

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

УДК: 631.354.2.076

DOI: 10.26897/2687-1149-2023-5-23-28

**О соответствии производительности отечественных зерноуборочных комбайнов и урожайности зерновых и зернобобовых культур в России****Михальцов Евгений Михайлович** , канд. техн. наук, ведущий научный сотрудникmihalcov@anc55.ru ; <https://orcid.org/0009-0000-5814-5462>**Кем Александр Александрович**, канд. техн. наук, ведущий научный сотрудникkem@anc55.ru; <https://orcid.org/0000-0001-5979-8246>**Даманский Роман Викторович**, канд. техн. наук, научный сотрудникdamanskiy@anc55.ru; <https://orcid.org/0000-0002-3663-3630>**Шмидт Андрей Николаевич**, научный сотрудникshmidt@anc55.ru; <https://orcid.org/0000-0002-5025-6982>

Омский аграрный научный центр; 644012, Российская Федерация, г. Омск, пр-кт Академика Королёва, 26

Аннотация. Возделывание зерновых и зернобобовых культур не подкреплено производством отечественных зерноуборочных комбайнов, способных обеспечить организацию уборочных работ с высоким уровнем эффективности во всём диапазоне урожайности, характерной для условий России. Анализ основных характеристик современных зерноуборочных комбайнов «Ростсельмаш» в привязке их к урожайности зерновых и зернобобовых культур выявил необходимость доработки номенклатуры производимых в Российской Федерации зерноуборочных комбайнов. Расчётно-графический метод показал, что в линейке зерноуборочных комбайнов отечественного производства отсутствуют модели, рассчитанные на уборку зерновых и зернобобовых культур с урожайностью до 1,7 т/га и от 2,9 до 3,5 т/га. Отсутствие этих моделей обуславливает рост себестоимости производства зерновых в хозяйствах, для которых данная урожайность является типичной. Установлено, что для уборки зерновых и зернобобовых культур различной урожайности достаточно иметь линейку из 5 моделей зерноуборочных комбайнов. При этом каждая из них будет иметь 100%-ную загрузку и максимальную эффективность применения в том диапазоне урожайности, на который она рассчитана. Линейка моделей, выстроенная по предлагаемому принципу, обеспечит потребность любого хозяйства в комбайнах на уборке зерновых и зернобобовых культур с урожайностью от 0,87 до 10 т/га. Расчётно-графический метод облегчает подбор рациональной модели комбайна, подходящей к местным условиям по критерию максимальной загрузки молотильно-сепарирующего устройства.

Ключевые слова: зерновые и зернобобовые культуры, урожайность, зерноуборочный комбайн, производительность комбайна, ширина захвата жатки

Формат цитирования: Михальцов Е.М., Кем А.А., Даманский Р.В., Шмидт А.Н. О соответствии производительности отечественных зерноуборочных комбайнов и урожайности зерновых и зернобобовых культур в России // Агроинженерия. 2023. Т. 25, № 5. С. 23-28. <https://doi.org/10.26897/2687-1149-5-23-28>.

© Михальцов Е.М., Кем А.А., Даманский Р.В., Шмидт А.Н., 2023

ORIGINAL PAPER

On the compliance of the productivity of domestic combine harvesters and the yield of grain and leguminous crops in Russia**Evgeniy M. Mikhaltsov** , CSc (Eng), Lead Research Engineermihalcov@anc55.ru ; <https://orcid.org/0009-0000-5814-5462>**Aleksandr A. Kem**, CSc (Eng), Lead Research Engineerkem@anc55.ru; <https://orcid.org/0000-0001-5979-8246>**Roman V. Damanskiy**, CSc (Eng), Research Engineerdamanskiy@anc55.ru; <https://orcid.org/0000-0002-3663-3630>**Andrey N. Schmidt**, Research Engineershmidt@anc55.ru; <https://orcid.org/0000-0002-5025-6982>

Omsk Agrarian Research Center; 26, Akademika Koroleva Ave., Omsk, 644012, Russian Federation

