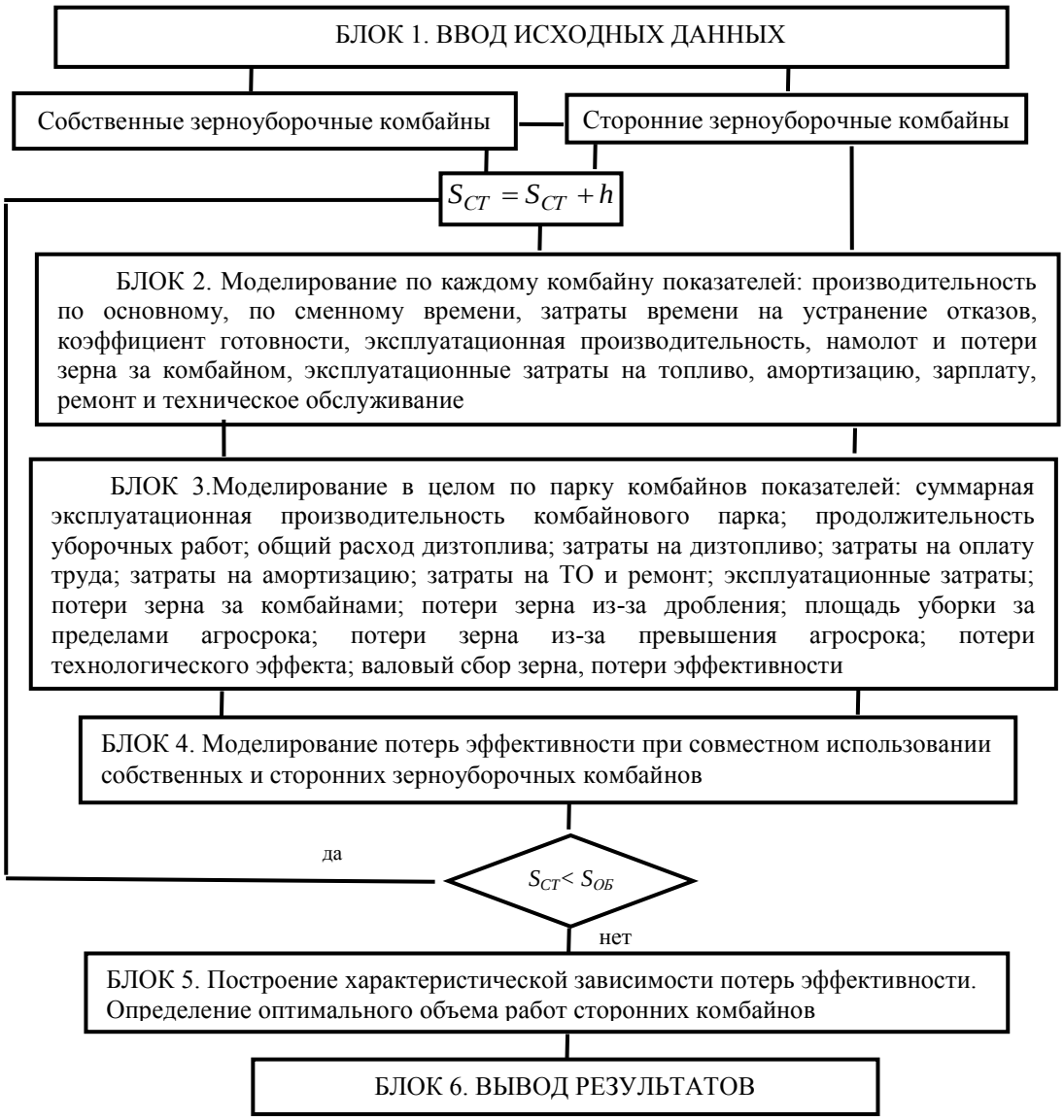

Рисунок 1 – Блок схема компьютерной программы использования сторонних зерноуборочных комбайнов в сельхозпредприятии: S_{CT} - площадь уборки сторонними комбайнами; $S_{ОБ}$ - общая площадь зерновых культур; h – шаг изменения площади

После ввода исходных данных (БЛОК 1) программа моделирует потери эффективности (БЛОКИ 2, 3, 4) при изменении площади уборки сторонними комбайнами в интервале 0 … $S_{ОБ}$ с шагом h. Затем программа строит соответствующую характеристическую зависимость (БЛОК 5).

На рисунке 2 показаны возможные типы характеристической зависимости.

Первый тип – непрерывно убывающая зависимость. Она характерна для сельхозпредприятия, не имеющего собственных зерноуборочных комбайнов. В этом случае оптимальной является уборка всей площади зерновых культур сторонними комбайнами.

