МЕХАНИЗАЦИЯ, АВТОМАТИЗАЦИЯ, МОДЕЛИРОВАНИЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

№ 2 2018

DOI: 10.26898/0370-8799-2018-2-9

УДК 631.554:631.171

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ УБОРОЧНО-ТРАНСПОРТНЫХ МАШИН ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ БОЛЬШЕГРУЗНОГО ПРИЦЕПА-ПЕРЕГРУЖАТЕЛЯ

В.В. ТИХОНОВСКИЙ, кандидат технических наук, доцент, Ю.Н. БЛЫНСКИЙ, доктор технических наук, профессор, Ю.А. ГУСЬКОВ, доктор технических наук, заведующий кафедрой, К.В. ТИХОНОВСКАЯ, магистрант

Новосибирский государственный аграрный университет 630039, Новосибирск, ул. Добролюбова, 160 e-mail: vitalad@ya.ru

Определены пути повышения производительности уборочно-транспортной системы на уборке зерновых культур за счет применения средств позиционирования и мониторинга машин на поле. Исследования проведены в условиях сельскохозяйственных предприятий лесостепной зоны Новосибирской области с 2007 по 2017 г. на протяжении 11 уборочных периодов. Урожайность зерновых составляла до 4,2 т/га, расстояние перевозок до 25 км. С учетом особенностей уборочнотранспортной системы, связанных с отдаленностью полей, времени переезда от одного комбайна к следующему, выгрузки комбайна и большегрузного прицепа-перегружателя представлено выражение определения времени цикла прицепа для перегрузочной схемы транспортного обслуживания с применением средств позиционирования и мониторинга. Установлено, что при выполнении уборочно-транспортных операций по перегрузочной схеме с применением систем позиционирования и мониторинга технических средств и вводе большегрузного прицепа-перегружателя при расстоянии перевозок более 12 км и урожайности более 2 т/га простои уборочных машин и транспортных средств снижаются. Потребность в транспортных средствах сокращается; производительность высокопроизводительных комбайнов повышается на 10–25%; коэффициент поточности є = 0,92, производительность уборочно-транспортной системы в целом повышается на 9–18%.

Ключевые слова: высокопроизводительные комбайны, уборочно-транспортная система, большегрузный прицеп-перегружатель, магистральный автопоезд, позиционирование и мониторинг.

В настоящее время формирование комплексов машин для уборки зерновых происходит с учетом оснащения предприятий высокопроизводительными комбайнами (УМ), что предъявляет повышенные требования к их транспортному обслуживанию. Для решения данной задачи и исключения переуплотнения почвы в странах Западной Европы и Америки широко применяют перегрузочные технологии с включением в состав комплекса машин большегрузных прицепов-перегружателей [1–5].

Ряд крупных фирм — производителей сельскохозяйственной техники в США, Канаде, Германии, России, Польше и в других

странах — выпускают для сельского хозяйства универсальные большегрузные прицепы-перегружатели, оборудованные напольным транспортером и выгрузным шнеком и оснащенные широкопрофильными шинами низкого давления.

При использовании уборочно-транспортных систем (УТС) в едином технологическом процессе для достижения максимального эффекта необходимо соблюдать условие поточности [6–8]. Однако, как показывает производственная эксплуатация различных УТС, возникает ряд проблем, связанных с взаимной увязкой производительности отдельных звеньев системы, что приводит к

появлению значительных взаимообусловленных простоев машин. Эти проблемы можно разрешить за счет использования на поле в уборочно-транспортной системе специальных большегрузных прицепов-перегружателей (БПП) [6–10].

