

УДК 631.3542



РАСЧЕТ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ И ПОТРЕБНОСТИ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ УБОРОЧНО-ТРАНСПОРТНОГО КОМПЛЕКСА

ИЗМАЙЛОВ А.Ю.¹,

академик РАН,

АРТЮШИН А.А.¹,

член-корр. РАН,

ЕВТЮШЕНКОВ Н.Е.¹,

докт. техн. наук,

БИСЕНОВ Г.С.²,

канд. экон. наук,

РОЖИН В.Ф.¹,

ст. науч. сотр.,

КЫНЕВ Д.Н.¹,

инженер-исследователь

¹Всероссийский научно-исследовательский институт механизации сельского хозяйства, 1-й Институтский проезд, 5, Москва, 109428, Российская Федерация, e-mail: vim-transport@mail.ru

²АО «Уральскагрореммаш», Улица Чингирлауская, 7/1, Уральск, 090005, Республика Казахстан, e-mail: oralrem@mail.ru

Спутниковый мониторинг и учет топлива стали насущной необходимостью для нормальной работы автотранспорта. Внедрение системы, работающей с использованием современных спутниковых технологий позволяет снизить затраты на транспортные расходы, повысить эффективность использования сельхозтехники. Предложен алгоритм для моделирования технологий транспортирования урожая от зерноуборочных комбайнов по перевалочным схемам, с использованием перегрузчика на базе тракторного прицепа и сменных кузовов. Установили, что при применении системы ГЛОНАСС производительность комбайнов возрастает с увеличением длины гона, а количество перегрузчиков разных моделей существенно снижается. Отметили, что чем мощнее перегрузчик, тем меньше требуется машин, так как их производительность возрастает. Определено, что с увеличением урожайности на 2 т/га потребность в комбайнах и перегрузчиках возрастает независимо от их мощности. Показали, что при внедрении рациональных форм организации работ можно значительно снизить простои комбайнов, резко увеличить производительность транспортных средств и тем самым уменьшить потери зерна вследствие сокращения сроков уборки. Отметили, что проблема оптимального построения и функционирования уборочно-транспортных комплексов сельскохозяйственных организаций с использованием сменных адаптеров и навигационных спутниковых систем ГЛОНАСС/GPS актуальна и имеет важное народнохозяйственное значение. Установлено, что решение этой проблемы позволит, во-первых, повысить эффективность работы уборочно-транспортных комплексов в результате сокращения простоев техники и сроков уборки урожая сельскохозяйственных культур и, во-вторых, существенно увеличить загрузку отечественной системы ГЛОНАСС. Система спутникового мониторинга уборочно-транспортного комплекса с использованием данных ГЛОНАСС оправдывает затраты на ее установку и эксплуатацию в течение 3-9 месяцев, что снижает общие затраты на содержание автопарка на 30 процентов.

Ключевые слова: уборка зерновых культур, транспортирование, перегрузчик, сменный кузов, производительность, расход топлива, трудоемкость, эксплуатационные и энергетические затраты.

Уборка урожая сельхозкультур, особенно зерновых – пиковый период по количеству применяемой зерноуборочной и транспортной техники. Для ее рационального использования необходимо обработать большой объем информации по природно-климатическим и технологическим

условиям взаимосвязанной работы уборочной и транспортной техники, определить эксплуатационно-технические и экономические показатели, на основе которых принимаются решения по способу проведения уборочной кампании [1-7].

Цель исследований – разработка методики и ре-

ализующего ее алгоритма для ПК по моделированию технологий транспортирования урожая от уборочных комбайнов в альтернативных перевалочных схемах и обоснование рационального сочетания техники в них.

