

Научная статья

УДК 631.3.06(571.1/.5)

EDN AVWYTW

<https://doi.org/10.22450/1999-6837-2024-18-4-60-67>

Методы оптимизации продолжительности посева зерновых культур в условиях Сибири

Борис Дмитриевич Докин¹, Анна Александровна Алетдинова²

¹ Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук
Новосибирская область, Краснообск, Россия

² Новосибирский государственный технический университет
Новосибирская область, Новосибирск, Россия

¹ dokin38@mail.ru, ² aletdinova@corp.nstu.ru

Аннотация. Цель исследования заключается в обобщении подходов к расчету оптимальной продолжительности посева зерновых культур. Приведена историческая хронология использования в задаче оптимизации машинно-тракторного парка прямых эксплуатационных затрат, совокупных и полных затрат. Обычно исследователи считали, что потери урожая от затягивания посевых работ пропорциональны их продолжительности, а амортизационные отчисления на технику – обратно пропорциональны оптимальной продолжительности посевных работ. Однако после введения в 2018 г. государственного стандарта, регламентирующего экономическую оценку сельскохозяйственной техники, все прямые эксплуатационные затраты на технику, в том числе и амортизационные отчисления на технику, стали величиной постоянной (в рублях на час работы машинно-тракторного агрегата) и не зависят от продолжительности посевных работ. С другой стороны, необходимо учитывать затраты, связанные с содержанием сельскохозяйственной техники, выплатами на страхование и кредитование. Авторы привели примеры апробации. Поставленный имитационный эксперимент для посева пшеницы на пару по нормальной технологии для Сибири в зависимости от выбора агрегатов показывает наличие вероятности в 2,5–9,5 % невыполнения операции в заданные агротехнические сроки. Дан расчет оптимальной продолжительности прямого посева пшеницы в условиях Сибири при использовании трактора John Deere 96 и посевного комплекса John Deere 730 по формуле на основе производной полных затрат.

Ключевые слова: посевые работы, продолжительность, оценка затрат, техническое обеспечение, методы оптимизации, потери урожая

Для цитирования: Докин Б. Д., Алетдинова А. А. Методы оптимизации продолжительности посева зерновых культур в условиях Сибири // Дальневосточный аграрный вестник. 2024. Том 18. № 4. С. 60–67. <https://doi.org/10.22450/1999-6837-2024-18-4-60-67>.

Original article

Methods for optimizing the duration of grain crop sowing in Siberia

Boris D. Dokin¹, Anna A. Aletdinova²

¹ Siberian Federal Research Centre of Agro-Biotechnologies of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk region, Krasnoobsk, Russian Federation

² Novosibirsk State Technical University, Novosibirsk region, Novosibirsk, Russian Federation

¹ dokin38@mail.ru, ² aletdinova@corp.nstu.ru

Abstract. The purpose of the study is to generalize approaches to calculating the optimal duration of grain crop sowing. The authors provided a historical chronology of the use of direct operating costs, cumulative and complete costs. Generally, researchers believed that crop losses from delaying sowing operations were proportional to their duration, and from depreciation charges on machinery were inversely proportional to optimizing the duration of sowing operations. However, after the introduction in 2018 of the state standard regulating the economic assessment of agricultural machinery, all direct operating costs for machinery, including depreciation charges for machinery, became constant in rubles per hour of operation of the machine and tractor unit and do not depend on the duration of sowing operations. On the other hand, it is necessary to take into account the costs associated with the maintenance of agricultural machinery, insurance payments and loans. The authors gave examples of approbation. The simulation experiment for steam-treated wheat using normal technology for Siberia, depending on the choice of aggregates, shows a probability of 2.5–9.5% failure to perform the operation within the specified agrotechnical time. There is a calculation of the optimal duration of direct sowing of wheat in Siberia using the John Deere 96 tractor and the John Deere 730 sowing complex using a formula based on the derivative of total costs.