Функционирование машин при данной схеме обслуживания заключается в следующем: на поле прокладывают разгрузочные магистрали (РМ), а большегрузные прицепы-перегружатели собирают зерно от уборочных машин и перемещают его на край поля или разгрузочную магистраль и перегружают в магистральные автопоезда (МА). Если в процессе загрузки магистрального автопоезда к нему подходит комбайн с полным бункером, то он разгружается непосредственно в МА, минуя большегрузные прицепы-перегружатели. В исследованиях В.И. Анискина [6] отмечено, что данная технология позволила снизить простои комбайнов в ожидании выгрузки, а также в 1,5 раза повысить производительность автотранспорта. При этом рассматривался прицеп-перегружатель грузоподъемностью 8 т, а прокладку рабочей магистрали осуществляли в зависимости от наполняемости бункера высокопроизводительных комбайнов. В работе А.Ю. Измайлова [11] отмечено, что при перевозке урожая автопоездами их простои в ожидании загрузки составляли до 30% времени смены.

Таким образом, до настоящего времени транспортное обслуживание с использованием большегрузных прицепов-перегружателей рассмотрено недостаточно и имеет неоднозначную оценку. В связи с этим для подтверждения или опровержения гипотезы о возможности повышения производительности системы за счет использования большегрузных прицепов-перегружателей необходимо исследовать данный вопрос с учетом современных подходов и соответствующего оснащения сельскохозяйственного производства. При получении положительного результата определить рациональные условия их применения.

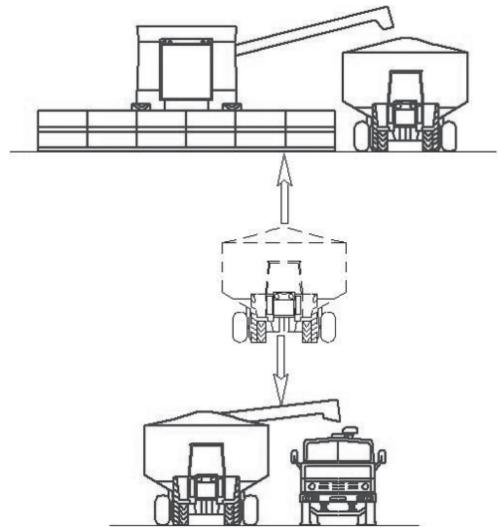
При увеличении расстояния перевозок и использовании высокопроизводительных

комбайнов для обеспечения их бесперебойной работы необходимо применять значительное число магистральных автопоездов, что ведет к простоям последних [6, 8, 12]. Увеличение продолжительности операций приводит к уменьшению эффективности использования как уборочных машин, так и транспортных средств. Таким образом, для исключения простоев комбайнов в ожидании разгрузки и повышения их производительности [5, 13, 14] следует в уборочно-транспортный процесс включить большегрузный прицеп-перегружатель [12, 15], который позволит обеспечить устойчивую работу системы путем разделения операций на уборочные, сборочные и транспортные.

УТС можно представить как сложную систему массового обслуживания с поступлением заявок двух типов. Заявки первого типа (высокопроизводительные комбайны) обладают абсолютным приоритетом перед заявками второго типа (магистральными автопоездами). Для данного потока наиболее приемлема система массового обслуживания со смешанным поступлением заявок, когда большегрузные прицепы-перегружатели обслуживают высокопроизводительные комбайны, поступающие в систему с параметром λ_1 , и магистральные автопоезда, поступающие с параметром λ_2 .

Рассмотрим случай функционирования одноканальной системы массового обслуживания (СМО), в которую поступает поток высокопроизводительных комбайнов с заполненными бункерами и магистральных автопоездов с порожними кузовами (рис. 1). Особенность потоков в том, что магистральные автопоезда, застав все комбайны за работой или в состоянии обслуживания, становятся в очередь. Пусть большегрузные прицепы-перегружатели обслуживают комбайны, а когда все комбайны еще работают, БПП обслуживают магистральные автопоезда. При заполнении бункера хотя бы у одного комбайна прицепы-перегружатели начинают обслуживать его, заканчивая погрузку магистральных автопоездов.