Материалы и методы. Для выбора рациональной ресурсосберегающей технологической схемы и обоснования для нее перспективных транспортных средств, работающих взаимосвязанно с высокопроизводительными комбайнами, были заложены два сценария исследуемых схем работы перегрузчика в перевалочной технологии:

вариант 1 – перегрузчик со сменным кузовом на тракторном прицепе осуществляет сбор зерна от комбайна или группы комбайнов и отвозит его к разгрузочной площадке на краю поля, опускает на землю и устанавливает на прицеп пустой кузов, с которым возвращается в поле к очередному готовому к разгрузке комбайну;

вариант 2 – зерно из бункера комбайна или группы комбайнов выгружается в кузов прицепного перегрузчика, доставляется им к расставленным на краю поля сменным кузовам, выгружается в них, после чего перегрузчик возвращается в поле к готовому для разгрузки комбайну. Дальнейшая операция со сменными кузовами заключается в установке их на шасси ТС и доставке на ток хозяйства для доработки [8, 9].

Один из основных показателей использования техники – производительность как конкретного технического средства, так и комплекса в целом.

Для расчета часовой производительности $m_{wk}(t)$ и потребного количества уборочной техники n_k на выполнение ожидаемого объема работ $m_{yi}(t)$ на площади F_i в оптимальные агротехнические сроки $D_{k.onm}$ необходимо определить сменный объем работ b_i [5].

Ожидаемая часовая производительность уборочного комбайна (по площади, га) берется на основе экспериментальных данных или рассчитывается по выражению:

$$m_{wk}(t) = 0,1 \cdot \tau \cdot k \cdot B_{жс} \cdot v_k - t_{\alpha} \sigma_{wk}, \quad (1)$$

где τ – коэффициент использования времени смены, который складывается из времени цикла комбайна и времени, затрачиваемого на его различные технологические остановки, ч;

t_1 – время технологического обслуживания комбайна;

t_2 – время технического ухода;

t_3 – время устранения неисправности;

t_4 – время на отдых;

k – коэффициент использования ширины захвата жатки комбайна;

$B_{жс}$ – ширина жатки комбайна, м;
 v_k – рабочая скорость комбайна, км/ч;
 t_{α} – коэффициент Стьюдента;
 σ_{wk} – среднее квадратическое отклонение производительности комбайна от математического ожидания с вероятностью α , т/га. Цикл комбайна $t_{цк}$, включающий сумму времени на: только заполнение бункера зерном $t_{нб}$, устранение неполадок $t_{н}$, ожидание подъезда транспорта $t_{ожст}$ и выгрузку зерна из бункера в кузов транспортного средства $t_{рб}$, ч (рис. 1), используется для расчета коэффициента использования времени смены.

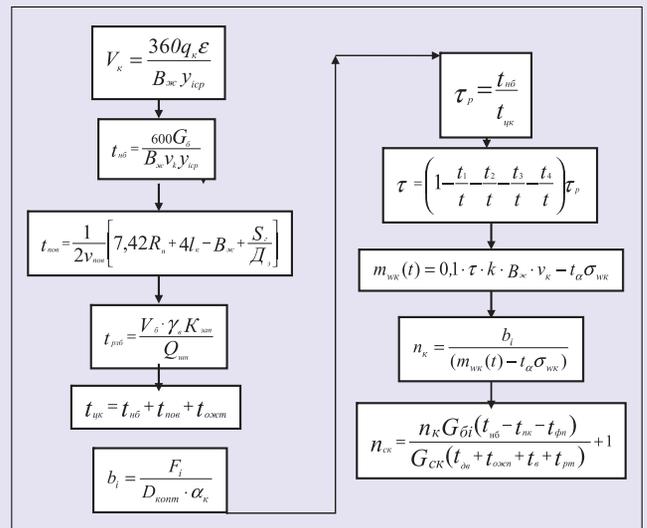


Рис. 1. Блок-схема алгоритма моделирования работы уборочного комбайна

Рабочая скорость комбайна определяется в зависимости от пропускной способности молотильного барабана, урожайности культуры и рассчитывается по формуле:

$$v_k = \frac{360q_k \epsilon}{B_{жс} y_{иср}}, \quad (2)$$

где q_k – пропускная способность комбайна, кг/с;
 ϵ – поправочный коэффициент пропускной способности – 0,9;

$y_{иср}$ – средний урожай на поле или участке, определяемый путем картирования урожая при подготовке поля к уборке, т/га.

