

Экономика сельскохозяйственного транспорта

Г. А. Иовлев¹✉

¹ Уральский государственный аграрный университет, Екатеринбург, Россия

✉ E-mail: gri-iovlev@yandex.ru

Аннотация. Цель настоящего исследования – оценить работу разнообразных и разнотипных транспортных средств, используемых в сельскохозяйственном производстве. **Методы.** Предложена интерпретация технико-экономических показателей, характеризующих сельскохозяйственный транспорт, рассмотрены особенности определения производительности тракторного транспортного агрегата, себестоимости одной перевезенной тонны. Для определения показателей «Время ожидания загрузки», «Время загрузки транспортного средства» использована теория вероятностей. Рассмотрены условия работы транспортных средств в составе уборочно-транспортных комплексов. **Результаты.** На основании проведения полевых исследований при уборке кукурузы на силос определена экономическая эффективность использования транспортных средств. Сравнительный анализ проведен при использовании автомобилей и тракторных транспортных агрегатов. В результате исследований выявлено, что у энергонасыщенных тракторов с соответствующими им по тяговым свойствам тракторными прицепами производительность выше, чем у тракторов типа МТЗ-82 с прицепами ПСТ-9 и 2ПТС-6, в 2,1–2,3 раза, чем у автомобилей КамАЗ-5511 – в 1,9 раза. При этом удельные затраты ниже на 10–13 % и 5,7 % соответственно. Рекомендовано сельскохозяйственным организациям на уборке кормовых культур обеспечить оптимальное соотношение кормоуборочных комбайнов и транспортных средств; по возможности на отвозке зеленой массы использовать энергонасыщенные тракторы в составе с соответствующими тракторными прицепами и большегрузные автомобили с прицепами. **Научная новизна** заключается в уточнении и дополнении таких технико-экономических показателей, характеризующих работу транспортных средств в сельском хозяйстве, как коэффициент использования рабочего времени, коэффициент использования грузоподъемности и др. Предложены математические зависимости для расчета данных показателей и оценки их влияния на экономику транспорта.

Ключевые слова: технологии, затраты, автомобильный транспорт, тракторные транспортные агрегаты, показатели, производительность, экономическая эффективность, случайная величина, полевые исследования, зеленая масса.

Для цитирования: Иовлев Г. А. Экономика сельскохозяйственного транспорта // Аграрный вестник Урала 2022. Спецвыпуск «Экономика». С. 18–30. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-228-13-18-30.

Дата поступления статьи: 03.10.2022, **дата рецензирования:** 27.10.2022, **дата принятия:** 09.11.2022.

Постановка проблемы (Introduction)

Проблема транспортного обеспечения сельскохозяйственного производства, особенно во время проведения уборочных работ, была и остается актуальной в силу увеличения интенсивности производства, зависимости сельскохозяйственного производства от погодных условий, частого наложения одних уборочных работ на другие. Кроме того, в осенний период значительная часть тракторов используется в важнейшей технологической операции, определяющей экономическую эффективность отрасли растениеводства, вспашке. Поэтому для комплектования уборочно-транспортных комплексов в сельскохозяйственных организациях используются разнотипные транспортные средства – это автомобили, предназначенные для перевозки сель-

скохозяйственных грузов, и тракторные транспортные агрегаты, имеющие в составе трактор и тракторный прицеп. Как автомобили, так и тракторные транспортные агрегаты характеризуются разными технико-экономическими показателями, влияющими на производительность и эффективность транспортного процесса. Поэтому очень важно определить оптимальный состав транспортного отряда, особенно состоящий из разнотипных транспортных средств.

