

Научная статья

УДК 631.354.2

EDN GNХOKV

DOI: 10.22450/199996837\_2022\_3\_107

### Методы повышения эффективности уборочно-транспортного звена

**Ирина Александровна Лонцева<sup>1</sup>, Игорь Михайлович Кураш<sup>2</sup>,****Ольга Федоровна Овчинникова<sup>3</sup>**<sup>1, 2, 3</sup> Дальневосточный государственный аграрный университет

Амурская область, Благовещенск, Россия

<sup>1</sup> [largoil@mail.ru](mailto:largoil@mail.ru), <sup>2</sup> [ing.mvk@gmail.com](mailto:ing.mvk@gmail.com)

**Аннотация.** Проблема повышения производительности уборочно-транспортного комплекса является актуальной на протяжении многих десятилетий и состоит в правильной подготовке полей с разбивкой на загоны. Установлено, что наиболее эффективными являются способы движения, при которых зерноуборочные комбайны выполняют поворот в правую сторону на концах загона. Работа на одном участке нескольких комбайнов даёт увеличение производительности, если комбайны имеют схожие технические характеристики и мастерство комбайнёров на высоком уровне. Современные зерноуборочные комбайны обладают возможностью разгрузки во время выполнения технологического процесса обмола зерна зерновой массы, но в Амурской области этот приём применяется крайне редко. На простой в ожидании разгрузки и разгрузку зерноуборочный комбайн тратит от одного до трёх часов времени смены. В «горячую» пору уборки урожая такие затраты времени значительны. Предлагаем программный продукт в виде приложения для мобильного устройства, позволяющий отображать на карте в режиме реального времени состояние наполнения бункера зерноуборочного комбайна, направление движения и оставшееся время до полного заполнения. Благодаря предлагаемому приложению, водитель автотранспортного средства сможет более оперативно двигаться к заполняющемуся комбайну. Зная место разгрузки и оставшееся время до заполнения, водитель направляется к нужному зерноуборочному комбайну, выбрав оптимальный маршрут по имеющимся на поле магистральным полосам.

**Ключевые слова:** уборочно-транспортное звено, зерноуборочный комбайн, своевременная разгрузка, программа для оперативного контроля наполнения бункера

**Для цитирования:** Лонцева И. А., Кураш И. М., Овчинникова О. Ф. Методы повышения эффективности уборочно-транспортного звена // Дальневосточный аграрный вестник. 2022. Том 16. № 3. С. 107–114. doi: 10.22450/199996837\_2022\_3\_107.

Original article

### Methods for increasing the efficiency of the harvesting and transport link

**Irina A. Lontseva<sup>1</sup>, Igor M. Kurash<sup>2</sup>,****Olga F. Ovchinnikova<sup>3</sup>**<sup>1, 2, 3</sup> Far Eastern State Agrarian University, Amur region, Blagoveshchensk, Russia<sup>1</sup> [largoil@mail.ru](mailto:largoil@mail.ru), <sup>2</sup> [ing.mvk@gmail.com](mailto:ing.mvk@gmail.com)

**Abstract.** The problem of increasing the productivity of the harvesting and transport complex has been relevant for many decades and consists in the proper preparation of fields broken down into paddocks. It has been established that the most effective methods of movement are those in which combine harvesters perform a turn to the right side at the ends of the pen. Working on the same site of several combines gives an increase in productivity if the combines have similar technical characteristics and the skill of the combine harvesters is at a high level. Modern combine harvesters have the ability to unload during the execution of the technological process of threshing grain mass, but in the Amur region this technique is used extremely rarely. The combine harvester spends from one to three hours of shift time waiting for unloading and unloading. In

the "hot" season of harvesting, such time costs are significant. We offer a software product in the form of an application for a mobile device that allows you to display on the map in real time the state of filling the hopper of the combine harvester, the direction of movement and the remaining time until full filling. Thanks to the proposed application, the driver of the vehicle will be able to move more quickly to the filling combine. Knowing the place of unloading and the remaining time before filling, the driver goes to the right combine harvester, choosing the optimal route along the main lanes available in the field.