Abstract. The industry of growing grain and leguminous crops is not supported by the production of domestic combine harvesters capable of ensuring the organisation of harvesting operations with a high level of efficiency in the whole

range of yields typical for Russian conditions. The analysis of the main characteristics of modern “Rostselmash” combine harvesters in relation to the yield of grain and leguminous crops has revealed the need to improve the range of combine harvesters produced in the Russian Federation. The calculation and graphic method has shown that in the line of domestic combine harvesters there are no models designed for harvesting grain and leguminous crops with yields up to 1.7 tons/ha and from 2.9 to 3.5 tons/ha. The absence of these models leads to higher production costs of cereals in farms, for which this yield is typical. It has been established that harvesting grain and leguminous crops of different yields requires a range of 5 models of combine harvesters. Each of them will have 100% use and maximum efficiency of utilization in the yield range, for which it is designed. The range of models, built according to the proposed principle, will provide the need of any farm in combines for harvesting grain and leguminous crops with yields from 0.87 to 10 tons per hectare. The graphical analysis method facilitates the selection of a rational combine harvester model suitable for local conditions by the criterion of maximum loading of the threshing and separating device.

Keywords: cereals and leguminous crops, productivity, combine harvester, combine productivity, header width

For citation: Mikhaltsov E.M., Kem A.A., Damanskiy R.V., Schmidt A.N. On the compliance of the productivity of domestic combine harvesters and the yield of grain and leguminous crops in Russia. *Agricultural Engineering (Moscow)*, 2023;25(5):23-28. (In Rus.). <https://doi.org/10.26897/2687-1149-2023-5-23-28>.

Введение. Зерновые и зернобобовые культуры в общих посевных площадях нашей страны в настоящее время составляют около 59% (47 млн га). Многообразие почвенно-климатических зон Российской Федерации во многом определяет урожайность сельскохозяйственных культур. По некоторым зонам различия в урожайности одних и тех же культур достигают кратных величин. Например, в расчёте на убранную площадь средняя урожайность зерновых и зернобобовых культур за последние 20 лет в Краснодарском крае составила 4,78 т/га, а в Сибири – 1,51 т/га¹. Очевидно, что при такой разнице в урожайности уборка должна производиться различающимися по производительности техническими средствами. Для конкретного хозяйства выбор технических средств имеет большое значение, поскольку зерноуборочный комбайн эффективно используется только при загрузке молотильно-сепарирующего устройства, близкой к паспортной.

Исследованиями доказано, что на уборочные работы приходится 25...45% прямых технических затрат технологии производства зерновых культур в целом [1]. При нарушении оптимальных сроков уборки потери зерна яровой пшеницы самоосыпанием составляют от 0,77 до 1,0% в сутки [2], при этом большие потери наблюдаются в засушливые годы.

Одной из составляющих себестоимости зерна при комбайновой уборке является стоимость намолота 1 т зерна. Этот показатель характеризует эффективность применения зерноуборочных комбайнов и зависит от соответствия характеристик комбайна и урожайности убираемых культур. Поэтому себестоимость производства зерновых и зернобобовых

культур зависит, в том числе, от правильности подбора уборочного агрегата для уборки в условиях хозяйства. Для рационального подбора зерноуборочного комбайна на основе учёта урожайности возделываемых культур необходимо рассмотреть модельный ряд отечественных зерноуборочных комбайнов.

Цель исследований: выяснение соответствия линейки современных моделей отечественных зерноуборочных комбайнов условиям уборки в различных почвенно-климатических зонах страны с точки зрения загрузки их молотильно-сепарирующих устройств на хлебах различной урожайности.

Материалы и методы. Исследование проведено на основании анализа технических характеристик зерноуборочных комбайнов, производимых ООО Комбайновый завод «Ростсельмаш» и статистической информации о посевных площадях и урожайности зерновых и зернобобовых культур в регионах Российской Федерации. Применены метод математического анализа, расчётный и расчётно-графический методы.