Время обслуживания высокопроизводительных комбайнов (УМ) и магистраль-



Puc. 1. Транспортное обслуживание высокопроизводительных комбайнов с перегрузкой материала в большегрузный прицеп-перегружатель

Fig. 1. Transport service of high performance combine harvesters reloading materials into heavy-duty trailer loader

ных автопоездов также представляет собой случайные величины, подчиняющиеся по-казательному закону распределения. Интенсивность обслуживания УМ — μ_1 . Интенсивность обслуживания МА — μ_2 . Время обслуживания УМ представляет собой случайную величину с одним и тем же распределением вероятностей P(t).

Работа зерноуборочного комбайна, прицепа-перегружателя и магистрального автопоезда как системы уборочно-транспортного процесса происходит в пределах поля и прилегающих по контуру дорог. Полные бункеры комбайны перегружают в большегрузный прицеп-перегружатель, который, обслужив все комбайны, перегружает зерно в магистральные автопоезда, ожидающие на разгрузочной магистрали или на краю поля. Поле характеризуется следующими параметрами: конфигурацией, длиной гона, шириной, урожайностью убираемого материала, расстоянием от поля до пункта послеуборочной обработки зерна.

При работе уборочно-транспортной системы возможны случаи, когда УМ разгружают полные бункеры в магистральные автопоезда. Это возможно в том случае, когда БПП занят, а комбайн набрал бункер и находится рядом с МА.

Рассмотрим взаимодействие УМ – БПП – МА в уборочно-транспортной системе на уборке зерновых. В системе работают n убо-

рочных машин, при одновременном заполнении бункеров они образуют поток с интенсивностью λ_1 . В системе работают m магистральных автопоездов, при прибытии на поле они образуют поток порожних кузовов с интенсивностью λ_2 . В свою очередь, большегрузный прицеп-перегружатель обслуживает уборочные машины, поступающие в систему с интенсивностью μ_1 , а магистральные автопоезда — с интенсивностью μ_2 . При этом возможно образование очереди из уборочных машин и магистральных автопоездов, если производительность БПП недостаточна.

По характеру входные потоки заполненных бункеров и прибытия магистральных автопоездов на поле из-за случайных промежутков времени между их поступлениями рассмотрим как стохастические простейшие потоки. При этом на движение потока зерна в пределах поля будет влиять эффективность БПП, который является связующим звеном между МА и УМ. Для этого

при взаимодействии БПП и МА, УМ и БПП следует учитывать время цикла БПП в зависимости от числа машин в уборочно-транспортной системе.

Рассмотрим работу системы, когда объем БПП больше или равен суммарному объему бункеров комбайнов системы

$$Q_{\text{BIIII}} \geq \Sigma Q_{\text{B}}$$

где $Q_{\rm BIIII}$ – объем БПП, м³, $\Sigma Q_{\rm B}$ – суммарный объем бункеров УМ.

Магистральные автопоезда поступают на край поля или на разгрузочную магистраль (пункт A), где ожидают загрузку зерном (рис. 2).

Так, при обслуживании УМ время цикла БПП для обеспечения их бесперебойной работы опишем выражением следующего вида:

$$T_{\text{ЦБПП(1$-$pasa)}} = \left(\sum_{2}^{n} \left(\left(t_{n}^{\text{Б}} - \Delta t_{n}^{\text{ПиМ}} \right) + t_{n\text{выгр}} \right) \right) + \left(t_{\text{MA}} + t_{\text{МАВЫГР}} \right) + t_{1}, \qquad (1)$$

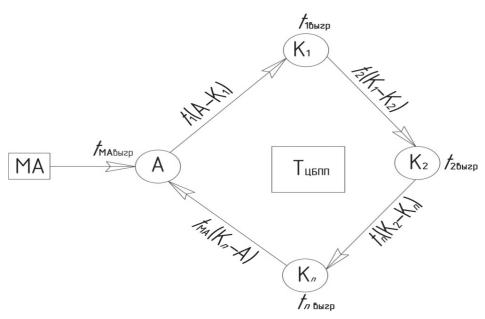


Рис. 2. Схема процесса формирования времени цикла прицепа-перегружателя:

 K_1 , K_2 , K_n – количество комбайнов в звене; $t_1(A-K_1)$ $t_{MA}(K_n-A)$ – время передвижения большегрузного прицепа-перегружателя от точки стоянки или загрузки до следующей точки загрузки или выгрузки в MA; $t_{1_{\text{Выгр}}}$ $t_{n_{\text{ выгр}}}$ – время выгрузки первого комбайна в БПП; n-го.