Исследованием проблем транспортного обеспечения сельскохозяйственного производства занимаются многие отечественные и зарубежные ученые, проанализируем некоторые из них. Авторы А. М. Валге, А. И. Сухопаров, Э. А. Папушин в своей статье [1] предложили два варианта расчета

количества транспортных средств, необходимых для обслуживания кормоуборочных комбайнов при заготовке кормов из провяленных трав (силос и сенаж) – на основе моделей детерминированного и статистического характера. Оба варианта предусматривают использование однотипных транспортных средств и транспортных средств с различной грузоподъемностью. При разработке статистической модели уборочно-транспортный комплекс был рассмотрен в виде стохастической системы, при которой возможны простои и очереди кормоуборочных комбайнов и транспортных средств при любом сочетании и количестве. Авторы для обеспечения оптимального состава УТК используют критерий оптимизации, учитывающий стоимость затрат при работе кормоуборочного комбайна, при его простоях, стоимость затрат при работе и простое транспортных средств. Авторы в своем исследовании использовали материалы исследований зарубежных коллег [2] и утверждают, что использование смоделированных вариантов формирования уборочно-транспортного комплекса по сравнению с применяемым вариантом в хозяйстве демонстрирует способность к снижению эксплуатационных затрат на производство силоса до 4,7 %. Кроме того, авторы в работе [3] рассмотрели вопросы стратегического планирования производства травяных кормов.

А. М. Валге и А. И. Сухопаров в другом своем исследовании делают вывод о том, что основное

требование к уборочно-транспортному комплексу заключается в обеспечении бесперебойной работы уборочной машины, что достигается, как правило, избытком транспортных машин. При этом возникают их простои и, следовательно, дополнительные затраты [4]. Кроме того, авторы в программном приложении Microsoft Excel 2003 построили график, отражающий зависимость грузоподъемности транспортных средств от производительности кормоуборочного комбайна.

А. С. Брусенцов, Р. Ф. Абдуллин отмечают необходимость оптимизации соответствия технических мощностей для измельчения, транспортировки и уплотнения зеленой массы с максимальной производительностью кормоуборочных комбайнов, при низких технологических затратах. Для снижения затрат авторы предлагают технологию закладки сенажа и силоса в полимерные рукава, с использованием нового поколения машин. Для решения транспортных вопросов предлагают использовать самозагрузные прицепы для перевозки тюков и рулонов, которые позволяют значительно сократить время перевозки кормов в места хранения, сократить количество техники, занятой на транспортировке кормов [5]. Проблема оценки эффективности кормоуборочных комбайнов при заготовке силоса рассматривалась также А. М. Валге с соавторами [6].

Таблица 1
Доля затрат на транспортное обеспечение в общем объеме затрат на производство сельскохозяйственной продукции

Наименование сельскохозяйственной продукции	Доля затрат на транспортное обеспечение, %		
	Автомобильный транспорт	Тракторные транспортные агрегаты	Всего
Зерновые	2,2	8,8	11,0
Рапс на зерно	1,0	1,2	2,2
Кукуруза на силос	3,5	58,4	61,9
Однолетние травы на сенаж	0,3	36,9	37,2
Многолетние травы на сенаж	13,8	18,7	32,5
Многолетние травы на сено	–	1,0	1,0

Данные по затратам на транспортное обеспечение взяты из технологических карт на производство сельскохозяйственной продукции в АО «Каменское» на 2022 год.

Table 1
The share of costs for transport support in the total cost of agricultural production

Name of agricultural products	Share of transportation costs, %		
	Automobile transport	Tractor transport units	Total
Cereals	2.2	8.8	11.0
Rape for grain	1.0	1.2	2.2
Corn for silage	3.5	58.4	61.9
Annual grasses for haylage	0.3	36.9	37.2
Perennial grasses for haylage	13.8	18.7	32.5
Perennial grasses for hay	–	1.0	1.0

Data on the costs of transport support are taken from technological maps for the production of agricultural products in JSC "Kamenskoye" for 2022.