Второй тип – непрерывно возрастающая зависимость. Это означает, что использование сторонних зерноуборочных комбайнов для рассматриваемых условий в принципе невыгодно. Чем большую площадь будут убирать сторонние комбайны, тем больше будет экономический ущерб. Такая ситуация очень вероятна для сельхозпредприятий, у которых парк собственных зерноуборочных комбайнов позволяет убирать зерновые культуры в агросрок.

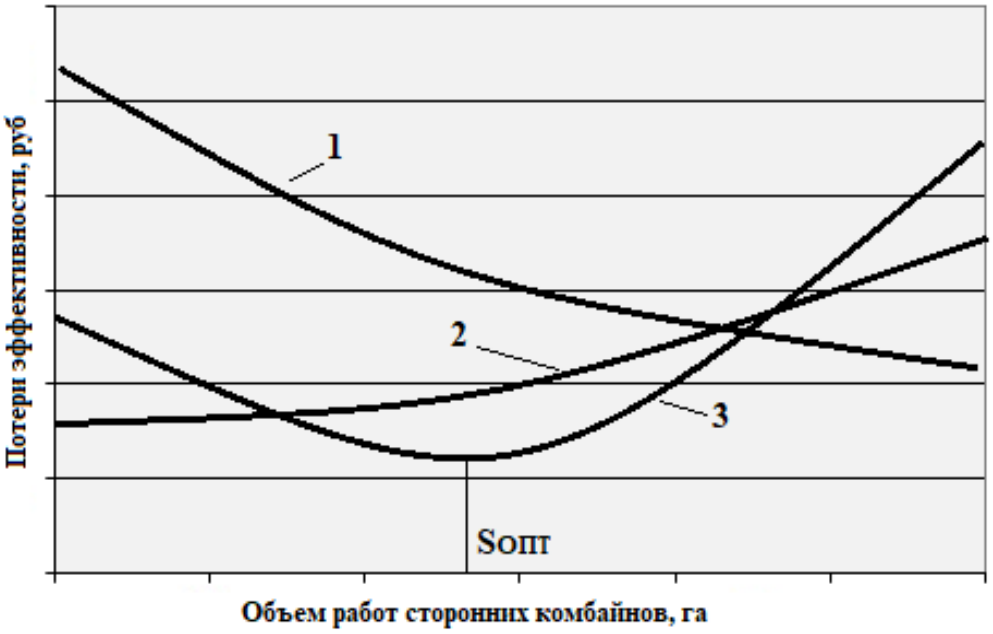

Рисунок 2 – Возможные типы зависимостей потерь эффективности от объема работ сторонних комбайнов: 1- убывающая, 2 – возрастающая, 3- с минимумом в точке $S_{ОПТ}$

Третий тип – зависимость, имеющая минимум потерь эффективности при определенном объеме работ сторонних комбайнов. Данная зависимость показывает целесообразность использования сторонних комбайнов. Причем максимальный эффект от их применения будет достигнут в случае уборки сторонними комбайнами площади $S_{ОПТ}$.

Компьютерная программа определяет тип характеристической зависимости и выдает соответствующие рекомендации. В случае, если характеристическая кривая соответствует третьему типу, то программа смоделирует оптимальную площадь уборки зерновых культур сторонними комбайнами. Пользователь может принять эту величину или скорректировать ее в соответствии с договором выполнения услуг по уборке зерновых культур.

Затем программа моделирует показатели совместного использования собственных и сторонних зерноуборочных комбайнов и выводит результаты в виде таблицы.

Рассмотрим работу компьютерной программы на конкретном примере. Сельхозпредприятие характеризуется следующими исходными данными. Площадь зерновых культур – 2800 га, прогнозируемая урожайность – 38ц/га, отношение зерна к незерновой части -1:1,4; средняя длина гона – 1050 м, стоимость дизельного топлива – 42 руб/л; средняя цена реализации зерна -8000 руб/т. Сельхозпредприятие располагает следующим парком зерноуборочных комбайнов: Acros 530 (6 сезон эксплуатации) – 2 шт., Acros 530 (9 сезон эксплуатации) – 1 шт., КЗС-1218 ПАЛЕССЕ GS12 (5 сезон эксплуатации) – 1шт.

В соответствии с договором по выполнению услуг уборки зерновых культур предлагаются нижеследующие условия. Парк сторонних зерноуборочных комбайнов состоит из 4-х зерноуборочных комбайнов компании Claas марки Tucano 450 (5 сезон эксплуатации). Цена услуг по уборке зерновых культур составляет 2850 руб/га. Загрузка сторонних комбайнов должна быть не менее 350 га, заправка дизтопливом за счет хозяйства.

В результате компьютерного моделирования для данных условий получена характеристическая зависимость потерь эффективности от площади уборки сторонними комбайнами (рисунок 3).