Требуемое количество уборочной техники (комбайнов) для выполнения запланированных сменных объемов b_i работ за t часов равно:

$$n_k = \frac{F(m_{yi}(t) + t_{\alpha} \sigma_{yi})}{(m_{wk}(t) - t_{\alpha} \sigma_{wk}) D_{k.onm} \alpha_k} = \frac{b_i(m_{yi}(t) + t_{\alpha} \sigma_{yi})}{(m_{wk}(t) - t_{\alpha} \sigma_{wk})}, \quad (3)$$

где F – посевная площадь,

σ_{yi} – среднее квадратическое отклонение урожайности от математического ожидания с вероятностью α , т/га.

Изложенную выше формализацию аналитического расчета [6] цикла работы комбайна, его производительности и потребного количества можно представить в виде блок-схемы, показанной на рисунке 1.

Для обеспечения синхронности работ уборочной и транспортной техники, то есть для своевременного обслуживания требований, поступающих от комбайнов, необходимо определить время цикла работы транспорта $t^{1,2}_{цп}$ и продолжительность цикло-рейсов для альтернативных технологических схем транспортирования зерна от них, а именно время: $t_{ожсн}$ – среднее время ожидания перегрузчиком между двумя выгрузками зерна из бункера комбайна, мин; $t_{рб} = t_{в}$ – время разгрузки бункера комбайна, мин; $t_{рм}$ – среднее время разгрузки ТС в компенсатор или для подъема-опускания сменного кузова на землю, мин; $t_{нк}$ – время погрузки полных кузовов-накопителей на автопоезд, мин; $t_{фн}$ – время формирования автопоезда, мин; $t_{неп}$ – продолжительность переезда от комбайна к комбайну, мин; $t_{дв}$ – время движения ТС, мин, в зависимости от v_m – средней технической скорости движения перегрузчика в поле, или автомобиля, в зависимости от типа дорожного покрытия α_L , км/ч, и расстояния $L_{мр}$ транспортирования перегрузчиком от комбайна до сменного кузова, а для автопоезда – от поля до тока, км.

Продолжительность времени $t_{рм}$, $t_{нк}$, $t_{фн}$ определяется хронометражем.

Таким образом, продолжительность цикла перегрузчика можно вычислить по формуле:

$$t^{1,2}_{цп} = n_{б}(t_{ожсн} + t_{неп} + t_{в}) + t_{рм} + t_{дв}. \quad (4)$$

Основной принцип применения перевалочной технологии – это снижение потребности в автомобилях, особенно на больших расстояниях от полей до пунктов доработки зерна. Идея оптимального количества использования компенсационных емкостей в поле в виде сменных кузовов должна ликвидировать простои автопоездов в ожидании их наполнения зерном. В результате цикл работы автопоезда должен включать, мин:

$t_{нк}$ – время погрузки полных кузовов-накопителей на автопоезд;

$t_{фн}$ – время формирования автопоезда в поле и на току;

$t_{дв}$ – время движения ТС от поля до пункта доработки и обратно;

$t_{рм}$ – время разгрузки автопоезда в зависимости от организации обработки груженого транспорта на пункте послеуборочной доработки;

$t_{он}$ – время на взвешивание и оформление приходных накладных.

В результате среднее операционное время, при-

ходящееся на один транспортный цикл поле – ток – поле автопоезда, определяем по следующей формуле:

$$t_{цан} = t_{дв} + t_{нк} + t_{фн} + t_{рм} + t_{он}. \quad (5)$$

Количество кузовов-накопителей $n_{кн}$, выставленных на разгрузочной площадке по краям поля, определяется по формуле:

$$n_{кн} = \frac{t_{вб} - t_{нк} - t_{фн}}{t_{дв} + t_{ожсн} + t_{в} + t_{рм}} + 1. \quad (6)$$

Зная фактическую грузоподъемность кузова перегрузчика и цикл его оборота, можно определить производительность по классической формуле, т/ч:

$$W_n = \frac{G_{кн} \tau}{t_{цп}^{1,2}}, \quad (7)$$

где τ – коэффициент использования времени смены комбайна.