Fig. 2. The trailer reload time cycle process scheme:

 K_1 , K_2 , K_n – the number of combine harvesters in a group; $t_1(A-K_1)$ $t_{MA}(K_n-A)$ – transportation time of trailer loader from stand point or loading point to the next loading/ unloading point into MA (line-haul train); $t_{lunload}$ $t_{n \text{ unload}}$ – unloading time of the first combine harvester into trailer loader; n.

(которое справедливо при условии, что в

звене $n \geq 2$), где $\left(t_{_{n}}^{^{\mathrm{B}}} - \Delta t_{_{n}}^{^{\mathrm{ПиМ}}}\right)$ — время переезда ОТ одного комбайна к следующему, ч; $\Delta t_n^{\Pi_{\rm HM}} = t_n^{\rm B} - t_n^{\Pi_{\rm HM}} -$ изменение времени печ; реезда от одного комбайна к следующему с ПиМ, ч; без применения ПиМ $\Delta t_n^{\Pi_{\text{иМ}}} = 0$ ч; $t_n^{\Pi_{\text{MM}}}$ — время переезда от одного комбайна к следующему с Π иM, ч; $t_n^{\rm E}$ — время переезда от одного комбайна к следующему без Π иM, ч; t_{mun} – время выгрузки комбайна в большегрузный прицеп-перегружатель, ч; t_{MA} – время переезда от последнего комбайна к МА, ч; $t_{\text{ТСвыгр}}$ – время разгрузки БПП в магистральный автопоезд, ч; t_1 – время переезда от магистрального автопоезда до первого комбайна, ч.

Необходимо учитывать, что производительность БПП зависит от числа обслуживающих уборочных машин (п) и магистральных автопоездов (m). Тогда время цикла БПП с учетом ограничений примет вид:

- 1. Условие $Q_{\text{БПП}}/Q_{\text{Б}}=1,2,...,n-$ целые числа. 2. Суммарный объем бункеров УМ не бо-
- лее объема БПП.
- 3. Время переезда от места остановки составляет $T_{\text{пБПП}} = t_{\text{A} \to 1 \to 2 \to \dots \text{к.....A.}}$ 4. Форма расположения комбайнов на поле
- не отражается на числе переездов.
- 5. Суммарная длина переездов

$$L_{OB} = \left(\sum_{i=1}^{n} L_{i}\right). \tag{2}$$

6. Суммарное время переезда БПП от начала движения до возврата в начальную точку

$$\sum_{i=1}^{k} T_{\text{БПП} k} = \sum_{t=1}^{n} t_{i} = \sum_{t=1}^{n} \frac{L_{i}}{v_{i}}.$$
 (3)

7. Время остановки для разгрузки бункера зависит от числа обслуженных комбайнов.

Время раз-грузки ком-байна
$$t_n + \frac{Q_{\rm L}}{W_{\rm BIII}};$$
 с остановкой комбайна
$$t_n + \frac{Q_{\rm L}}{W_{\rm BIII}}.$$
 (4)

8. Общее время остановки БПП на выгрузке комбайнов

$$\sum_{i=1}^{n} T_{_{BK}} = t_{M}(t_{_{OCT}}) + \frac{Q_{B}}{W_{BIII}}, \qquad (5)$$

где $t_{\scriptscriptstyle \rm M}$ – время маневрирования БПП для комбайнов, выгрузка без остановки; $t_{\text{ост}}$ – время остановки БПП для выгрузки комбайнов.