Рисунок 3 – Характеристическая зависимость потерь эффективности при использовании сторонних комбайнов в рассматриваемом сельхозпредприятии

Как видно из рисунка 3 характеристическая зависимость имеет минимум при объеме работ сторонних комбайнов 1100га. Потери эффективности в этой точке составляют 11,3 млн.руб. Если сельхозпредприятие будет использовать только собственные комбайны, то потери эффективности будут около 15 млн.руб. Если вся уборка зерновых культур будет осуществляться сторонними комбайнами, то потери эффективности будут максимальными – 25 млн.руб.

Максимальный эффект для сельхозпредприятия достигается при объеме работ сторонними комбайнами 1100га. Однако в соответствии с условиями договора, чтобы обеспечить загрузку комбайнов 350 га необходимо отдать сторонним комбайнам 1400 га. Выполнив компьютерное моделирование с указанным условием, получены показатели совместного использования собственных и сторонних зерноуборочных комбайнов (таблица 2).

Результаты моделирования показывают, что в рассматриваемом сельхозпредприятии использование сторонних комбайнов для уборки зерновых культур на площади 1400 га.экономически оправданно. Предприятие в этом случае получит эффект в размере 3,26 млн.руб. Эксплуатационные затраты в целом составят 6,90 млн.руб., в том числе по собственным комбайнам - 2,03 млн.руб., по сторонним комбайнам – 4,88 млн.руб. Технологические потери зерна за комбайнами и осыпанием из-за превышения агросрока прогнозируются в размере 635 тонн или в денежном эквиваленте – 5,08 млн.руб. Продолжительность уборки зерновых культур прогнозируется периодом времени 25 календарных дней.

Следует отметить, что полученные результаты смоделированы для вышеприведенных условий. Программа позволяет моделировать разнообразные сценарии при различных входных параметрах, в том числе в зависимости от метеоусловий и средней прогнозируемой урожайности. Так, в случае дождливого сезона и удлинении продолжительности уборочных работ в 1,5 раза, привлечение сторонних комбайнов для уборки 1400 га обеспечит эффект по сравнению с уборкой только собственными комбайнами в размере 5,4 млн.руб.Таким образом, применение сторонних комбайнов в случае дождливого сезона уборочных работ будет еще более мотивированным.

Моделирование сценария при нормальных погодных условиях, но с более низкой урожайностью 27 ц/га, показывает, что при объеме работ сторонних комбайнов 1400 га, наблюдается ущерб от их применения в размере 665 тыс.руб. При объеме работ 700 га применение сторонних комбайнов обеспечит незначительный эффект –330 тыс. руб.

Таблица 2 – Результаты компьютерного моделирования совместного использования собственных и сторонних зерноуборочных комбайнов

Наименование показателей	Значение
Собственные комбайны:	
Площадь уборки зерновых культур, га	1400
Расход дизтоплива, л	22048
Затраты на дизтопливо, руб	926005
Затраты на оплату труда, руб	748547
Затраты на ТО и ремонт, руб	351459
Сторонние комбайны:	
Площадь уборки, га	1400
Расход дизтоплива, л	21087
Затраты на дизтопливо, руб	885636
Затраты на оплату услуг по договору, руб.	3990000
Собственные и сторонние комбайны:	
Суммарная эксплуатационная производительность зерноуборочных комбайнов, га/ч	16,01
Прогнозируемая продолжительность уборочных работ, дн.	21,5
Общий расход дизтоплива, л	43134
Суммарные эксплуатационные затраты, руб	6901646
Технологические потери зерна, т	635,15
Технологические потери зерна, руб	5081176
Эффект по сравнению с уборкой только собственными комбайнами, руб	3264338
Потери эффективности, руб	11982823
Удельные потери эффективности, руб/га	4280

Выводы. Разработанная компьютерная программа позволяет реализовать сложную математическую модель использования сторонних зерноуборочных комбайнов в сельхозпредприятии. Она моделирует характеристическую зависимость потерь эффективности от площади уборки сторонними комбайнами. По типу этой зависимости определяется целесообразность применения или отказа от применения сторонних комбайнов. В случае зависимости с минимумом потерь эффективности программа моделирует оптимальное значение площади уборки зерновых культур сторонними комбайнами. Кроме того, программа предоставляет возможность моделировать разнообразные сценарии использования сторонних комбайнов с различными входными параметрами (погодные условия, урожайность и др.) и определять оптимальный сценарий по минимуму потерь эффективности.