Keywords: sowing operations, duration, cost estimation, technical support, optimization methods, crop losses

For citation: Dokin B. D., Aletdinova A. A. Methods for optimizing the duration of grain crop sowing in Siberia. *Dal'nevostochnyi agrarnyi vestnik*. 2024;18:4:60–67. (in Russ.). <https://doi.org/10.22450/1999-6837-2024-18-4-60-67>.

Введение. В мире не зря считают, что один день весной год кормит. Поэтому зарубежные и отечественные исследователи занимались оптимизацией сроков и продолжительности проведения полевых работ при посеве зерновых культур. Если в 1977 г. посевной агрегат, состоящий из трактора ДТ-75, сцепки СП-16 и 4-х сеялок СЗ-3,6, засевал 50 га в день, в 2015 г. агрегат, состоящий из трактора мощностью 500 л. с. и 12-ти метрового посевного комплекса, засевал уже 200–250 га в день. Кроме того, в результате научно-технического прогресса в производстве зерновых культур в Сибири, наряду с экстенсивными, нормальными и интенсивными технологиями, достойное место заняли ресурсосберегающие технологии на базе минимальной и нулевой обработки почвы.

Как отмечают исследователи, затягивание продолжительности посева или выбор неоптимального периода приводят к недобору и потере урожая [1–3]; при этом наблюдается прямая сильная связь между данными показателями [4] и обратная сильная связь между амортизационными отчислениями на технику и оптимальной продолжительностью посевных работ.

Использование научного подхода к оценке сроков и продолжительности посева зерновых культур обычно базируется на оптимизационных методах, чаще всего

реализации задачи линейного программирования.

Цель исследования – обобщить методы оптимизации продолжительности посевных работ и предложить собственный подход с учетом изменившихся экономических условий. В этой связи нами поставлены и решены задачи исследования: рассмотреть историческое развитие методов оптимизации продолжительности посева зерновых культур; обосновать изменение целевой функции, отражающей затраты; провести имитационный эксперимент, показывающий сложность выполнения операции посева в заданные агротехнические сроки; рассчитать оптимальную продолжительность посева пшеницы на основе учета полных затрат.

Материалы и методы исследования. Первые научные работы о взаимосвязи потерь урожая, продолжительности работ и затрат на технику появились в 1963–1966 гг.

D. Hunt опубликовал серию работ (один и с соавторами), последняя из которых датируется 2015 г. [5].

Р. Ш. Хабатов в 1966 г. предложил ввести формулы коэффициентов потерь урожая в зависимости от продолжительности проведения полевых работ. Они были разработаны для различных технологических операций для природных зон

Украины [6], а в дальнейшем использовались и для других территорий.

В том же году В. С. Антошевич в своей докторской диссертации [7] привел выражение для определения оптимальной продолжительности уборки зерновых культур в виде квадратного корня. Числитель подкоренного выражения имел вид:

$$\frac{2J_{\Pi}t_n t_{\text{экс}}}{\Pi_{\text{экс}}} \quad (1)$$

где J_{Π} – переменная часть приведенных затрат при t_n – нормативной продолжительности выполнения работ, руб/га;

$t_{\text{экс}}$ – количество дней, прошедших со времени возможной даты начала работ до времени получения экспериментальных данных о потерях урожая;

$\Pi_{\text{экс}}$ – экспериментальные данные о потерях урожая на конечную дату анализа-руемого срока проведения работ, руб/га.

Следующий прорыв в исследовани-ях совершили М. П. Сергеев и В. Д. Сакла-ков. Они в 1973 г. предложили выражение для определения оптимальной продолжительности посева в виде квадратного корня, где в числителе подкоренного выражения только часть переменных приведенных затрат, учитываемых через удельный вес данной работы в общем объеме работ, выполняемых данным агрегатом (по времени), а в знаменателе – потери от недобора урожая при растягивании сроков работы, которые можно рассчитать по формуле (2) [8]:

$$\Pi_y = K_y U C_{\Pi} \Delta_p \quad (2)$$

где Π_y – потери от недобора урожая при растягивании сроков работы, ц;

K_y – коэффициент учета потерь урожая при растягивании срока работы от опти-мального на один день;

U – урожайность культуры, ц/га;

C_{Π} – закупочная цена продукта, руб/ц;

Δ_p – продолжительность выполнения данной работы, дни.