9. Время выгрузки БПП в исходной точке

$$T_{BB\Pi\Pi} = \frac{Q_{B\Pi\Pi}}{W_{B\Pi\Pi\Pi\Pi}}.$$
 (6)

10. Общее время цикла сбора и выгрузки

$$T_{\text{ЦБПП}(2\phi a3a)} = \sum_{i=1}^{k} T_{\text{БПП}_{k}} + \sum_{i=1}^{n} T_{\text{ВК}_{n}} + T_{\text{ВБПП},}$$
 (7)

где $\sum T_{\text{БПП}_k}$ – время переездов БПП от исходной точки до возвращения к ней, ч; $\sum_{i=1}^{n} T_{BK_{n}}$ – общее время выгрузки комбайнов, ч; $T_{{\scriptscriptstyle {\rm B ar B \Pi \Pi}}}$ – время выгрузки перегружателя, ч.

- 11. В случае $Q_{\text{БПП}} \neq Q_{\text{6}}$ в соответствии с условием, что комбайны не должны стоять, возможны частичные перевозки одиночным транспортом (прямоточные перевозки).
- 12. Успешное решение может быть получено при сочетании крупнотоннажных и одиночных обслуживающих транспортных средств (см. п. 11).

Экспериментальные исследования технологической схемы транспортного обслуживания зерноуборочных комбайнов с использованием большегрузного прицепаперегружателя, агрегатируемого с трактором-тягачом (рис. 3), проведены в АО «Черновское» Кочковского района Новосибирской области. В этом случае использовали разработанные авторами методы позиционирования и мониторинга машин (ПиМ) в подсистемах.

При проведении исследований фиксировали следующие временные параметры: время намолота бункера комбайном, время оборота магистрального автопоезда, время простоя высокопроизводительного комбайна и магистрального автопоезда. В качестве критерия







Рис. 3. Транспортное обслуживание комбайнов с применением большегрузного прицепа-перегружателя

Fig. 3. Transport service of combine harvesters with the use of heavy-duty trailer loader

оценки работы использовали производительность уборочно-транспортной системы.

На основе расчетных данных с использованием реальных временных характеристик, полученных экспериментально, выявлены зависимости простоя комбайнов и магистральных автопоездов — соответственно Кк, $\mathrm{KT} = f(\alpha)$ (рис. 4) [16].

Анализ зависимостей показывает, что время простоя УМ и МА от изменения α_2 с учетом позиционирования и мониторинга

изменяется следующим образом: для высокопроизводительного комбайна с увеличением параметра α_2 коэффициент простоя снижается, а для магистральных автопоездов увеличивается. Необходимо отметить, что позиционирование и мониторинг УТС позволяют несколько снизить простои технических средств на величины ΔK_K , ΔK_T .

При обеспечении пропускной способности $\alpha_2 = 0.98, ..., 1, 2$ простои машин будут минимальными, что увеличит время полез-

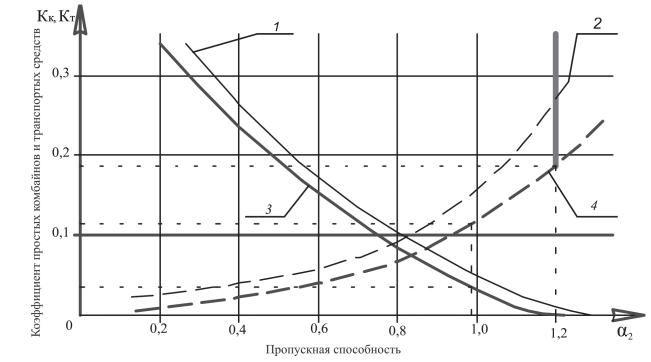
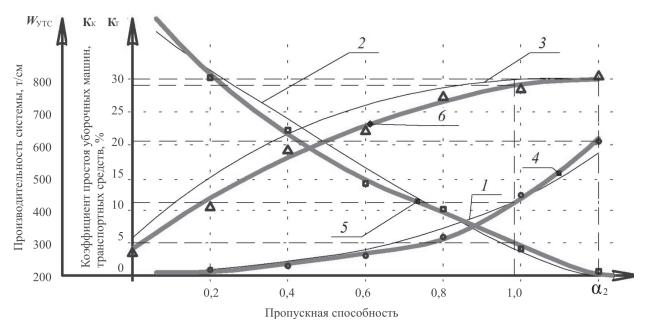