Таблица 2
Технические характеристики транспортных средств

Транспортное средство	Грузоподъемность, кг	Вместимость кузова, м ³	Масса транспортного средства, кг
КамАЗ-45143 + ТЗА-8552-02 	11 700 + 11 050	15,2 + 18,79	10 700 + 4950
КамАЗ-43253 	8 100	17,8	7 015
ГАЗ-СА3-2507 	4 860	11,6	4 310
Беларус 82.1 + 2ПТС-6 	6 000	13,6	2 350
Беларус 1221 + 2ПТС-8 	8 000	18,24	2 805
Беларус 3522 + ПТС-12 	12 000	19,5	4 050
К-525 + ПТС-18 	18 000	22,5	6 800

Table 2
Technical characteristics of vehicles

<i>Vehicle</i>	<i>Load capacity, kg</i>	<i>Body capacity, m³</i>	<i>Vehicle weight, kg</i>
<i>KamAZ-45143 + TZA-8552-02</i> 	11 700 + 11 050	15.2 + 18.79	10 700 + 4 950
<i>KamAZ-43253</i> 	8 100	17.8	7 015
<i>GAZ-SAZ-2507</i> 	4 860	11.6	4 310
<i>Belarus 82.1 + 2PTS-6</i> 	6 000	13.6	2 350
<i>Belarus 1221 + 2PTS-8</i> 	8 000	18.24	2 805
<i>Belarus 3522 + PTS-12</i> 	12 000	19.5	4 050
<i>K-525 + PTS-18</i> 	18 000	22.5	6 800

М. В. Серегин утверждает, что «выбор технологий заготовки объемистых кормов должен основываться на их эффективности». Под эффективностью он подразумевает «качество заготавливаемых кормов, снижение потерь и низкая себестоимость кормов». Автор также утверждает, что «наибольшая статья затрат при заготовке силоса приходится на транспортировку травянистой массы к месту хранения», и делает вывод, что «при сравнительной оценке технологий заготовки объемистых кормов наиболее эффективной является технология «Сенаж в упаковке» [7].

А. Ю. Измайлов с соавторами рассматривают развитие Системы технологий и машин для кормопроизводства через следующие основные технологические направления: применение высокопроизводительных кормоуборочных машин нового поколения; осуществление уборочно-транспортных и погрузочно-разгрузочных работ «с применением новых типов машин и оборудования рациональных конструкций и транспортных средств повышенной грузоподъемности (10, 15, 20 и 30 т), а также уборочно-транспортных агрегатов на базе тракторов интегрального типа и мобильных энергосредств для перевозки измельченной растительной массы: сенажа, силоса, зеленых кормов и др., что в целом обеспечивает снижение удельного расхода топлива на 35–40 %, удельной материалоемкости технологических процессов и комплексов технических средств – на 20–30 %» [8].

Методология и методы исследования (Methods)

Объектом исследования является сельскохозяйственный транспорт, используемый при перевозке зеленой массы кукурузы при заготовке силоса. Методами исследования являются расчетно-аналитический, экономико-статистические, сравнительного и системного анализа и др.

Результаты (Results)

В сельскохозяйственном производстве, в технологиях, используемых при производстве сельскохозяйственных культур, при получении продукции животноводства используется сельскохозяйственный транспорт. В общих затратах затраты на транспортное обеспечение составляют от 10 до 70 % [9–13]. Затраты на транспортное обеспечение при возделывании сельскохозяйственных культур и заготовке кормов представлены в таблице 1.

В сельскохозяйственном производстве для транспортного обеспечения используются автомобильный транспорт, тракторные транспортные агрегаты. Использование того или иного вида транспорта зависит от различных факторов, таких как расстояние грузоперевозок; совпадение календарных сроков созревания сельскохозяйственных культур; урожайности; погодных факторов и др.

В таблице 2 представлены основные виды транспортных средств, используемых для грузопе-

ревозок в сельском хозяйстве и их краткие характеристики.

Кроме того, в сельскохозяйственном производстве используются прицепы и полуприцепы для перевозки жидких, полужидких и сыпучих грузов (ПС-6, ПСТ-6, ПС-12 и т. д.), полуприцепы для перевозки кукурузных початков (ППК-10), прицепы-бункеры-перегрузчики тракторные сельскохозяйственные (ТОНАР ПТ5, ТОНАР ПТ11, ТОНАР БП15), прицепы-платформы для перевозки тюков соломы (Wago loader, Т014/1, Т009/1), прицепы-цистерны и полуприцепы-цистерны (2ПТЦ-4, ПТСЕ-4, МП-3), ассенизационные бочки (МЖУ), разбрасыватели органических удобрений трехосные (РОУМ-20, РОУМ-24) и т. д. В животноводстве используются прицепы для перевозки КРС (ТПС-6), свиней и птицы (ТТ-2У, ТТ-1С, ППП-4), телят (ТТ-2С), для сдачи скота – полуприцеп скотовоз САТ-47К и т. д. Для подготовки кормов к скармливанию и для раздачи используют смесители-кормораздатчики Trioliet Solomix 2 12ZK/VL/VLS, NEW MIX HR12, АКМ-9 (14), раздатчики сыпучих кормов РСК-2,8М (4) и т. д.