**Keywords:** harvesting and transport link, combine harvester, timely unloading, program for operational control of bunker filling

**For citation:** Lontseva I. A., Kurash I. M., Ovchinnikova O. F. Metody povysheniya effektivnosti uborочно-transportnogo zvena [Methods for increasing the efficiency of the harvesting and transport link]. *Dal'nevostochnyj agrarnyj vestnik. – Far Eastern Agrarian Bulletin.* 2022; 16; 3: 107–114. (in Russ.). doi: 10.22450/199996837\_2022\_3\_107.

В Амурской области крупные хозяйства, занимающиеся растениеводством, имеют в наличие поля, общая площадь которых несколько тысяч гектар, при этом каждое отдельное поле до нескольких сотен гектар. Таким образом, каждое поле во время уборки приходится подготавливать и убирать отдельно.

Подготовка полей включает в себя выбор способа движения, направления движения, разбивку поля на загоны, прокосы между загонами и боковые обкосы участков [1].

Направление движения комбайнов на участках с прямостоящими и незначительно полёглыми культурами выбирают так, чтобы рабочие ходы комбайнов совпадали с направлением основной обработки почвы и при этом достигалась максимально возможная длина гона [1, 2].

Вне зависимости от способа комбайнирования перед уборкой подготавливают поворотные полосы выполняя два проезда по краю, что в среднем составляет от 12 до 15 метров [1, 3].

Выделяют следующие способы движения зерноуборочных машин в Амурской области [1, 3]:

1. Загонный с правыми поворотами на концах гона.
2. Загонный с расширением прокоса.
3. Круговой.

Круговой способ используют на небольших участках сложной конфигурации с длиной гона 300 метров и менее.

Если площадь поля значительна, то наиболее эффективным является загонный способ с правыми поворотами на концах гона. Именно при этом способе велика

вероятность быстрой разгрузки зерноуборочного комбайна без выхода из загона или дополнительных холостых переездов.

Чаще всего в Амурской области используется групповой способ уборки, при котором в звене по 2–6 единиц со схожими конструктивными параметрами. В этом случае целесообразно применять загонный способ [1, 3].

Наиболее эффективным является построение уборочно-транспортного звена с обезличенными транспортными средствами. При этом достигается максимальная производительность зерноуборочных комбайнов.

Расстановка зерноуборочных комбайнов в загонах по одному снижает эффективность группового способа работы, направленного на максимальное использование технических возможностей. В этом случае наблюдаются большие простои комбайнов, так как они разбросаны по полю. Всё это приводит к увеличению холостых переездов и потере времени на техническое обслуживание [4].

Как было отмечено, наиболее рационально организовать групповую работу комбайнов по три – четыре агрегата в загоне (рис. 1) [1, 5]. В этом случае сокращаются переезды транспортных средств по полю от одного комбайна к другому, а также простои тех и других в ожидании разгрузки.

Путь зерноуборочного комбайна до заполнения бункера ( $l$ ) определяется выражением (1):