Рис. 4. Зависимость коэффициента простоя высокопроизводительных комбайнов и магистральных поездов от пропускной способности α_2 :

без ПиМ: 1 – комбайнов: 2 – магистральных автопоездов; с применением ПиМ: 3 – комбайнов; 4 – магистральных автопоездов

Fig. 4. Dependence of high performance combine harvesters and line-haul trains down-time ratio on carrying capacity α_{γ} :

without positioning and monitoring means: 1 – combine harvesters; 2 – line-haul trains; with positioning and monitoring means: 3 – combines harvesters; 4 – line-haul trains



 $Puc.\ 5.\ 3$ ависимость теоретических и экспериментальных показателей эффективности функционирования уборочно-транспортной системы от изменения пропускной способности α_2 : теоретические значения: I – коэффициент простоя транспортных средств; 2 – коэффициент простоя уборочных машин; 3 – производительность системы, т/см; экспериментальные значения: 4 – коэффициент простоя транспортных средств; 5 – коэффициент простоя уборочных машин; 6 – производительность системы, т/см

Fig. 5. Dependence of theoretical and experimental data of harvesting-transportation system efficiency on changes in its carrying capacity α_2 :

Theoretical data: *1* – downtime ratio of vehicles; *2* – downtime ratio of harvesting machines; *3* – performance of the system t/cm Experimental data: *4* – downtime ratio of vehicles; *5* – downtime ratio of harvesting machines; *6* – performance of the system t/cm

ной работы, следовательно, увеличит производительность уборочно-транспортной системы в целом.

Зависимость теоретических и экспериментальных показателей эффективности функционирования УТС от изменения пропускной способности α_2 представлена на рис. 5. Анализ зависимостей показывает, что экспериментальные кривые близки к теоретическим, т.е. применяемая модель описания данной технологической схемы транспортного обслуживания уборочных машин достаточно адекватна.

Необходимо отметить, что использование большегрузного прицепа-перегружателя в схеме транспортного обслуживания зерноуборочных комбайнов позволяет снизить коэффициент простоя УМ до 5–7%, магистральных поездов до 10–12% при условии достижения максимальной производительности УТС.

выводы

- 1. Введение большегрузных прицеповперегружателей в уборочно-транспортную систему с перегрузкой материала и применением позиционирования и мониторинга снижает простои машин. Потребность в транспортных средствах уменьшается, так, коэффициент простоя уборочных машин снижается до 5–7%, магистральных поездов до 10–12%.
- 2. Применение перегрузочной технологии транспортного обслуживания с элементами позиционирования и мониторинга позволяет повысить производительность комбайнов на 10–25%, уборочно-транспортной системы в целом на 9–18 %.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Даммер С., Дегнер И. Оптимизация полевых работ. Комбайновая уборка: ни минуты простоя // Новое сел. хоз-во. 2000. № 2. С. 34–37.
- 2. **ADAS.** Cost of soil compaction during corn harvest // Farm J. 1990. Vol. 16, N 10. P. 19–20.