В 1977 г. автор данной статьи привел практический пример по нахождению оптимальной продолжительности посева для посевного агрегата, состоящего из трактора ДТ-75М, четырех сеялок СЗ-3.6 и сцеп-

ки СП-16. При этом стоимость трактора составила 3 245 руб, сеялки – 750 руб, сцепки – 1 060 руб; урожайность – 15 ц/га; стоимость продукции – 10 руб/ц; дневная производительность машинно-тракторного агрегата – 50 га. В результате, опти-мальная продолжительность посева соста-вила один день [9].

Согласно руководству [10], функция совокупных затрат на выполнение техно-логических операций определяется при использовании формулы (3):

$$f(\Delta_p) = \frac{\alpha_T \times \beta_T \times \gamma_T^i \times \gamma_{\text{cos}}^i}{\Delta_p} + \frac{\alpha_{\text{ПК}} \times \beta_{\text{ПК}} \times \gamma_{\text{ПК}}^i \times \gamma_{\text{cos}}^i}{\Delta_p} + K_{\text{сп}} \times U \times \text{Ц} \times W_{\text{сyt}} \times \Delta_p + C \quad (3)$$

где $\alpha_T, \gamma_T^i, \gamma_{\text{ПК}}^i$ – норма отчислений на ренова-цию трактора и посевного комплекса;

γ^i – часть удельных отчислений на реновацию трактора и посевного комплекса в зависимости от того, какие работы выполняют трактор и посевной комплекс (для простоты взят удельный вес этой работы в годовом объеме работ, выполняе-мых трактором и посевным комплексом);

$K_{\text{сп}}$ – средний коэффициент потерь уро-жая в зависимости от продолжительности работ;

Ц – цена реализации, руб/ц;

$W_{\text{сyt}}$ – суточная производительность ма-шинно-тракторного агрегата;

C – затраты на техобслуживание, ремонт техники, ГСМ, зарплату, а также другие затраты, не зависящие от Δ_p , руб/га.

Если от функции (3) взять производ-ную, приравнять ее к нулю и выразить по-казатель $\Delta_{\text{p опт}}$, получим выражение (4):

$$\Delta_{\text{p опт}} = \sqrt{\frac{\alpha_T \times \beta_T \times \gamma_T^i \times \gamma_{\text{cos}}^j + \alpha_{\text{ПК}} \times \beta_{\text{ПК}} \times \gamma_{\text{ПК}}^i \times \gamma_{\text{cos}}^j}{K_{\text{сп}} \times U \times \text{Ц} \times W_{\text{сyt}}}} \quad (4)$$

В 2015 г. авторы публикации [11] привели еще один практический пример для определения оптимальной продолжительности выполнения работы для посевного агрегата, состоящего из трактора John Deere 9650 и посевного комплекса John Deere 730. При этом было установ-лено ее значение, составившее один день, с учетом условий: балансовая стоимость трактора – 10,6 млн. руб; балансовая сто-имость посевного комплекса – 8 млн. руб;

значение среднего коэффициента потерь урожая в зависимости от длительности работ – 0,01 часть/день; урожайность культуры – 2,6 т/га; цена реализации продукции – 5 000 руб/т.; суточная производительности агрегата – 200 га, при соответствующих значениях коэффициентов.

После введения ГОСТ 34393–2018 «Техника сельскохозяйственная. Методы экономической оценки» все прямые эксплуатационные затраты на технику, в том числе и амортизационные отчисления, стали величиной постоянной. Их выражают в рублях на один час работы машинно-тракторного агрегата и они не зависят от продолжительности посевных работ [12]. Но как показывает мировой опыт [13–15], существуют затраты на технику, связанные только с содержанием ее в парке. Они связаны с кредитованием, страхованием и хранением техники. Поэтому при учете содержания техники в парке такие затраты обратно пропорциональны продолжительности проведения посевных работ для зерновых культур.