$$l = \frac{10^2 \cdot V \cdot \gamma}{B_p \cdot \vartheta \cdot U} \quad (1)$$

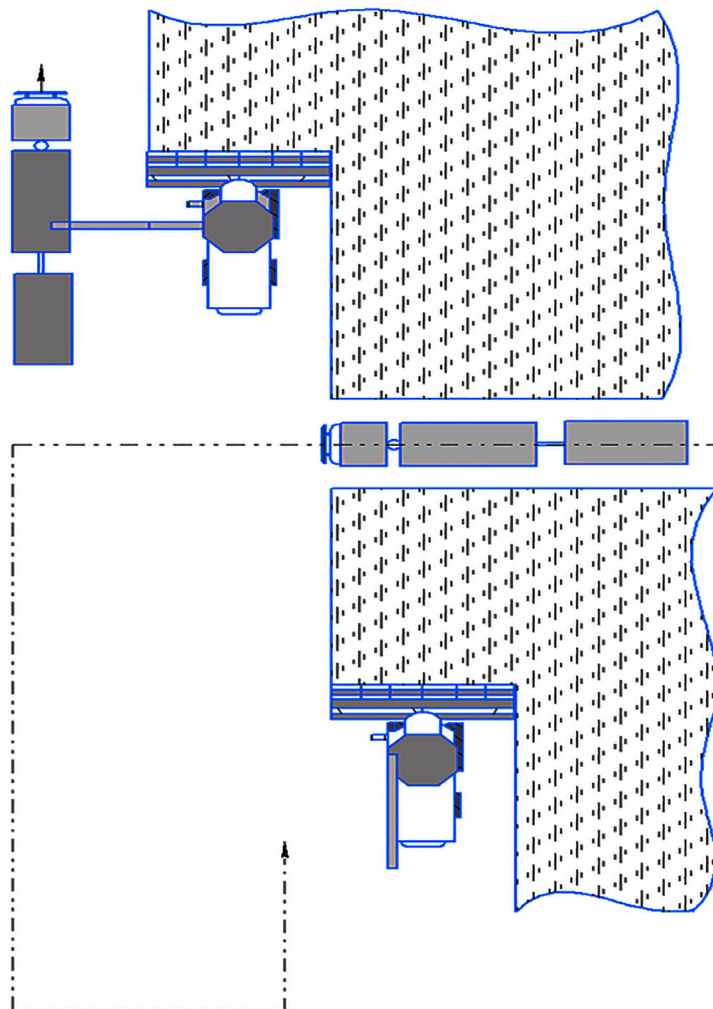


Рисунок 1 – Схема движения уборочно-транспортных машин

где  $V$  – объём бункера (техническая характеристика),  $\text{м}^3$ ;

$\gamma$  – объёмная масса зерна,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;

$B_p$  – ширина захвата жатки,  $\text{м}$ ;

$\vartheta$  – средняя скорость выполнения технологического процесса,  $\text{км}/\text{ч}$ ;

$U$  – средняя урожайность убираемой культуры,  $\text{ц}/\text{га}$ .

Время заполнения бункера ( $T_6$ ) определяется по формуле (2):

$$T_6 = \frac{10^{-3} \cdot l}{\vartheta} = \frac{0,1 \cdot V \cdot \gamma}{B_p \cdot \vartheta^2 \cdot U} \quad (2)$$

Величины ширина захвата ( $B_p$ ) и объём бункера ( $V$ ) – постоянные, так как являются конструктивными параметрами, а средняя скорость выполнения технологического процесса ( $\vartheta$ ) и средняя урожай-

ность убираемой культуры ( $U$ ) – постоянны для конкретных условий уборки.

Для обеспечения бесперебойной работы зерноуборочного комбайна важное значение имеет правильная организация разгрузки бункера [6, 7]. Выгрузка может осуществляться на ходу, одновременно с уборкой, или при полной остановке с выходом из загона [7].

Выгрузка зерна из бункера в условиях Амурской области осуществляется, как правило, при выходе из загона (при групповом способе уборке) и остановке комбайна.

В результате хронометражных наблюдений установлено, что общая продолжительность выгрузки, включающая в себя затраты времени на выезд из загона, ожидание транспортного средства для разгрузки, сам процесс разгрузки, возвраще-

ние в загонку составляет 5–20 минут. Тем самым на разгрузку комбайн тратит от одного до трёх часов времени смены [7].

Нет сомнений в эффективности одновременной выгрузки при выполнении технологического процесса и подъезде транспортного средства к моменту наполнения бункера. Выгрузка на ходу требует опыта согласованной работы водителя и механизатора.

Для решения задач оперативного реагирования водителя автомобиля на движение к зерноуборочному комбайну при благоприятных погодных условиях разгрузка происходит при полном бункере, что значительно облегчает учёт производительности каждого механизатора (комбайнёра). Но в этом случае места разгрузки становятся разбросанными по всему убираемому участку.