- 3. **Канделя М.В., Липкань А.В.** Разработка транспортно-технологического средства на гусеничном ходу // С.-х. машины и технологии. 2014. № 2.– С. 15–19.
- 4. **Гольтяпин В.Я.** Технологические и технические решения совершенствования уборки зерновых культур // Тракторы и сельхозмашины. 2014. № 7. С. 48–52.
- 5. Измайлов А.Ю., Артюшин А.А., Евтюшенков Н.Е., Бисенов Г.С., Рогожин В.Ф., Кынев Д.Н. Расчет производительности и потребности технических средств уборочно-транспортного комплекса // С.-х. машины и технологии. 2016. № 2. С. 5–10.
- Анискин В.И., Евтюшенков Н.Е. Технологии и транспортные средства для перевозки зерна // Техника в сел. хоз-ве. 2005. № 1. С. 7–11.
- 7. **Измайлов А.Ю., Евтюшенков Н.Е.** Методика исследования уборочно-транспортных процессов // Техника в сел. хоз-ве. 2010. № 2. С. 40–43.
- 8. **Пьянов С.В.** Уборочно-транспортный комплекс машин для крупнотоварного производства зерна // Техника в сел. хоз-ве.— 2003. N

 otation 1. C. 11-14.
- 9. **Измайлов А.Ю.** Типаж и структура транспортных погрузочно-разгрузочных средств АПК // Техника в сел. хоз-ве. 2006. № 4. С. 4—7.
- 10. Измайлов А.Ю., Евтюшенков Н.Е. Эффективность новых транспортных технологий в АПК // С.-х. машины и технологии. 2009. № 2(9). С. 32–36.
- 11. **Измайлов А.Ю.** Повышение уровня использования транспорта в сельском хозяйстве // Техника в сел. хоз-ве. 2006. № 2. С. 8–10.
- 12. **Игнатов В.Д.** Некоторые результаты исследования функционирования уборочнотранспортных поточных линий в условиях Сибири // Тр. ЧИМЭСХ. 1972. Т. 65. С. 114—124.
- 13. **Полевые** работы в Сибири в 2012 году: рекомендации СО Россельхозакадемии. Новосибирск, 2012. 170 с.
- 14. **Измайлов А.Ю., Шогенов Ю.Х.** Интенсивные машинные технологии и техника нового поколения для производства основных групп сельскохозяйственной продукции // Техника и оборудование для села. 2017. № 7. С. 2–6.
- 15. **Завалишин Ф.С.** Основы расчета механизированных процессов в растениеводстве. М.: Колос, 1973. 319 с.

 Тихоновский В.В. Технико-технологическое обеспечение уборки зерновых на основе позиционирования и мониторинга: дис... канд. техн. наук. – Новосибирск, 2015. – 161 с.

REFERENCES

- 1. **Dammer S., Degner I.** Optimizatsiyapolevykh rabot. Kombainovaya uborka: ni minuty prostoya // Novoe sel. khoz-vo. 2000. № 2. S. 34–37.
- 2. **ADAS.** Cost of soil compaction during corn harvest // Farm J. 1990. Vol. 16, N 10. P. 19–20.
- 3. **Kandelya M.V., Lipkan' A.V.** Razrabotka transportno-tekhnologicheskogo sredstva na gusenichnom khodu // S.-kh. mashiny i tekhnologii. 2014. № 2. S. 15–19.
- 4. **Gol'tyapin V.Ya.** Tekhnologicheskie i tekhnicheskie resheniya sovershenstvovaniya uborki zernovykh kul'tur // Traktory i sel'khozmashiny. 2014. № 7. S. 48–52.
- 5. **Izmailov A.Yu., Artyushin A.A., Evtyushenkov N.E., Bisenov G.S., Rogozhin V.F., Kynev D.N.** Raschet proizvoditel'nosti i potrebnosti tekhnicheskikh sredstv uborochno-transportnogo kompleksa // S.-kh. mashiny i tekhnologii. 2016. № 2. S. 5–10.
- 6. **Aniskin V.I., Evtyushenkov N.E.** Tekhnologii i transportnye sredstva dlya perevozki zerna // Tekhnika v sel. khoz-ve. 2005. № 1. S. 7–11.
- 7. **Izmailov A.Yu., Evtyushenkov N.E.** Metodika issledovaniya uborochno-transportnykh protsessov // Tekhnika v sel. khoz-ve. 2010. № 2. S. 40–43.
- 8. **P'yanov S.V.** Uborochno-transportnyi kompleks mashin dlya krupnotovarnogo proizvodstva zerna // Tekhnika v sel. khoz-ve. 2003. № 1. S. 11–14.
- 9. **Izmailov A.Yu.** Tipazh i struktura transportnykh pogruzochno-razgruzochnykh sredstv APK // Tekhnika v sel. khoz-ve. 2006. № 4. S. 4–7.
- 10. **Izmailov A.Yu., Evtyushenkov N.E.** Effektivnost' novykh transportnykh tekhnologii v APK // S.-kh. mashiny i tekhnologii. 2009. № 2 (9). S. 32–36.
- 11. **Izmailov A.Yu.** Povyshenie urovnya ispol'zovaniya transporta v sel'skom khozyaistve // Tekhnika v sel. khoz-ve. 2006. № 2.– S. 8–10.