Оценить работу разнообразных и разнотипных транспортных средств можно через критерии, основанные на технико-экономических показателях, характеризующих работу транспортных средств.

Технико-экономическими показателями, характеризующими сельскохозяйственный транспорт, являются коэффициент использования рабочего времени, коэффициент использования грузоподъемности, производительность транспортного средства, потребность в транспортных средствах, обеспечение выполнения требуемых объемов транспортных работ, себестоимость 1 т·км, 1 эт. га (для тракторных транспортных работ).

Вкратце охарактеризуем представленные технико-экономические показатели.

Коэффициент использования рабочего времени. Для сельскохозяйственного транспорта в показатель «время движения» входит также время движения транспортного средства во время загрузки кормоуборочным комбайном. Поэтому полезная работа транспортного средства будет не только при перевозке груза, но и при загрузке его кормоуборочным комбайном. «Грузом» будет считаться только полностью набранный кузов транспортного средства. Непродуктивными будут только простои транспортного средства в ожидании загрузки кормоуборочным комбайном. Поэтому формулу для определения коэффициента использования рабочего времени необходимо представить в следующем виде:

$$k_{\text{ИРВ}} = \frac{t_{\text{ТЦ}} + t_{\text{ЗАГ}}}{t_{\text{Н}}}, \quad (1)$$

где $t_{\text{ТЦ}}$ – время транспортного цикла, ч;

$t_{\text{заг}}$ – время движения транспортного средства при загрузке, ч;

$t_{\text{н}}$ – время нахождения транспортного средства в наряде, ч.

Коэффициент использования грузоподъемности. Будет зависеть от следующих факторов: вид убираемой сельскохозяйственной культуры; время суток; погодные условия; возможность использования заводского комплекта дополнительных надставных бортов или сетчатых бортов; использование надставных (нарощенных) бортов, зарегистрированных в установленном порядке [14]. Формулу для определения коэффициента использования грузоподъемности можно представить в следующем виде:

$$k_{\text{иг}} = \frac{Q}{q_{\text{н}}} = \frac{V \times \gamma}{q_{\text{н}}}, \quad (2)$$

где Q – количество фактически перевезенного груза, т;

V – вместимость кузова, м³;

γ – объемная масса груза, т/м³;

$q_{\text{н}}$ – номинальная грузоподъемность транспортного средства, т.

Производительность транспортного средства.

На производительность работы транспортного средства влияют грузоподъемность (объем кузова, объемная масса перевозимого груза), средняя скорость его движения, расстояние грузоперевозки.

Для автомобиля средняя скорость движения будет складываться из скорости движения при заполнении кузова (рабочая скорость кормоуборочного комбайна) и эксплуатационной скорости при движении от поля до силосной траншеи и обратно с учетом ожидания загрузки.

Для тракторного транспортного агрегата средняя скорость движения будет складываться из скорости движения без груза и скорости движения с грузом. На выбор скорости движения будет оказывать влияние тяговое сопротивление тракторного прицепа, которое, в свою очередь, будет зависеть от состояния проезжей части и веса прицепа.

Потребность в транспортных средствах. При планировании проведения полевых работ необходимо учитывать особенности автомобильного транспорта и тракторных транспортных агрегатов. Автомобили предпочтительнее использовать на удаленных полях полевых севооборотов при уборке зерновых культур при расстоянии перевозок свыше 20 км. Тракторные транспортные агрегаты эффективнее использовать в кормовых севооборотах при уборке однолетних и многолетних трав на сенаж, кукурузы на силос. Некоторые исследователи рекомендуют при уборке зерновых культур планировать использование автомобильного транспорта до 80 % от объема перевозок [13]. Тщательное планирование производственных процессов с учетом особенностей различных видов транспорта позволит оптимизировать потребность в транспортных средствах.