Для сокращения переездов по полю транспортным звеньям необходимо проложить поперёк движения комбайнов транспортные магистрали (рис. 1). Наличие таких магистралей позволяет сократить время на стыковку уборочно-транспортного звена для разгрузки. При разгрузке комбайна на ходу транспорт, принимающий зерно, должен двигаться навстречу приближающемуся к магистрали комбайну с тем, чтобы полностью закончить выгрузку к моменту выхода на разгрузочную магистраль. Формирование разгрузочных магистралей необходимо выполнять, исходя из количества точек разгрузки на периметре загона. При объезде по периметру загона длина пути, пройденного комбайном, приближённо равна:

$$S = 2(L + C - 2 \cdot B_p) \quad (3)$$

где  $L$  – длина загона, м;  
 $C$  – ширина загона, м;  
 $B_p$  – ширина захвата жатки, м.

Зная путь наполнения бункера ( $l$ ), можем определить число разгрузок комбайна на периметре из выражения (4):

$$i = \frac{S}{l} = \frac{2 \cdot (L + C - 2 \cdot B_p) \cdot B_p \cdot U}{10^2 \cdot V \cdot \gamma} \quad (4)$$

По мере увеличения числа проходов длина кругового пути сокращается. Так,

при  $n$ -ом объезде длина пути приближённо будет равна:

$$S_n = 2 \cdot (L + C - 2 \cdot B_p \cdot (2 \cdot n - 1)) \quad (5)$$

Соответственно этому сократится и число разгрузок с полным бункером при каждом объезде.

Количество транспортных средств, необходимых для транспортировки зерна от комбайнов на зерновой двор, можно определить по соотношению между поступлением зерна в бункер и производительностью автомобилей, используя выражение (6):

$$\frac{V \cdot \gamma}{T_6} = \frac{N \cdot M_z}{T_{зп}} \rightarrow N = \frac{V \cdot \gamma \cdot T_{зп}}{T_6 \cdot M_z} \quad (6)$$

где  $M_z$  – грузоподъёмность автомобиля, кг;

$T_{зп}$  – продолжительность движения автомобиля «поле – зерновой двор – поле», ч;

$N$  – количество транспортных средств.

Находясь на краю поля, автомобили ожидают заполнения бункера комбайна. При наполнении бункера загорается световой сигнал на крыше кабины зерноуборочного комбайна. Автомобиль направляется к комбайну для разгрузки. При этом затраты времени на подъезд автомобиля к зерноуборочной машине могут составлять до 5 минут, а при отсутствии транспортных магистралей и дольше. За смену эти суммарные затраты времени на ожидание (по хронометражным наблюдениям) достигают одного часа. У автомобилей, ожидающих разгрузку, также снижается производительность из-за значительного периода ожидания.

Для сокращения простоев предлагаем программный продукт в виде приложения, работающего на смартфоне или другом мобильном устройстве с операционной системой iOS и Android. Предполагается, что доступ к программе имеют водители автомобиля и комбайнёры. Водитель на экране мобильного устройства видит зерноуборочный комбайн и траекторию его движения (трек). Также на экране путём анализа локализуется будущее место разгрузки и через какое время разгрузка

должна наступить. В процессе движения комбайна происходит периодическая корректировка времени и места.

Для реализации системы точной подачи транспортного средства к уборочной технике необходимо иметь исходную информацию, получаемую от первичных датчиков и устройств, установленных на комбайне:

- 1) датчик заполнения бункера уборочной техники;
- 2) датчик рабочей скорости уборочной техники;
- 3) GPS-датчик, позволяющий точно определять местоположение объекта, координаты в пространстве;
- 4) датчик урожайности.

Также для получения расчётных значений в программный комплекс необходимо занести исходную информацию о параметрах комбайна:

- 1) конструктивная ширина захвата уборочной техники;
- 2) объём бункера комбайна.

Результаты тестирования программного продукта состоят из следующих этапов. Выбрано поле, на котором запланирован уборочный процесс (рис. 2).