Результаты и их обсуждение. Анализируя существующую классификацию зерноуборочных комбайнов, мы пришли к выводу о том, что она не способствует объективному выбору конкретной модели для применения в условиях определённой урожайности. Поскольку при прямом комбайнировании в условиях невысокой урожайности зерновых и зернобобовых культур подача хлебной массы жаткой даже максимальной ширины захвата не позволяет загрузить молотильно-сепарирующие устройства комбайна до оптимальных значений, оговорённых технической документацией завода-изготовителя, то добиться высокой эффективности его применения невозможно.

Сегодня на рынке сельскохозяйственной техники при очевидном дефиците современных отечественных комбайнов [3] поставки зарубежной техники и запасных частей к ней по объективным причинам

¹ Урожайность сельскохозяйственных культур (в расчёте на убранную площадь) // Единая межведомственная информационно-статистическая система. URL: <https://www.fedstat.ru/indicator/31533> (дата обращения: 18.01.2023).

становятся менее доступными. Дефицит уборочной техники стал причиной отхода большинства сельскохозяйственных предприятий от практики сочетания прямого и раздельного комбайнирования во время уборки. В большинстве случаев хозяйства производят уборку однофазным методом. Причина этого заключается не только в недостатке техники и кадров – существует необходимость повышения рентабельности производства. Ранее проведёнными исследованиями доказано, что максимальная эффективность использования зерноуборочного комбайна достигается при загрузке его молотильно-сепарирующего устройства на уровне 90...100% от паспортной [4].

Российское сельскохозяйственное машиностроение в секторе производства зерноуборочной техники представлено одним предприятием – ООО Комбайновый завод «Ростсельмаш». Линейка зерноуборочных комбайнов, изготавливаемых этим предприятием, состоит из 6 моделей (табл.).

Для реальных условий эксплуатации на уборке незасорённых и неполеглых хлебов урожайностью 0,5...10 т/га и диапазоне рабочих скоростей 6...8 км/ч определена урожайность, при которой обеспечивается максимальная загрузка молотильно-сепарирующего устройства каждой из моделей (ширина захвата жатки – 7 и 9 м) (рис. 1). Максимальная рабочая скорость движения комбайна ограничивается 8 км/ч, поскольку при больших скоростях движения снижается качество работы жатки, повышается напряжённость труда механизатора и возрастают динамические нагрузки на всю конструкцию машины [5].

На диаграмме рисунка 1 утолщённые участки горизонтальных линий соответствуют диапазонам урожайности, в которых комбайн каждой из моделей используется со 100%-ной загрузкой молотильно-сепарирующего устройства при агрегатировании с жатками шириной захвата 7 и 9 м.

Анализ диаграмм свидетельствует о несогласованности смежных моделей линейки отечественных комбайнов по показателю максимальной производительности. Так, в диапазонах урожайности 1,9...2,4; 4,2...5; 7,2...8,5 т/га друг на друга накладываются коридоры эффективного применения двух моделей,

Таблица
Модели зерноуборочных комбайнов «Ростсельмаш» и их основные характеристики

Table
Models of combine harvesters manufactured by Rostselmash and their main characteristics

Модель комбайна <i>Models of combine</i>	Максимальная производительность комбайна, т/ч <i>Combine productivity, t/h</i>	Ширина захвата жатки, м <i>Header width, m</i>
Nova	10	4; 5; 6; 7
Vector 410	12	5; 6; 7; 9
Acros 550 (585)	25	5; 6; 7; 9
T-500	30	7; 9
RSM 161	36	7; 9
Torum 785	45	7; 9