Главной оценкой для деятельности сельскохозяйственного транспорта является *обеспечение выполнения требуемых объемов транспортных работ.*

Себестоимость 1 т·км, 1 эт. га. Решающими показателями при выборе вида транспорта, особенно для грузовых перевозок, считают себестоимость перевозок. Кроме того, показатель себестоимости перевозок необходим для сравнительного анализа динамики изменения показателя внутри сельскохозяйственной организации, отслеживания изменения структуры затрат, а также для сравнения себестоимости перевозок в целом по отрасли. Особенностью определения себестоимости перевозок тракторными транспортными агрегатами является то, что объемы перевезенного груза через коэффициент переводятся в эталонные гектары и через себестоимость 1 эт. га проводится сравнительный анализ.

Во время проведения полевых исследований при уборке кукурузы на силос транспортировку зеленой массы осуществляли 4 автомобиля КамАЗ-5511 (один ЗИЛ-4514), тракторы Case Puma 210, Т-150К с прицепами ЗПТС-12 – 2 ед., трактор Т-150К с прицепом 1ПТС-9 – 1 ед., трактор МТЗ-82 с прицепом ПСТ-9 – 1 ед., тракторы МТЗ-82 с прицепами 2ПТС-6 – 2 ед. За рабочий день при среднем расстоянии перевозки 5 км было перевезено 635,1 т зеленой массы. Дневная производительность транспортных средств составила от 26 т (ЗИЛ-4514) до 126,4 т (Т-150К + ЗПТС-12).

Далее в своем исследовании определим экономическую эффективность использования транспортных средств.

Производительность тракторного транспортного агрегата можно определить расчетным путем. Для этого необходимо использовать следующие данные: технико-экономические показатели трактора и тракторного прицепа, объемная масса перевозимого груза, сопротивление перекачиванию, расстояние перевозок. Расчеты представим для тракторного транспортного агрегата в составе Беларусь 82.1 + ПСТ-9, расчеты по транспортным агрегатам Беларусь 82.1 + 2ПТС-6, Т-150К + 1ПТС-9, Т-150К + ЗПТС-12, Case Puma 210 + ЗПТС-12 представлены в таблице 3.

Для определения производительности тракторного транспортного агрегата используем формулу:

$$W_{\text{ТР}} = W_{\text{ТР}}^{\text{ч}} T_{\text{СМ}}, \quad (3)$$

где $W_{\text{ТР}}^{\text{ч}}$ – часовая производительность, т;

$T_{\text{СМ}}$ – время смены, ч.

Часовая производительность рассчитывается по формуле:

$$W_{\text{ТР}}^{\text{ч}} = \frac{Q V_{\text{СР}}}{L_{\text{ТР}}} \tau_v \tau_T, \quad (4)$$

где Q – грузоподъемность транспортного средства,

$$Q = V_{\text{куз}} \rho;$$

$V_{\text{куз}}$ – объем кузова, м³;

ρ – объемная масса перевозимого груза, т/м³,

$$\rho = 0,414 \text{ т/м}^3;$$

$V_{\text{ср}}$ – средняя скорость движения транспортного средства, км/ч;

$$V_{\text{ср}} = \frac{2V_{\text{сгр}}V_{\text{бгр}}}{V_{\text{сгр}} + V_{\text{бгр}}};$$

$V_{\text{сгр}}$ – скорость движения с грузом, км/ч;

$V_{\text{бгр}}$ – скорость движения без груза, км/ч;

$L_{\text{тр}}$ – расстояние грузоперевозки (расстояние от поля до траншеи со взвешиванием и обратно), км;

τ_v – коэффициент использования скорости движения. Для трактора тягового класса 14 кН $\tau_v = 0,77$;

τ_t – коэффициент использования времени смены. $\tau_t = 0,7$.