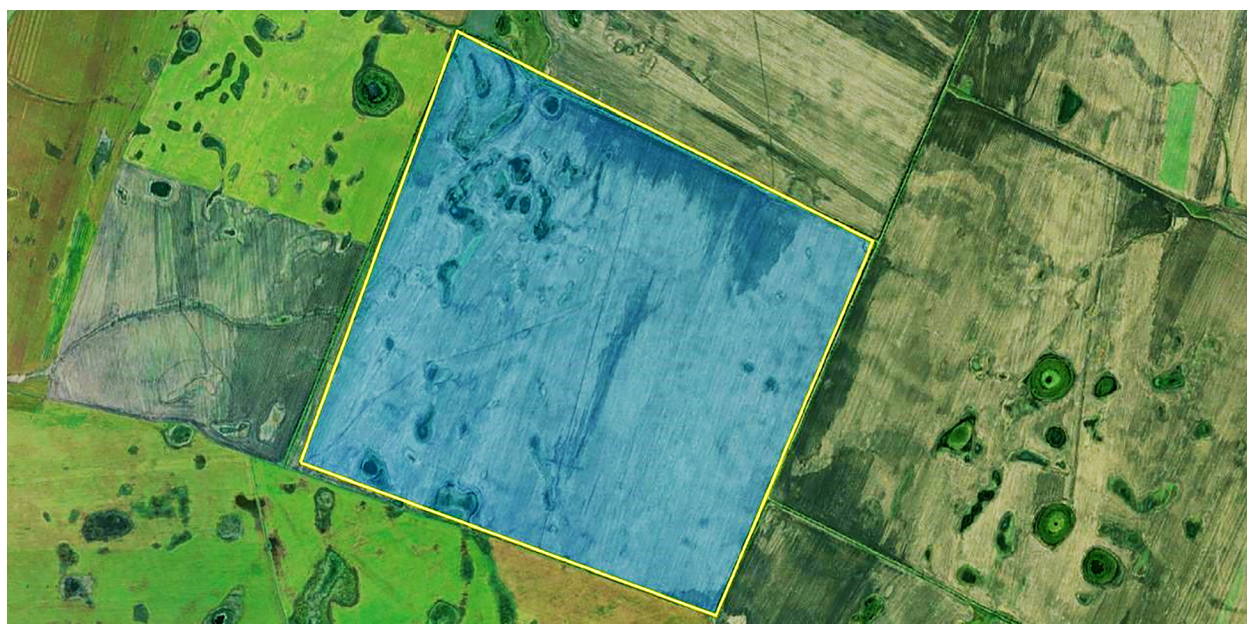
Движение зерноуборочного комбайна показано на рисунке 3.

Размеченная область ориентировочно указывает следующее: зелёная зона соответствует убранной части поля; оранжевая зона – необходимая для уборки часть поля до полной загрузки бункера; синяя зона – неубранная часть поля.

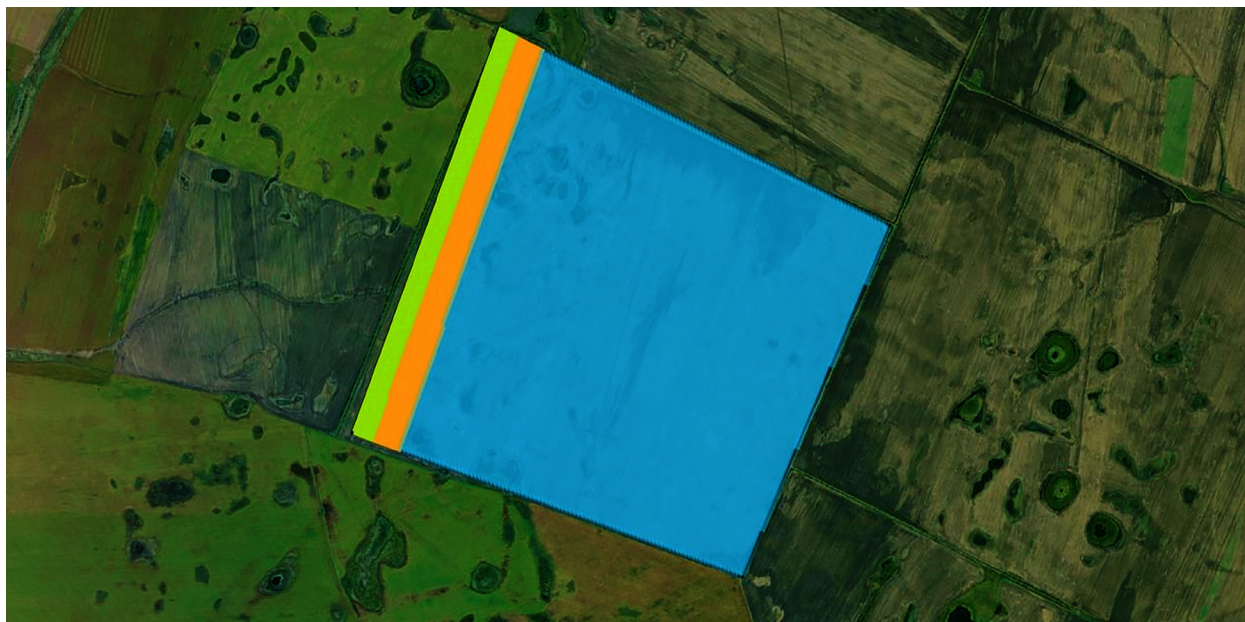
Предполагается, что после запуска программы водитель будет видеть на карте поле, а также все зерноуборочные комбайны, выполняющие уборку. Выбрав нужный комбайн, он оценивает его движение с момента начала наполнения бункера, планируемую траекторию движения, место ближайшей разгрузки на карте и оставшееся время. Зная место разгрузки и оставшееся время до заполнения, водитель направляется к нужному зерноуборочному комбайну, выбрав оптимальный маршрут по имеющимся на поле магистральным полосам.