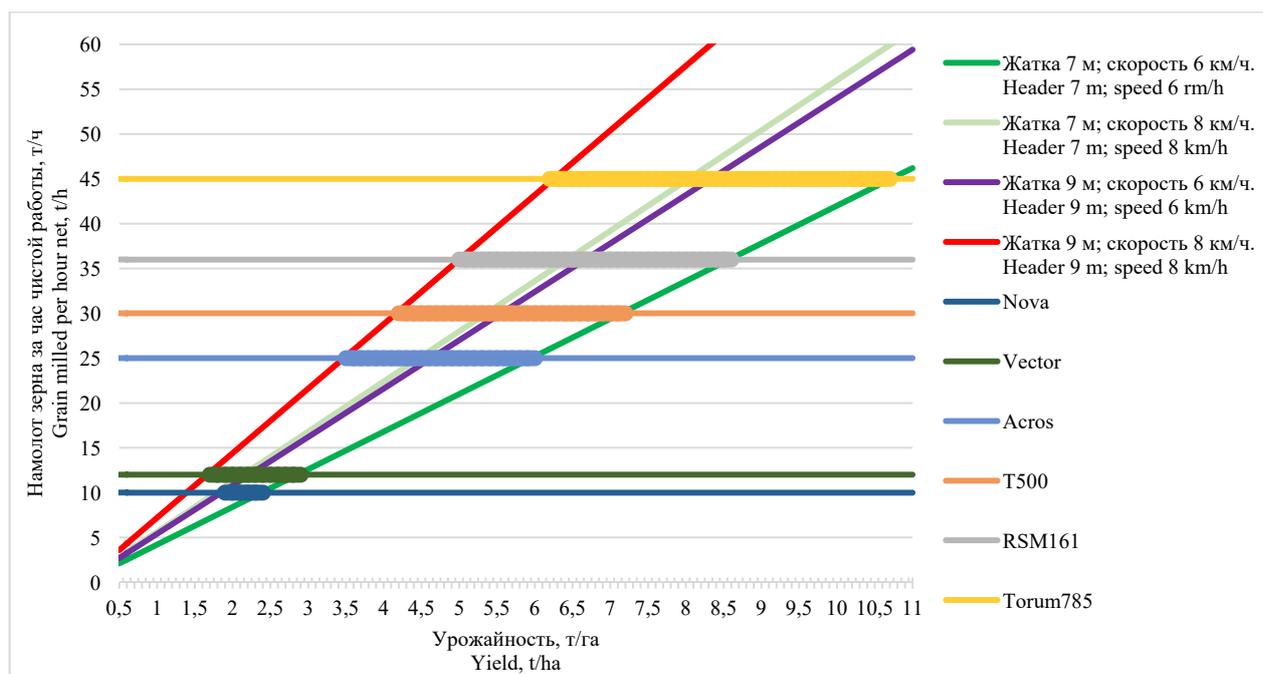


Рис. 1. Коридоры эффективного применения отечественных комбайнов (ширина захвата жатки – 7 и 9 м)
 Fig. 1. Diagram illustrating the effective use ranges of various models of domestic harvesters with headers having a working width of 7 and 9 m

а в диапазонах урожайности 5...6 и 6,2...7,2 т/га – трёх моделей. Одновременно с этим в модельном ряду отсутствуют машины, предназначенные по своим характеристикам для высокоэффективной уборки зерновых и зернобобовых культур с урожайностью до 1,7 т/га и от 2,9 до 3,5 т/га. А это значит, что немалая часть сельскохозяйственных предприятий страны не имеет возможности приобрести отечественные зерноуборочные комбайны, которые соответствовали бы требованиям их номинальной загрузки при уборке хлебов с традиционной для местных условий урожайностью.

Статистические данные² свидетельствуют о том, что в 28 субъектах Российской Федерации средняя урожайность зерновых и зернобобовых культур за последние 5 лет соответствовала как раз тем величинам, для которых отечественная промышленность не производит подходящих по производительности комбайнов. Суммарные площади земель, отведённых в этих областях под посев зерновых и зернобобовых культур, равны примерно 16 млн га, что составляет более 1/3 от общих посевных площадей под этими культурами в Российской Федерации³.

Из вышеизложенного следует, что в данных зонах экономически нецелесообразно использовать рассматриваемые модели зерновых комбайнов. При этом существует возможность приобретения комбайнов зарубежного производства, что в современных условиях сопряжено с рисками при их покупке, а также при закупках запасных частей и расходных материалов к ним.