Грузоподъемность ПСТ-9 $Q = 13,7 \times 0,414 = 5,67 \text{ т}$ (55,6 кН).

Для определения средней скорости движения необходимо определить скорость движения с грузом, т. е. после загрузки до силосной траншеи и скорость движения без груза, т. е. от силосной траншеи до поля. Для этого необходимо определить тяговое сопротивление тракторного прицепа с грузом и без него. Тяговое сопротивление рассчитывается по формуле: $R = Pk$,

где P – суммарный вес тракторного прицепа, кН;

k – коэффициент сопротивления перекатыванию. $k = 0,05$ (для уплотненной полевой дороги);

$$R_{\text{сгр}} = (34 + 55,6) \times 0,05 = 4,48 \text{ кН};$$

$$R_{\text{бгр}} = 34 \times 0,05 = 1,7 \text{ кН}.$$

Тяговое сопротивление тракторного прицепа ПСТ-9 удовлетворяет тяговому усилию трактора МТЗ 82 на 9-й передаче с понижающим редуктором.

Часовая производительность:

$$W_{\text{тр}}^{\text{ч}} = \frac{5,67 \times 25,95}{10} \times 0,77 \times 0,7 = 7,93 \text{ т/ч}.$$

Сменная производительность тракторного транспортного агрегата $W_{\text{тр}} = 7,93 \times 7 = 55,5 \text{ т}$.

Расчет расхода топлива.

$$g_{\text{T}} = \frac{G_{\text{T.Р}} + G_{\text{T.П}} + G_{\text{T.ПЕР}} + G_{\text{T.ХД}}}{W_{\text{ч}}}, \quad (5)$$

где $G_{\text{T.Р}}$, $G_{\text{T.П}}$, $G_{\text{T.ПЕР}}$, $G_{\text{T.ХД}}$ – средние часовые расходы топлива в течение смены, кг/ч при выполнении основной (чистой) работы, холостых ходов на поворотах, переездах и во время холостой работы двигателя (во время остановок агрегата с работающим двигателем). Средние часовые расходы топлива определяются расчетным путем через удельный расход топлива на 1 эф. л. с. и степень загрузки двигателя;

$$g_{\text{T}} = \frac{12,75 \times 0,75 + 7 \times 0,25}{7,93} = \frac{9,56 + 1,75}{7,93} = 1,43 \text{ кг/т}.$$

Расчет примерной себестоимости одной перевезенной тонны зеленой массы.

Для этого используем амортизационные отчисления, приходящиеся на единицу выполненной работы и стоимость топлива, расходуемого на одну перевезенную тонну.

Исходными данными для расчета амортизационных отчислений являются:

– стоимость трактора МТЗ-82 (Беларус 82.1) – 2 245 717 руб.;

– стоимость тракторного прицепа ПСТ-9 – 975 272 руб.;

– норма амортизации – 9,1 % (для обеих машин);

– количество рабочих дней в году – 247.

Амортизационные отчисления на единицу выполненной работы определим по следующей формуле:

$$A_{\text{ГА}} = \frac{(\Pi_{\text{тр}} + \Pi_{\text{п}}) N_{\text{ам}}}{D_{\text{р}} W_{\text{см}}}, \quad (6)$$

где $\Pi_{\text{тр}}$, $\Pi_{\text{п}}$ – стоимость трактора и прицепа, руб.;

$N_{\text{ам}}$ – норма амортизации, %;

$D_{\text{р}}$ – количество рабочих дней в году;

$$A_{\text{ГА}} = \frac{(2\,245\,717 + 975\,272) \times 9,1\%}{247 \times 55,5} = 21,4 \text{ руб/т}.$$

Стоимость топлива, расходуемого на транспортировку 1 т, определяем по формуле:

$$Z_{\text{T}} = g_{\text{T}} \Pi_{\text{T}}, \quad (7)$$

где Π_{T} – стоимость топлива, руб/кг. Для расчетов стоимость топлива взята по состоянию на 23.09.2022 г.