- 12. **Ignatov V.D.** Nekotorve rezul'taty issledovaniya funktsionirovaniya uborochno-transportnykh potochnykh linii v usloviyakh Sibiri // Tr. ChIMESKh. – 1972. – T. 65. –S. 114–124.
- 13. Polevye raboty v Sibiri v 2012 godu: rekomendatsii SO Rossel'khozakademii. - Novosibirsk, 2012. – 170 s.
- 14. Izmailov A.Yu., Shogenov Yu.Kh. Intensivnye mashinnye tekhnologii i tekhnika novogo pokoleniya dlya proizvodstva osnovnykh
- grupp sel'skokhozvaistvennoi produktsii // Tekhnika i oborudovanie dlya sela. – 2017. – № 7. - S. 2-6.
- 15. Zavalishin F.S. Osnovy rascheta mekhanizirovannykh protsessov v rastenievodstve. – M.: Kolos, 1973. – 319 s.
- 16. Tikhonovskii V.V. Tekhniko-tekhnologicheskoe obespechenie uborki zernovykh na osnove pozitsionirovaniya i monitoringa: dis... kand. tekhn. nauk. – Novosibirsk, 2015. – 161 s.

THE INTERACTION OF HARVESTING AND TRANSPORT MACHINERY WHEN USING THE HEAVY-DUTY TRAILER-LOADER

V.V. TIKHONOVSKY, Candidate of Science in Agriculture, Assistant Professor, Yu.N. BLYNSKY, Doctor of Technical Sciences, Professor, Yu.A. GUSKOV, Doctor of Technical Sciences, Head of the Department, K.V. TIKHONOVSKAYA, Student in the Master's Programme

> Novosibirsk State Agrarian University 160 Dobrolyubova str., Novosibirsk, 630039, Russia e-mail: vitalad@ya.ru

The ways of improving performance of the harvesting-transportation system for harvesting grain crops by applying means for positioning and monitoring vehicles in the field were identified. The studies were conducted in agricultural enterprises of the forest-steppe zone of Novosibirsk region from 2007 to 2017 during eleven harvesting periods. The grain yields amounted to 4.2 tonnes per ha, the distance of transportation was up to 25 km. Taking into account the peculiarities of the harvesting-transportation system due to remoteness of the fields, the time for moving from one harvester to the next, unloading a harvester and a heavy-duty trailer-loader, an expression was obtained to determine the time cycle of the trailer reload scheme for handling the transport service with the use of positioning and monitoring means. It was established that when performing harvesting and transporting in the reloading scheme with the application of positioning systems and monitoring technical means and the use of heavy-duty trailer-loader for transporting distances of over 12 km and yields of over 2 tonnes per ha, the idle time of harvesters and vehicles decreased. The need in vehicles was also reduced; efficiency of high-performance combine harvesters increased by 10-25%; the coefficient of threading $\varepsilon = 0.92$; performance of harvesting-transportation system as a whole increased by 9-18 %.

Keywords: high-performance combine harvesters, harvesting-transportation system, heavy-duty trailer-loader, line-haul train, positioning and monitoring means

Поступила в редакцию 30.03.2018