После дифференцирования общей функции затрат, связанных с кредитованием, страхованием и хранением техники в зависимости от продолжительности по-

сева зерновых культур, приравняв первую производную к нулю и выполнив преобразования, получили еще один вариант выражения для определения оптимальной продолжительности выполнения посевной работы. При этом данное выражение представляет квадратный корень из дроби, в числителе которой находятся затраты на содержание техники в парке, а в знаменателе – потери урожая от затягивания сроков посевных работ.

В хозяйствах Краснозёрского района Новосибирской области при высоком уровне химизации урожайность пшеницы достигает 4 т/га, а потери урожая составляют 80 тыс. рублей в день. Это означает, что поле, подготовленное под посев, необходимо засеять за один день.

Результаты исследования и их обсуждение. В современных условиях для определения оптимальной продолжительности посева зерновых культур необходимо наиболее полно учитывать затраты, а, следовательно, нужно производить расчеты функции затрат.

Проведем их на основе имитационной модели, реализованной в Anylogic для операции посева пшеницы на пару при нормальной технологии (табл. 1).

Таблица 1 – Результаты прогона имитационной модели для операции посева пшеницы на пару в зависимости от выбранных агрегатов (усредненные значения)

Table 1 – Results of the simulation model run for the operation of steam-treated wheat sowing, depending on the selected aggregates (average values)

Агрегат	Модельное выполнение операции, дни	Выполненный объем работ, усл. эт. га	Загрузка техники за период, %	Вероятность выполнения операции, %
John Deere 730 + John Deere 1910 (посевной комплекс + трактор)	5	52	88,6	80,23
MTЗ-82 + СПЗ-3,6 (трактор и сеялка)		57	95	90,51
John Deere 1895 + John Deere 1910 (посевной комплекс + трактор)		57	95	96,70
New Holland T8040 + Salford (трактор + культиватор)		57	95	91,42
John Deere + DMC 602		57	95	95,29
K-700 + Optima (трактор и сеялка)		57	95	97,54

В начале эксперимента предположим, что объем работ равен 60 усл. эт. га. Норма агротехнических сроков проведения работ установлена 5 дней. Проведем варьирование наборов сельскохозяйственной техники.

Как показали расчеты, в случае применения стандартных нормативов на выполнение операций останутся без посевов 3–8 усл. эт. га в зависимости от использованного набора техники.

В современных условиях актуально для сельскохозяйственных предприятий использование функции полных затрат, которая определяется в зависимости от продолжительности выполнения технологической операции по формуле (5):

$$f(\Delta_p) = K_{\text{сп}} U_{\text{ЦВ}} \Delta_p + \frac{B_{\text{т}}^i p y^j y_{\text{соз}} 10^{-2} T_{\text{сп}}}{\Delta_p} + \frac{B_{\text{пк}} p y^j y_{\text{соз}} 10^{-2} T_{\text{сп}}}{\Delta_p} + \frac{B_{\text{т}}^i s y^j y_{\text{соз}} 10^{-2} T_{\text{сп}}}{\Delta_p} + \frac{B_{\text{пк}} s y^j y_{\text{соз}} 10^{-2} T_{\text{сп}}}{\Delta_p} \quad (5)$$

Рассмотрим пример прямого посева зерновых с использованием трактора John Deere 96 и посевного комплекса John Deere 730.

Для определения оптимальной продолжительности посева пшеницы возьмем первую производную функции $f(\Delta_p)$ по Δ_p и приравняем ее к нулю. После соответствующих преобразований получим оптимальную продолжительность посева пшеницы в виде выражения (6) (см. ниже).