$$Z_{\text{T}} = 1,43 \times 5,7 = 65,35 \text{ руб/т}.$$

Затраты по заработной плате, приходящейся на перевозку 1 т, определяем по формуле:

$$Z_{\text{от}} = \frac{\tau_{\text{час}} T_{\text{см}}}{W_{\text{см}}}, \quad (8)$$

где $\tau_{\text{час}}$ – часовая тарифная ставка, руб.

$$Z_{\text{от}} = \frac{481,33 \times 7}{55,5} = 60,71 \text{ руб/т}.$$

Расчеты по МТЗ 82 + ПСТ-9 сведем в таблицу и представим результаты расчетов по Беларус 82.1 + 2ПТС-6, Т-150К + 1ПТС-9, Т-150К + 3ПТС-12, Case Puma 210 + 3ПТС-12.

Для наглядности основные показатели, характеризующие работу транспортных агрегатов, представлены на рис. 1

Часовую производительность автомобиля КамАЗ-5511 можно определить по следующей формуле:

$$W_{\text{ч}}^{\text{а}} = \frac{g \gamma_{\text{с}}}{\frac{l_{\text{Б}}}{\beta V_{\text{T}}} + t_{\text{ОЗ}} + t_{\text{П}}}, \quad (9)$$

где g – грузоподъемность транспортного средства, т;

$\gamma_{\text{с}}$ – статический коэффициент использования грузоподъемности;

$\gamma_{\text{с}} = \frac{Q_{\text{ф}}}{Q_{\text{н}}}$; $Q_{\text{ф}}$ – фактический вес перевозимого груза, т; g

$l_{\text{Б}}$ – расстояние ездки с грузом, км;

β – коэффициент использования пробега;

V_{T} – техническая скорость, км/ч;

$t_{\text{ОЗ}}$ – время ожидания загрузки транспортным средством, ч;

Показатели, характеризующие транспортные агрегаты

Основные показатели	Транспортные агрегаты				
	MTZ 82 + ПСТ-9	MTZ 82 + 2ПТС-6	T-150K + 1ПТС-9	T-150K + 3ПТС-12	Case Puma 210 + 3ПТС-12
Грузоподъемность транспортного средства, кН	55,6	57,1	73,1	95,4	95,4
Средняя скорость движения транспортного средства, км/ч	19,98	19,98	27,65	25,2	27,87
Коэффициент использования скорости движения	0,77	0,77	0,81	0,81	0,81
Тяговое сопротивление прицепа с грузом, кН	4,48	3,92	5,87	7,7	7,7
Тяговое сопротивление прицепа без груза, кН	1,7	1,06	2,21	2,93	2,93
Часовая производительность, т/ч	7,93	8,14	14,4	17,1	19,0
Сменная производительность, т	55,5	57,0	100,8	119,7	132,9
Удельный расход топлива, кг/т	1,43	1,39	1,68	1,41	0,73
Амортизация, руб/т	21,4	18,4	29,45	25,73	44,34
Затраты на топливо, руб/т	65,35	63,52	76,78	64,44	33,36
Затраты на оплату труда, руб/т	60,71	59,11	49,98	42,09	45,59

Table 3
Indicators characterizing transport units

Main characteristics	Transport units				
	MTZ 82 + PST-9	MTZ 82 + 2PTS-6	T-150K + 1PTS-9	T-150K + 3PTS-12	Case Puma 210 + 3PTS-12
Carrying capacity of the vehicle, kN	55.6	57.1	73.1	95.4	95.4
Average vehicle speed, km/h	19.98	19.98	27.65	25.2	27.87
Travel speed utilization rate	0.77	0.77	0.81	0.81	0.81
Traction resistance of a trailer with a load, kN	4.48	3.92	5.87	7.7	7.7
Traction resistance of the trailer without load, kN	1.7	1.06	2.21	2.93	2.93
Hourly productivity, t/h	7.93	8.14	14.4	17.1	19.0
Shift capacity, t	55.5	57.0	100.8	119.7	132.9
Specific fuel consumption, kg/t	1.43	1.39	1.68	1.41	0.73
Depreciation, rub/t	21.4	18.4	29.45	25.73	44.34
Fuel costs, rub/t	65.35	63.52	76.78	64.44	33.36
Labor costs, rub/t	60.71	59.11	49.98	42.09	45.59

t_{Π} – продолжительность загрузки транспортного средства, ч.