Для высокоэффективного проведения уборочных работ в различных зонах нашей страны на основе учёта местных условий необходимо модельный ряд зерноуборочных комбайнов согласовывать по производительности смежных моделей. Необходимо учитывать, что на значительных площадях возделывание сельскохозяйственных культур производится при относительно невысокой урожайности и относительно невысокой рентабельности.

Исследованиями, проведёнными на опытной станции ФГБНУ «ВНИИ Агротехники» (Домодедовский район Московской области), определено, что потенциальная продуктивность озимой пшеницы за счёт селекции и применения минеральных удобрений в почвенно-климатических условиях Нечернозёмной зоны Российской Федерации может превышать 9 т/га [6].

² Урожайность сельскохозяйственных культур (в расчёте на убранную площадь) // Единая межведомственная информационно-статистическая система. URL: <https://www.fedstat.ru/indicator/31533> (дата обращения: 18.01.2023).

³ Посевные площади сельскохозяйственных культур // Единая межведомственная информационно-статистическая система. URL: <https://www.fedstat.ru/indicator/31328> (дата обращения: 10.02.2023).

Нижняя граница урожайности, при которой целесообразно возделывать зерновые, определяется уровнем рентабельности производства в конкретных местных условиях и существующей экономической политикой государства в отношении сельскохозяйственной отрасли. В настоящее время в России есть регионы, где возделывание зерновых и зернобобовых культур осуществляется при средней урожайности около 1 т/га.

Рассмотрим один из возможных методов расчёта линейки моделей зерноуборочных комбайнов для уборки зерновых и зернобобовых культур в определённом диапазоне урожайности. Для этого предварительно оговорим следующие допущения и ограничения в условиях России:

1. Максимальная эффективность использования зерноуборочного комбайна достигается при загрузке его молотильно-сепарирующего устройства на уровне 90...100% от паспортной [4].

2. Минимальная урожайность зерновых и зернобобовых культур, при которой имеется экономическая целесообразность их возделывания, условно принята за 1 т/га.

3. Максимальная перспективная урожайность зерновых и зернобобовых культур в производственных условиях – 10 т/га.

4. Для расчётов принято поле без сорной растительности с отсутствием полёгостей стеблестоя. Рабочая скорость комбайна при уборке варьирует от 6 до 8 км/ч.

5. Соломистость, как исходная характеристика хлебного вороха, уже учтена заводом-изготовителем при определении максимальной производительности комбайна, указанной в технических характеристиках.

6. Максимальная эффективность применения любой модели зерноуборочного комбайна как по убранной площади, так и по часовой производительности, достигается при использовании жаток максимальной ширины захвата.

7. Комбайн во время выполнения уборочных работ оборудован системой отслеживания межи между убранным и неубранным участками поля, поэтому использует всю конструктивную ширину захвата жатки.

8. В расчёт берётся только время чистой работы в загонке и не берутся логистические аспекты организации работы комбайнов на поле – такие, как контурность полей, ожидание выгрузки, переезды между полями и пр.

9. Каждая из моделей, имеющая большую производительность, предусматривает 10%-ное перекрытие по производительности со смежной моделью меньшей производительности.

На основании вышеперечисленных допущений и ограничений построена диаграмма (рис. 2).