Нами определена оптимальная продолжительность выполнения посева пшеницы, равная 1,15 смен, из условий:

средний коэффициент потерь урожая в зависимости от продолжительности работ – 0,01 часть/день;

урожайность культуры – 1,49 т/га (по данным инвестиционного портала Новосибирской области данное значение составляет среднюю урожайность пшеницы на территории области в 2023 г. [16]);

цена реализации – 10 000 руб/т;

балансовая стоимость трактора i -й марки ($B_{\text{т}}^i$) – 55 млн. руб;

балансовая стоимость посевного комплекса i -ой марки ($B_{\text{пк}}^i$) – 30 млн. руб (стоимость техники искусственно завышена из-за экономических санкций);

ставка кредитования на период пять лет (p) – 30 %;

отчисления на страхование и хранение техники (s) – 15 %;

продолжительность смены – 10 час;

коэффициент, учитывающий долю посевов пшеницы в зерновом клине, для трактора и посевного комплекса – 0,6;

коэффициент, учитывающий неравномерность «созревания полей» для j -ой операции ($y_{\text{соз}}^j$) – 0,01.

Вторая производная функции $f(\Delta_p)$ имеет положительное значение. Это означает, что данная функция в точке «А» приобретает минимальное значение.

Заключение. Задача оптимизации машинно-тракторного парка имеет в качестве целевой функции минимум затрат. Исторически оптимизационные модели совершенствовались, расширялось количество показателей. Как показывает анализ, можно использовать разные виды затрат (эксплуатационные, совокупные, полные). На их основе определяется оптимальная продолжительность посевов культур.

За тридцать лет изменились технологии возделывания зерновых культур и особенно их техническое обеспечение. При этом оптимальная продолжительность посева зерновых на поле, готовом под посев, осталась прежней – в течение одних суток. Поэтому искусство агронома заключается в том, чтобы обеспечить величину коэффициента, учитывающего неравномерность «созревания полей» для операции, в пределах 0,07–0,1, то есть уложиться с посевной за 10–15 дней.

$$\Delta_{\text{п опт}} = \sqrt{\frac{B_{\text{т}}^i p y^j y_{\text{соз}} 10^{-2} T_{\text{сп}} + B_{\text{пк}} p y^j y_{\text{соз}} 10^{-2} T_{\text{сп}} + B_{\text{т}}^i s y^j y_{\text{соз}} 10^{-2} T_{\text{сп}} + B_{\text{пк}} s y^j y_{\text{соз}} 10^{-2} T_{\text{сп}}}{K_{\text{сп}} U_{\text{ЦВ}}}} \quad (6)$$