**Заключение.** Повышение эффективности уборочно-транспортного звена возможно если успешно решены следующие задачи:

- 1) выполнена подготовка поля, включающая в себя обкосы краёв участка и поворотных полос с разбивкой на загоны;
- 2) подготовлены транспортные магистрали для удобного маневрирования автотранспортных средств по полю;



**Рисунок 2 – Поле для тестирования процесса уборки с использованием программного продукта**



**Рисунок 3 – Размеченная область поля на зоны**

3) подобраны группы комбайнов (3–4 единицы) по схожим техническим характеристикам;

4) рассчитаны с учётом урожайности и технических характеристик примерный путь и продолжительность (время) наполнения бункера;

5) подобраны транспортные средства для перевозки зерна.

С учётом решения поставленных задач *рекомендуется использовать программное обеспечение, устанавливаемое*

*на мобильное устройство водителя автотранспортного средства с целью оперативного реагирования и точной подачи транспортного средства к уборочной технике.*

*Своевременное движение автотранспортного средства к почти заполненному бункеру зерноуборочного комбайна значительно сократит непроизводительные потери времени всех участников технологического процесса и увеличит их эффективность.*

#### **Список источников**

1. Лонцева И. А. Повышение эффективности работы зерноуборочных комбайнов на уборке зерновых и сои в условиях Амурской области с использованием систем точного позиционирования : дис. ... канд. техн. наук. Благовещенск, 2012. 174 с.

2. Lontseva I., Sennikov V. Improving the efficiency of combine harvesters // Fundamental and Applied Scientific Research in the Development of Agriculture in the Far East (AFE-2021). Lecture Notes in Networks and Systems, Springer, 2022.

3. Лонцева И. А. Пути повышения эксплуатационной производительности зерноуборочных комбайнов // Дальневосточный аграрный вестник. 2017. № 4 (44). С. 175–181.

4. Лонцева И. А. Логистика уборки урожая // Теория и практика современной аграрной науки : материалы IV нац. (всерос.) науч. конф. с междунар. участием (Новосибирск, 26 февраля 2021 г.). Новосибирск : Новосибирский государственный аграрный университет, 2021. С. 502–505.

5. Лонцева И. А. Выбор оптимальной скорости движения зерноуборочных комбайнов // Новые задачи технических наук и пути их решения : материалы междунар. науч.-практ. конф. (Уфа, 20 февраля 2015 г.). Уфа : Аэтерна, 2015. С. 151–153.

6. Современные технологии уборки зерновых культур и технические средства их реализации с оптимальными параметрами / А. П. Дьячков, В. Г. Козлов, А. Д. Бровченко [и др.] // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2020. № 4. С. 33–43.