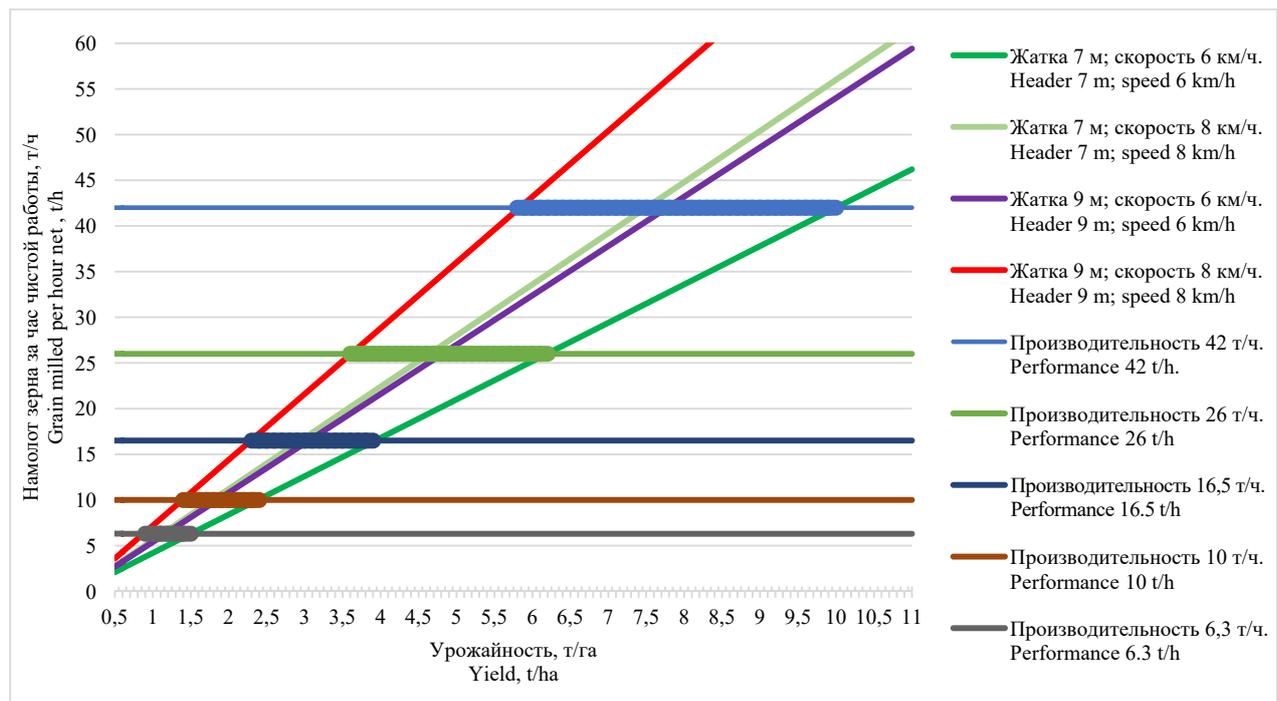


Рис. 2. Рациональное сочетание моделей зерноуборочных комбайнов в перспективной линейке моделей для уборки зерновых и зернобобовых культур при урожайности от 0,87 до 10 т/га

Fig. 2. Diagram illustrating the rational combination of combine harvester models in a promising range of models for harvesting grain and leguminous crops with a yield of 0.87 to 10 t/ha

Анализ диаграммы свидетельствует о том, что для уборки зерновых и зернобобовых культур в условиях России достаточно иметь линейку из 5 моделей зерноуборочных комбайнов. Согласно диаграмме (рис. 2) согласование смежных моделей по производительности не только позволяет количественно оптимизировать модельный ряд, но и обеспечивает потребности любого хозяйства страны в высокоэффективной зерноуборочной технике с учётом типичной для местных условий урожайности. При этом каждая из моделей будет иметь своего потребителя и 100%-ную загрузку в том диапазоне урожайности, на который она рассчитана, а весь модельный ряд даст возможность выбора машины для уборки зерновых и зернобобовых культур в диапазоне урожайности от 0,87 до 10 т/га.

Предложенная визуализация характеристик комбайновой уборки может быть откорректирована с учётом снижения рабочей скорости движения для уборки полёглых и засорённых хлебов или использования жаток меньшей ширины захвата для уборки полей со сложными контурами. Предлагаемый расчётно-графический метод представления характеристик комбайнов в привязке к шкале урожайности,

на наш взгляд, значительно облегчает процесс подбора модели комбайна, подходящей к местным условиям по критерию максимальной загрузки молотильно-сепарирующего устройства.

Выводы

1. Возделывание зерновых и зернобобовых культур не подкреплено производством отечественных зерноуборочных комбайнов, способных обеспечить организацию уборочных работ с высоким уровнем эффективности во всём диапазоне урожайности, характерной для условий России.