Список источников

1. Степук Л. Я., Бегун П. П., Лепешкин Н. Д. Недобор и потери урожая как следствие отсутствия стратегии технического обеспечения сельского хозяйства страны // Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве : материалы междунар. науч.-техн. конф. Минск : Белорусская наука, 2017. С. 53–59. EDN ZWCVTF.
2. Степных Н. В. Резервы повышения эффективности зернового производства // Аграрный вестник Урала. 2017. № 6 (160). С. 93–100. EDN ZHDBDP.
3. Коношин И. В., Булавинцев Р. А., Пупавцев И. Е. Опыт эксплуатации посевного комплекса Джон Дир 730 // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2018. № 9. С. 173–178. EDN YTASEX.
4. Батудаев А. П., Цыдыпов Б. С., Соболев В. А. Научные исследования сроков посева яровой пшеницы в условиях Забайкалья // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии имени В. Р. Филиппова. 2020. № 2. С. 160–168. <https://doi.org/10.34655/bgsha.2020.59.2.022>. EDN YFCGNY.
5. Hunt D., Wilson D. Farm power and machinery management. Waveland Press, 2015. 360 р.
6. Хабатов Р. Ш. Методика определения оптимальной структуры и рациональной организации использования машинно-тракторного парка. Киев : ВЦ Госплана УССР, 1969. Вып. 1. 76 с.
7. Антошкевич В. С. Экономический анализ при проектировании сельскохозяйственных машин : автореф. дис. ... докт. экон. наук. М. : ВНИПТИМЭСХ, 1970. 40 с.
8. Саклаков В. Д., Сергеев М. П. Технико-экономическое обоснование выбора средств механизации. М. : Колос, 1973. 199 с.
9. Докин Б. Д. Механизм «обратной связи» при оптимизации состава МТП и сроков проведения полевых работ // Методические принципы оценки системы машин для комплексной механизации растениеводства и животноводства. Новосибирск : Сибирское отделение ВАСХНИЛ, 1977. С. 11–16. EDN ZRVAFL.
10. Системы земледелия и агротехнологии в Новосибирской области : руководство. Новосибирск : Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий РАН, 2016. 232 с.
11. Докин Б. Д., Ёлкин О. В., Лапченко Е., Исакова С. П. Техническое обеспечение сроков проведения полевых работ в условиях Сибири // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2014. № 2 (237). С. 60–64. EDN SDFTYZ.
12. Докин Б. Д., Ёлкин О. В., Алетдинова А. А., Никифорова А. А. Анализ критериев оптимальности при обосновании состава МТП сельскохозяйственных предприятий // Развитие сельского хозяйства на основе современных научных достижений и интеллектуальных цифровых технологий «Сибирь – Агробиотехнологии» : материалы междунар. науч.-практ. конф. Краснообск : Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий РАН, 2019. С. 153–155. EDN MZSHRC.
13. Ленский А. В. Формирование эффективной системы машин для механизации растениеводства. Минск : Научно-производственный центр Национальной академии наук Беларусь по механизации сельского хозяйства, 2018. 377 с.
14. Пронин В. М., Прокопенко В. А. Методика оценки технико-экономических показателей сельскохозяйственной техники по критерию часовых эксплуатационных затрат // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2013. № 3. С. 10–14. EDN QINCPZ.
15. Ларионов В. И. Повышение эффективности использования сельскохозяйственной техники на современном этапе // Актуальные вопросы аграрной науки. 2015. № 15. С. 49–57. EDN XATBНJ.
16. Инвестиционный портал Новосибирской области : [сайт]. URL: <https://invest.nso.ru/ru/content/ekonomika> (дата обращения 04.05.2024).