Производительность автопоезда определяем по формуле:

$$W_{ан} = \frac{G_{кн} \tau_a}{t_{цан}}, \quad (8)$$

где τ_a – коэффициент использования времени смены автопоезда.

Потребное количество перегрузчиков для обслуживания группы комбайнов n_k , в зависимости от математического ожидания их суммарной производительности по зерну, находим по выражению [5]:

$$n_n = \frac{n_k (m_{wk}(t) - t_{\alpha} \sigma_{wk})}{(m_{wn}(t) - t_{\alpha} \sigma_{wk})}. \quad (9)$$

Принцип применения сменных кузовов как компенсирующих емкостей в автоперевозках зерна по перевалочной технологии заключается в том, что автопоездам нет необходимости ждать, когда появится заполненный кузов, то есть к возврату автопоезда с тока их должно быть хотя бы на один больше, чем автопоезд размещает на шасси и прицепах. Следовательно, в цикле времени автопоезда присутствуют только формирование груженого состава, отвоз, разгрузка, оформление накладной и возврат в поле.

Количество сменных кузовов $k_{ком}$, которое комбайны наполняют за смену, количество рейсов r_q , которое один автомобиль сможет сделать, и количество кузовов n_{ck} , которое он может переместить за смену, определяют потребность в автомобилях [6-8]:

$$n_a = \frac{k_{ком}}{n_{ck}}. \quad (10)$$

Алгоритм вышеизложенных расчетов представлен в виде логической последовательности в блок-схе-

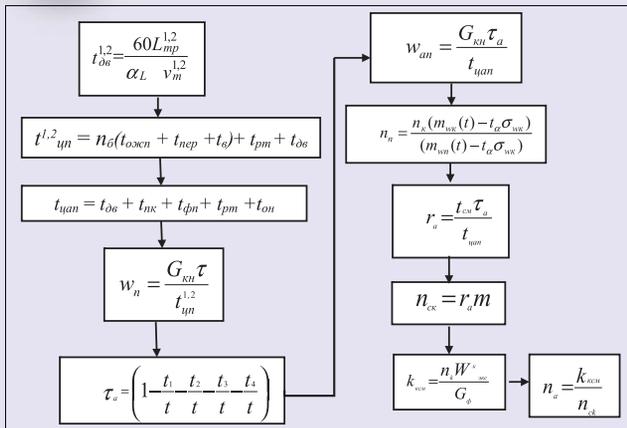


Рис. 2. Блок-схема алгоритма моделирования работы перегружателей и автотранспорта

ме на рисунке 2.

После сбора и обработки хронометражных наблюдений [10-12] и занесения в базу данных реальной стохастической информации алгоритм моделирования функционирует в последовательности, приведенной на рисунке 3.

Выводы

1. Расчет параметров в системе машин и оборудования потока «заявок» транспортных средств, доставляющих порожние накопители в поле под загрузку, должен быть идентичным расчету для первой системы – потока перегружателей, ожидающих загрузку зерном из бункеров комбайнов, с заменой потока комбайнов на поток наполненных зерном накопителей, ожидающих отправки и разгрузку на пункте послеуборочной обработки зерна и замены их встречным потоком порожних накопителей.