Список литературы

1. Сазонов С.Н., Сазонова Д.Д. Техническое оснащение как фактор восстановления фермерских хозяйств //Механизация и электрификация сельского хозяйства.– 2010.–№5. – С.24-26.
2. Ерохин Г.Н., Коновский В.В. Об использовании зерноуборочных комбайнов сторонних предприятий // Наука в центральной России. – 2018. – № 3 (33). – С. 5-11.
3. Ерохин Г.Н., Коновский В.В. Особенности применения зерноуборочных комбайнов на договорных условиях // Наука в центральной России. – 2019. – № 1 (37). – С. 5-11.
4. ГОСТ Р 52778-2007. Испытания сельскохозяйственной техники. Методы эксплуатационно-технологической оценки. – М.: «Стандартинформ». –2008.– 24 с.
5. Ерохин Г.Н., Коновский В.В. Эксплуатационно-технологические показатели зерноуборочных комбайнов // Техника в сельском хозяйстве. – 2012. – №6. –С.18-20.
6. Жалнин Э.В. Расчет основных параметров зерноуборочных комбайнов – М., 2001. 106 с.
7. Бурьянов А.И., Бурьянов М.А., Горячев Ю.О., Костыленко О.А. Методика оценки экономической эффективности уборки зерновых культур очесом в условиях дефицита комбайнового парка // Техникаи оборудование для села. – 2014. – №10. – С.32-36.
8. Ерохин Г.Н., Коновский В.В. Мониторинг показателей надежности зерноуборочного комбайна Acros 530 // Наука в Центральной России. – 2014. – № 1(7). – С.16-20.

References

1. Sazonov S.N., Sazonova D.D. Tekhnicheskoe osnashchenie kak faktor vosstanovleniya fermerskih hozyajstv //Mekhanizaciya i elektrifikaciya sel'skogo hozyajstva.– 2010.–№5. – S.24-26.
2. Erohin G.N., Konovskij V.V. Ob ispol'zovanii zernouborochnyh kombajnov storonnih predpriyatij // Nauka v central'noj Rossii. – 2018. – № 3 (33). – S. 5-11.
3. Erohin G.N., Konovskij V.V. Osobennosti primeneniya zernouborochnyh kombajnov na dogovornyh usloviyah // Nauka v central'noj Rossii. – 2019. – № 1 (37). – S. 5-11.
4. GOST R 52778-2007. Ispytaniya sel'skohozyajstvennoj tekhniki. Metody ekspluatacionno-tekhnologicheskoj ocenki. – M.: «Standartinform». –2008.– 24 s.
5. Erohin G.N., Konovskij V.V. Ekspluatacionno-tekhnologicheskie pokazateli zernouborochnyh kombajnov // Tekhnika v sel'skom hozyajstve. – 2012. – №6. –S.18-20.
6. ZHalnin E.V. Raschet osnovnyh parametrov zernouborochnyh kombajnov – M., 2001. 106 s.
7. Bur'yanov A.I., Bur'yanov M.A., Goryachev YU.O., Kostylenko O.A. Metodika ocenki ekonomicheskoj effektivnosti uborki zernovyh kul'tur ochesom v usloviyah deficita kombajnovogo parka // Tekhnikai oborudovanie dlya sela. – 2014. – №10. – S.32-36.
8. Erohin G.N., Konovskij V.V. Monitoring pokazatelej nadezhnosti zernouborochnogo kombajna Acros 530 // Nauka v Central'noj Rossii. – 2014. – № 1(7). – S.16-20.

Сведения об авторах

Принадлежность к организации

Ерохин Геннадий Николаевич – кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве», Россия, г. Тамбов,e-mail: witin4@rambler.ru

Коновский Валерий Викторович – научный сотрудник Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве», Россия, г. Тамбов,e-mail: witin4@rambler.ru

Author credentials

Affiliations

Erokhin Gennady – Candidate of Technical Sciences, Leading Researcher of Federal State Budgetary Scientific Institution “All-Russian Research Institute for Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture”, Russia, Tambov, e-mail: witin4@rambler.ru.

Konovskiy Valery – Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher of Federal State Budgetary Scientific Institution “All-Russian Research Institute for Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture”, Russia, Tambov, e-mail: witin4@rambler.ru.

Поступила в редакцию (Received): 02.07.2019 Принята к публикации (Accepted): 29.07.2019

УДК 631.362.3
DOI: 10.35887/2305-2538-2019-4-12-18

МОДЕРНИЗАЦИЯ ИМПОРТНЫХ ЗЕРНООЧИСТИТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

[1]Тишанинов Николай Петрович
[1]Анашкин Александр Витальевич

[1]ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве»

Реферат. *Представлен анализ эффективности работы зерноочистительных комплексов. Отмечены характерные для отечественных и импортных технологий конструктивные недостатки в части управления технологическими процессами, которые снижают их эффективность и качество. Для импортных технологий характерны более высокий технический уровень и размерные характеристики, что повышает требования к управлению процессами по*