References

1. Stepuk L. Ya., Begun P. P., Lepeshkin N. D. Income and loss harvest as a consequence of the strategy of technical support for the agricultural economy of the country. Proceedings from Scientific and technological progress in agricultural production: *Mezhdunarodnaya nauchno-tehnicheskaya konferentsiya*. (PP. 53–59), Minsk, Belorusskaya nauka, 2017. EDN ZWCVTF (in Russ.).
2. Stepnykh N. V. Reserves for increasing the efficiency of grain production. *Agrarnyy vestnik Urala*, 2017;6(160):93–100. EDN ZHDBDP (in Russ.).
3. Konoshin I. V., Bulavintsev R. A., Pupavtsev I. E. Operating experience of John Deere 730 seeding complex. *Vestnik Kurskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii*, 2018;9:173–178. EDN YTASEX (in Russ.).
4. Batudaev A. P., Tsydypov B. S., Sobolev V. A. Farming systems research of spring wheat sowing dates in Transbaikalia. *Vestnik Buryatskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii imeni V. R. Filippova*, 2020;2:160–168. <https://doi.org/10.34655/bgsha.2020.59.2.022>. EDN YFCGNY (in Russ.).
5. Hunt D., Wilson D. Farm power and machinery management, Waveland Press, 2015, 360 p.
6. Khabatov R. Sh. *Methodology for determining the optimal structure and rational organization of machine and tractor fleet use*, Kiev, VTs Gosplana USSR, 1969, 76 p. (in Russ.).
7. Antoshkevich V. S. Economic analysis in the design of agricultural machinery. *Extended abstract of doctor's thesis*. Moscow, VNIPTIMESKh, 1970, 40 p. (in Russ.).
8. Saklakov V. D., Sergeev M. P. *Feasibility study of the choice of mechanization means*, Moscow, Kolos, 1973, 199 p. (in Russ.).
9. Dokin B. D. Feedback mechanism for optimizing the composition of the machine and tractor fleet and the timing of field operations. In.: *Metodicheskie printsipy otsenki sistemy mashin dlya kompleksnoy mekhanizatsii rastenievodstva i zhivotnovodstva*, Novosibirsk, Sibirskoe otdelenie VASKhNIL, 1977, P. 11–16. EDN ZRVAFL (in Russ.).
10. *Farming systems and agro-technologies in the Novosibirsk region*, Novosibirsk, Sibirskii federal'nyi nauchnyi tsentr agrobiotekhnologii RAN, 2016, 232 p. (in Russ.).
11. Dokin B. D., Elkin O. V., Lapchenko E. A., Isakova S. P. Provision of technical support for timely cultivations in Siberia. *Sibirskij vestnik sel'skokhozyajstvennoj nauki*, 2014;2(237):60–64. EDN SDFTYZ (in Russ.).
12. Dokin B. D., Elkin O. V., Aletdinova A. A., Nikiforova A. A. Analysis of optimality criteria for justification of the composition of machine and tractor fleet of agricultural enterprises. Proceedings from Development of agriculture based on modern scientific achievements and intelligent digital technologies "Siberia – Agrobiotechnology": *Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya*. (PP. 153–155), Krasnoobsk, Sibirskii federal'nyi nauchnyi tsentr agrobiotekhnologii RAN, 2019. EDN MZSHRC (in Russ.).
13. Lenskiy A. V. *Formation of an effective system of machines for crop mechanization*, Minsk, Nauchno-proizvodstvennyi tsentr Natsional'noi akademii nauk Belarusi po mekhanizatsii sel'skogo khozyaistva, 2018, 377 p. (in Russ.).
14. Pronin V. M., Prokopenko V. A. Methodology for assessing technical and economic performance of agricultural machinery by the criterion of hourly operating costs. *Sel'skokhozyaystvennye mashiny i tekhnologii*, 2013;3:10–14. EDN QINCPZ (in Russ.).
15. Larionov V. I. Improving the efficiency of agricultural machinery at the present stage. *Aktual'nyye voprosy agrarnoy nauki*, 2015;15:49–57. EDN XATBHJ (in Russ.).
16. Investment portal of the Novosibirsk region. *Invest.nso.ru* Retrieved from <https://invest.nso.ru/ru/content/ekonomika> (Accessed 04 May 2024) (in Russ.).

© Докин Б. Д., Алетдинова А. А., 2024

Статья поступила в редакцию 30.08.2024; одобрена после рецензирования 10.10.2024; принята к публикации 06.11.2024.

The article was submitted 30.08.2024; approved after reviewing 10.10.2024; accepted for publication 06.11.2024.

Информация об авторах

Докин Борис Дмитриевич, доктор технических наук, профессор, старший научный сотрудник, Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук, Author ID: 702048, dokin38@mail.ru;

Алединова Анна Александровна, профессор, доктор экономических наук; кандидат технических наук, доцент, Новосибирский государственный технический университет, ORCID: 0000-0002-9257-4735, Author ID: 257678, aletdinova@corp.nstu.ru

Information about the authors

Boris D. Dokin, Doctor of Technical Sciences, Professor, Senior Researcher, Siberian Federal Research Centre of Agro-Biotechnologies of the Russian Academy of Sciences, AuthorID: 702048, dokin38@mail.ru;

Anna A. Aletdinova, Doctor of Economic Sciences, Professor; Candidate of Technical Sciences, Associated Professor, Novosibirsk State Technical University, ORCID: 0000-0002-9257-4735, Author ID: 257678, aletdinova@corp.nstu.ru

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.
The authors declare no conflicts of interests.