Литература

- Измайлов А.Ю., Елизаров В.П., Антышев Н.М., Бейлис В.М. Система технологий, типов и параметры машин для комплексной механизации растениеводства: разработка и развитие в рыночных условиях. – М.: ВИМ, 2010. – 264 с.
- Измайлов А.Ю., Евтюшенков Н.Е., Дзоценидзе Т.Д., Левшин А.Г., Галкин С.Н. Инновационное развитие транспортной сферы агропромышленного комплекса. – М.: ВИМ, 2011. – 232 с.
- Измайлов А.Ю., Лобачевский Я.П. Инновационные механизированные технологии и автоматизированные технические системы для сельского хозяйства // Модернизация сельскохозяйственного производства на базе инновационных машинных технологий и автоматизированных систем: Сб. докл. Междунар. науч.-техн. конф. Ч. 1. – М.: ВИМ, 2012. – С. 31-44.
- Галкин С.Н., Дзоценидзе Т.Д., Левшин А.Г.,

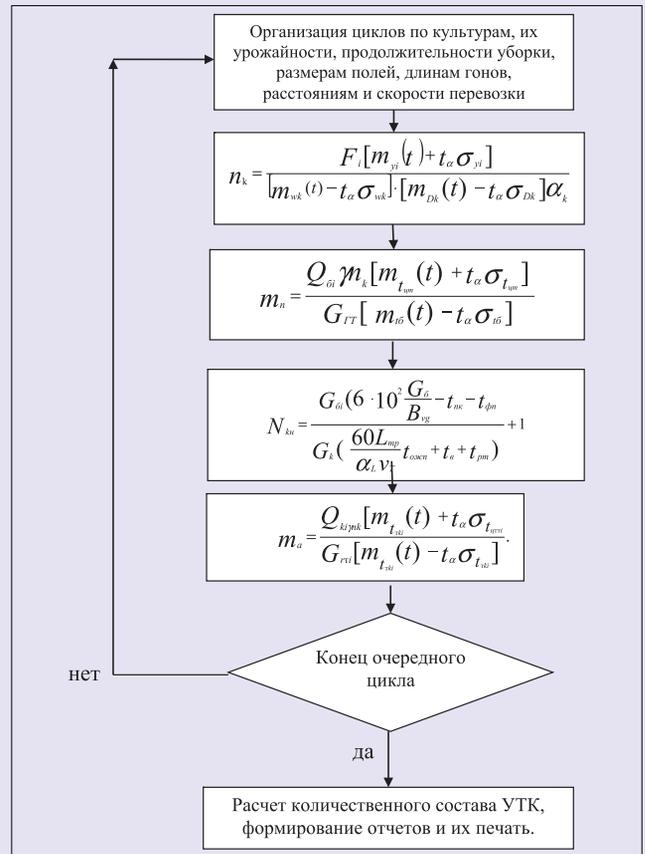


Рис. 3. Блок-схема расчета стохастической модели УТК

2. Оптимизацию вариантов технического оснащения уборочно-транспортного комплекса следует проводить по критерию «минимум затрат совокупной энергии» с использованием результатов имитационного моделирования по определению их количественного состава.

- Евтюшенков Н.Е., Измайлов А.Ю. Агротехнические и технологические параметры автомобилей сельскохозяйственного назначения // Тракторы и сельхозмашины. – 2011. – № 5. – С. 3-6.
- Измайлов А.Ю. Технологии и технические решения по повышению эффективности транспортных систем АПК. – М.: Росинформагротех, 2007. – 198 с.
 - Измайлов А.Ю. Техническое обеспечение транспортной логистики в технологиях производства сельскохозяйственной продукции: Автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.05.01. – М., 2007. – 43 с.
 - Измайлов А.Ю., Артюшин А.А., Смирнов И.Г., Евтюшенков Н.Е., Колесникова В.А., Личман Г.И., Марченко Н.М., Марченко Л.А., Хорошенков В.К. Концепция развития системы оперативного управления автотранспортными и другими мобильными техническими средствами, применяемыми в сельском хозяйстве с использо-

ванием ГЛОНАСС/GPS. – М.: ВИМ, 2014. – 64 с.

8. Курбанов Р.К. Автотракторная контейнерная система перевозок сельскохозяйственных грузов // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. – 2011. – № 5. – С. 26-27.