7. Безостановочная уборка зерновых культур / А. А. Васильев, С. В. Ковалев, С. Ю. Серков, У. К. Сабиев // Вестник Омского государственного аграрного университета. 2020. № 1. С. 116–122.

### References

1. Lontseva I. A. Povyshenie effektivnosti raboty zernouborochnykh kombajnov na uborke zernovykh i soi v usloviyakh Amurskoj oblasti s ispol'zovaniem sistem tochnogo pozicionirovaniya [Improving the efficiency of combine harvesters for harvesting grain and soybeans in the Amur region using precision positioning systems]. *Candidate's thesis*. Blagoveshchensk, 2012, 174 p. (in Russ.).

2. Lontseva I., Sennikov V. Improving the efficiency of combine harvesters. Proceedings from Fundamental and Applied Scientific Research in the Development of Agriculture in the Far East (AFE-2021). Lecture Notes in Networks and Systems, Springer, 2022.

3. Lontseva I. A. Puti povysheniya ekspluatatsionnoj proizvoditel'nosti zernouborochnykh kombajnov [Ways to increase the operational productivity of combine harvesters]. *Dal'nevostochnyj agrarnyj vestnik*. – *Far Eastern Agrarian Herald*, 2017; 4 (44): 175–181 (in Russ.).

4. Lontseva I. A. Logistika uborki urozhaya [Harvesting logistics]. Proceedings from Theory and practice of modern agricultural science: *IV Nacional'naya (vsrossijskaya) nauchnaya konferenciya s mezhdunarodnym uchastiem (26 fevralya 2021 g.) – IV National (All-Russian) Scientific Conference with international participation*. (PP. 502–505), Novosibirsk, Novosibirskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2021 (in Russ.).

5. Lontseva I. A. Vybor optimal'noj skorosti dvizheniya zernouborochnykh kombajnov [Choosing the optimal speed of movement of combine harvesters]. Proceedings from New problems of technical sciences and ways to solve them: *Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferenciya (20 fevralya 2015 g.) – International Scientific and Practical Conference*. (PP. 151–153), Ufa, Aeterna, 2015 (in Russ.).

6. Dyachkov A. P., Kozlov V. G., Brovchenko A. D., Kolesnikov N. P., Bunina Ya. V. Sovremennye tekhnologii uborki zernovykh kul'tur i tekhnicheskie sredstva ih realizacii s optimal'nymi parametrami [Modern technologies of harvesting grain crops and technical means of their implementation with optimal parameters]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. – *Bulletin of the Voronezh State Agrarian University*, 2020; 4: 33–43 (in Russ.).

7. Vasiliev A. A., Kovalev S. V., Serkov S. Yu., Sabiev U. K. Bezostanovochnaya uborka zernovykh kul'tur [Non-stop harvesting of grain crops]. *Vestnik Omskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. – *Bulletin of Omsk State Agrarian University*, 2020; 1: 116–122 (in Russ.).

© Лонцева И. А., Кураш И. М., Овчинникова О. Ф., 2022

Статья поступила в редакцию 30.07.2022; одобрена после рецензирования 12.09.2022; принята к публикации 12.09.2022.

The article was submitted 30.07.2022; approved after reviewing 12.09.2022; accepted for publication 12.09.2022.

**Информация об авторах**

**Лонцева Ирина Александровна**, кандидат технических наук, доцент, Дальневосточный государственный аграрный университет, [largoil@mail.ru](mailto:largoil@mail.ru);

**Кураш Игорь Михайлович**, аспирант, Дальневосточный государственный аграрный университет, [ing.mvk@gmail.com](mailto:ing.mvk@gmail.com);

**Овчинникова Ольга Федоровна**, старший преподаватель, Дальневосточный государственный аграрный университет

**Information about the authors**

**Irina A. Lontseva**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Far Eastern State Agrarian University, [largoil@mail.ru](mailto:largoil@mail.ru);

**Igor M. Kurash**, Postgraduate Student, Far Eastern State Agrarian University, [ing.mvk@gmail.com](mailto:ing.mvk@gmail.com);

**Olga F. Ovchinnikova**, Senior Lecturer, Far Eastern State Agrarian University