2. В линейке зерноуборочных комбайнов отечественного производства отсутствуют модели, рассчитанные на уборку зерновых и зернобобовых культур с урожайностью до 1,7 т/га и от 2,9 до 3,5 т/га. Отсутствие этих моделей обуславливает рост себестоимости производства зерновых в хозяйствах, для которых данная урожайность является типичной.

3. Номенклатура современных отечественных зерноуборочных комбайнов требует переработки с целью согласования смежных моделей по производительности.

Список использованных источников

1. Пронин В.М., Прокопенко В.А., Добрынин Ю.М. Критерии выбора зерноуборочных комбайнов // АгроСнабФорум. 2016. № 5 (144). С. 20-22. EDN: WCAPZZ.
2. 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 (58). С. 375-384. EDN: GOAQNO.
3. Чекусов М.С., Михальцов Е.М., Кем А.А., Шмидт А.Н., Даманский Р.В. Тракторы и комбайны в сельском хозяйстве Омской области // Вестник Омского государственного аграрного университета. 2021. № 4 (44). С. 251-260. EDN: XJPJJO.
4. Ряднов А.И., Федорова О.А., Поддубный О.И. Совершенствование методики выбора зерноуборочных комбайнов // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2020. № 2 (38). С. 163-178. <https://doi.org/10.31774/2222-1816-2020-2-163-178>
5. Ломакин С.Г., Бердышев В.Е. Формирование парка зерноуборочных комбайнов с учётом условий уборки // Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина». 2016. № 5 (75). С. 7-12. EDN: WMUKZZ.
6. Сандухадзе Б.И., Мамедов Р.З., Афанасьев Р.А., Коваленко А.А., Шатохин А.Ю. Факторы урожайности озимой пшеницы в условиях нечерноземья // Плодородие. 2021. № 3 (120). С. 66-70. <https://doi.org/10.25680/S19948603.2021.120.12>

Вклад авторов

Михальцов Е.М. – концептуализация.
 Кем А.А. – создание окончательной версии (доработка) рукописи и её редактирование.
 Даманский Р.В. – визуализация.
 Шмидт А.Н. – верификация данных

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов и несут ответственность за плагиат

Статья поступила 29.03.2023, после рецензирования и доработки 22.09.2023, принята к публикации 25.09.2023

References

1. Pronin V.M., Prokopenko V.A., Dobrynin Yu.M. Criteria for choosing combine harvesters. *AgroSnabForum*. 2016;5:20-22. (In Rus.)
2. Ryadnov A.I., Fedorova O.A., Poddubnyy O.I. Grain losses from increased harvesting time of grain crops. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie*. 2020;2:375-384. (In Rus.)
3. Chekusov M.S., Mihal'cov E.M., Kem A.A., Shmidt A.N., Damanskij R.V. Tractors and combines used in the agricultural sector of the Omsk region. *Vestnik Omskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2021;4:251-260. (In Rus.)
4. Rjadnov A.I., Fedorova O.A., Poddubnyj O.I. Improving the methodology of selecting combine harvesters. *Nauchnyy zhurnal Rossijskogo NI problem melioratsii*. 2020;2:163-178. <https://doi.org/10.31774/2222-1816-2020-2-163-178> (In Rus.)
5. Lomakin S.G., Berdyshev V.E. Formation of combine harvester fleet taking into account harvesting conditions. *Vestnik of Moscow Goryachkin Agroengineering University*. 2016;5:7-12. (In Rus.)
6. Sanduhadze B.I., Mamedov R.Z., Afanas'ev R.A., Kovalenko A.A., Shatokhin A.Ju. Factors of winter wheat yield in non-black soil conditions. *Plodorodie*. 2021;3(120):66-70. <https://doi.org/10.25680/S19948603.2021.120.12> (In Rus.)

Authors' contributions

E.M. Mikhaltsov – conceptualization.
 A.A. Kem – finalization (revision) and edition of the manuscript.
 R.V. Damansky – visualization.
 A.N. Schmidt – data verification.

Conflict of interests

The authors declare no conflict of interests regarding the publication of this article and bear equal responsibility for plagiarism.

Received 29.03.2023; revised 22.09.2023; accepted 25.09.2023