9. Измайлов А.Ю., Евтюшенков Н.Е., Васильев А.Ю. Развитие транспортной и погрузочно-разгрузочной техники в сельском хозяйстве России // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. – 2010. – № 2. – С. 14-18.

10. Бисенов Г.С. Технологии перевозки зерна // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. –

2012. – № 6. – С. 11-16.

11. Бисенов Г.С. Повышение эффективности транспортного комплекса в аграрном секторе Казахстана // *Аграрная наука – сельскохозяйственному производству Сибири, Монголии, Казахстана и Болгарии* : Сб. докл. Междунар. науч.-техн. конф. Т. 2. – М.: Петропавловск, 2012. – С. 285-287.

12. Бисенов Г.С. Технологический процесс сбора зерна от комбайнов ДОН-1500Б и перегрузки в автопоезда: Сб. докл. Междунар. науч.-техн. конф. Ч. 2. – М.: ВИМ, 2013. – С. 235-237.

ANALYSIS OF GENERAL PLOW BODY TRACTIVE RESISTANCE

A.Yu. Izmaylov, A.A. Artyushin, N.E. Evtushenkov, V.F. Rozhin, D.N. Kynev, G.S. Bisenov

All-Russia Research Institute of Mechanization for Agriculture, 1st Institutskiy proezd, Moscow, 109428, Russian Federation

Satellite monitoring and the fuel accounting is an urgent need for normal operation of motor transport. Introduction of a system activity with use of modern satellite technologies allows to lower transportation costs, to increase efficiency of use of agricultural machinery. The authors offered algorithm for modeling of technologies of a crop transportation from combine harvesters according to transfer schemes, with use of a loading crane based on the tractor-trailer and replaceable bodies. At application of the GLONASS system combines capacity grows with increase in length of furrow, and the quantity of re-loaders of different models significantly decreases. The more powerful of a re-loader is the fewer tracks are necessary due to their capacity increases. When yield increase by 2 t/ha the need for combines and re-loaders increases irrespective of their power. Rational forms of the organization of operations enable reduction of standing time of combines, increase capacity of transportation vehicles and by that grain loss reduction owing to reduction reducing of harvest terms. The problem of optimum construction and functioning of harvest and transport complexes of the agricultural enterprises with use of replaceable adapters and navigation satellite systems of GLONASS/GPS is actual. It is of major importance to national economy. The solution of this problem will make it possible firstly to raise effectiveness of performance of harvest and transport complexes because of reduction of standing time of machines and terms of harvesting and secondly to increase loading of domestic GLONASS system essential. The system of satellite monitoring with use of GLONASS data justifies costs of its installation and operation within 3-9 months that lowers the common costs of vehicle fleet by 30 percent.

Keywords: Grain crops harvesting; Transportation; Re-loader; Replaceable body; Capacity; Fuel consumption; Labor input; Operational and power expenses.

References

1. Izmaylov A.Yu., Elizarov V.P., Antyshev N.M., Beylis V.M. *Sistema tekhnologiy, tipazhey i parametry mashin dlya kompleksnoy mekhanizatsii rastenievodstva: razrabotka i razvitie v rynochnykh usloviyakh* [System of technologies, ranges and parameters of machines for complex mechanization of plant growing: working out and development in market conditions]. Moscow: VIM, 2010. 264 pp. (Russian).

2. Izmaylov A.Yu., Evtushenkov N.E., Dzotsenidze T.D., Levshin A.G., Galkin S.N. *Innovatsionnoe razvitie transportnoy sfery agropromyshlennogo kompleksa* [Innovative development of transportation sphere in agro-industrial complex]. Moscow: VIM, 2011. 232 pp. (Russian)..

3. Izmaylov A.Yu., Lobachevskiy Ya.P. *Innovatsionnye mekhanizirovannye tekhnologii i avtomatizirovannye tekhnicheskie sistemy dlya sel'skogo hozjajstva* [Innovative mechanized technologies and the automated technical systems for agriculture.]. *Modernizatsiya sel'skokhozyaystvennogo proizvodstva na baze innovatsionnykh mashinnykh tekhnologiy i avtomatizirovannykh sistem: Sb. dokl. Mezhdunar. nauch.-tekhn. konf. Ch. 1. Moscow: VIM, 2012. pp. 31-44 (Russian).*

4. Galkin S.N., Dzotsenidze T.D., Levshin A.G., Evtushenkov N.E., Izmaylov A.Yu. *Agrotekhnicheskie i tekhnologicheskie parametry avtomobiley sel'skokhozyaystvennogo naznacheniya* [Agrotechnical and technological parameters of agricultural motor vehicles]. *Traktory i sel'khoz mashiny*. 2011. No. 5.

pp. 3-6 (Russian).

5. Izmaylov A.Yu. *Tekhnologii i tekhnicheskie resheniya po povysheniyu effektivnosti transportnykh sredstv APK [Technologies and technical solutions on increase of efficiency of vehicles of agrarian and industrial complex]*. Moscow: Rosinformagrotekh, 2007, 198 pp. (Russian).

6. Izmaylov A.Yu. *Tekhnicheskoe obespechenie transportnoy logistiki v tekhnologiyakh proizvodstva sel'skokhozyaystvennoy produktsii [Transport logistics technical support in technologies of agricultural products production]: Avtoref. dis. ... d-ra tekhn. nauk: 05.05.01. Moscow, 2007. 43 pp. (Russian).*

7. Izmaylov A.Yu., Artyushin A.A., Smirnov I.G., Evtyushenkov N.E., Kolesnikova V.A., Lichman G.I., Marchenko N.M., Marchenko L.A., Khoroshenkov V.K. *Kontseptsiya razvitiya sistemy operativnogo upravleniya avtotransportnymi i drugimi mobil'nymi tekhnicheskimi sredstvami, primenyaemymi v sel'skom khozyaystve s ispol'zovaniem GLONASS/GPS [Concept of development of system of operational control over motor transportation and other mobile technical means applied in agriculture with use of GLONASS/GPS]*. Moscow: VIM, 2014. 64 pp. (Russian).

8. Kurbanov R.K. *Avtotraktornaya konteynernaya sistema perevozok sel'skokhozyaystvennykh грузов*

[Autotractor container system of agribulk transportations]. *Sel'skokhozyaystvennye mashiny i tekhnologii*. 2011. No. 5. pp. 26-27 (Russian).

9. Izmaylov A.Yu., Evtyushenkov N.E., Vasil'ev A.Yu. *Razvitie transportnoy i pogruzochno-razgruzochnoy tekhniki v sel'skom khozyaystve Rossii [Development of transport and loading equipment in agriculture of Russia]*. *Sel'skokhozyaystvennye mashiny i tekhnologii*. 2010. No. 2. pp. 14-18 (Russian).

10. Bisenov G.S. *Tekhnologii perevozki zerna [Technologies of grain transportation]*. *Sel'skokhozyaystvennye mashiny i tekhnologii*. 2012. No. 6. pp. 11-16 (Russian).

11. Bisenov G.S. *Povyshenie effektivnosti transportnogo kompleksa v agrarnom sektore Kazakhstana [Increase of efficiency of a transport complex in agrarian sector of Kazakhstan]*. *Agrarnaya nauka – sel'skokhozyaystvennomu proizvodstvu Sibiri, Mongolii, Kazakhstana i Bolgarii: Sb. dokl. Mezhdunar. nauch.-tekhn. konf. T. 2. Moscow: Petropavlovsk, 2012. pp. 285-287 (Russian).*

12. Bisenov G.S. *Tekhnologicheskiy protsess sbora zerna ot kombaynov DON-1500B i peregruzki v avtopoezda [Technological process of grain transfer from DON-1500B combines and loading in motor-vehicle trains]: Sb. dokl. Mezhdunar. nauch.- tekhn. konf. Ch. 2. Moscow: VIM, 2013. pp. 235-237 (Russian).*