Время ожидания загрузки и время загрузки транспортного средства определим через расчет математического ожидания случайной величины статистических данных, собранных во время проведения полевых исследований при уборке кукурузы на силос в АО «Каменское».

Время ожидания загрузки

Математическое ожидание

$$M(X) = 3 \times 0,17 + 8 \times 0,3 + 13 \times 0,25 + 18 \times 0,12 + 23 \times 0,08 + 36 \times 0,04 + 55 \times 0,04 = 0,51 + 2,4 + 3,25 + 2,16 + 1,84 + 1,44 + 2,2 = 13,8 \text{ мин.}$$

Время ожидания загрузки составило 13,8 мин., или 0,23 ч.

Время загрузки транспортного средства

Математическое ожидание

$$M(X) = 5 \times 0,04 + 7,5 \times 0,17 + 9,5 \times 0,46 + 11,5 \times 0,25 + 14 \times 0,04 + 19 \times 0,04 = 0,2 + 1,27 + 4,37 + 2,87 + 0,56 + 0,76 = 10,03 \text{ мин.}$$

Время загрузки транспортного средства составило 10,03 мин., или 0,17 ч.

$$W_{\text{ч}}^a = \frac{g \gamma_c}{\frac{I_B}{\beta V_T} + t_{\text{оз}} + t_{\Pi}} = \frac{10 \times 0,57}{0,5 \times 49,9} = \frac{5,7}{0,6} = 9,5 \text{ т.}$$

Сменная производительность $W^a = 9,5 \times 7 = 66,5 \text{ т.}$

Расход топлива

$$g_T = \frac{9,07 \times 0,75 + 4,88 \times 0,25}{9,5} = \frac{6,8 + 1,22}{9,5} = 0,84 \text{ кг/т.}$$

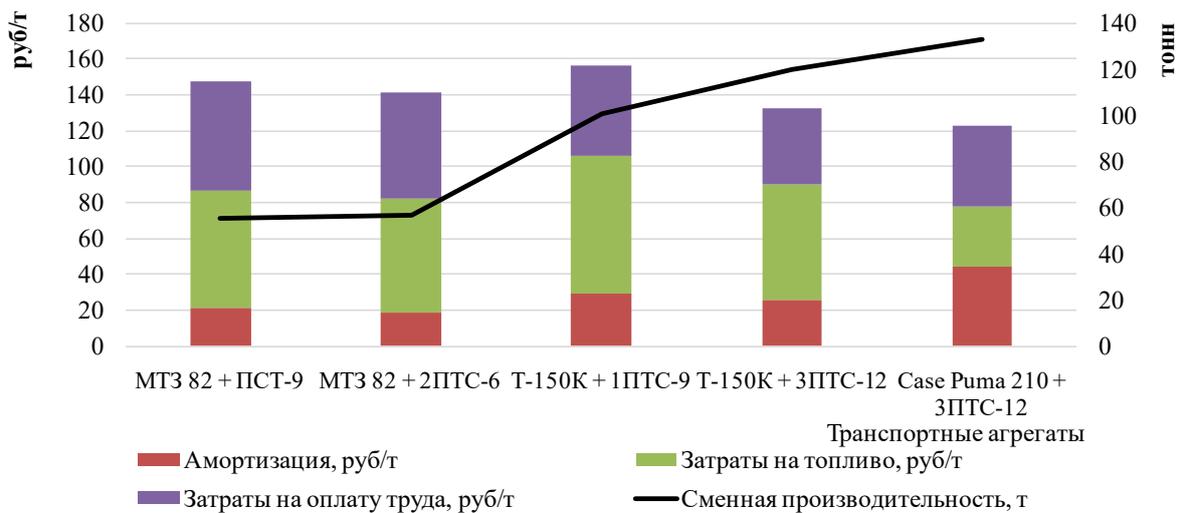


Рис. 1. Основные показатели, характеризующие работу транспортных агрегатов

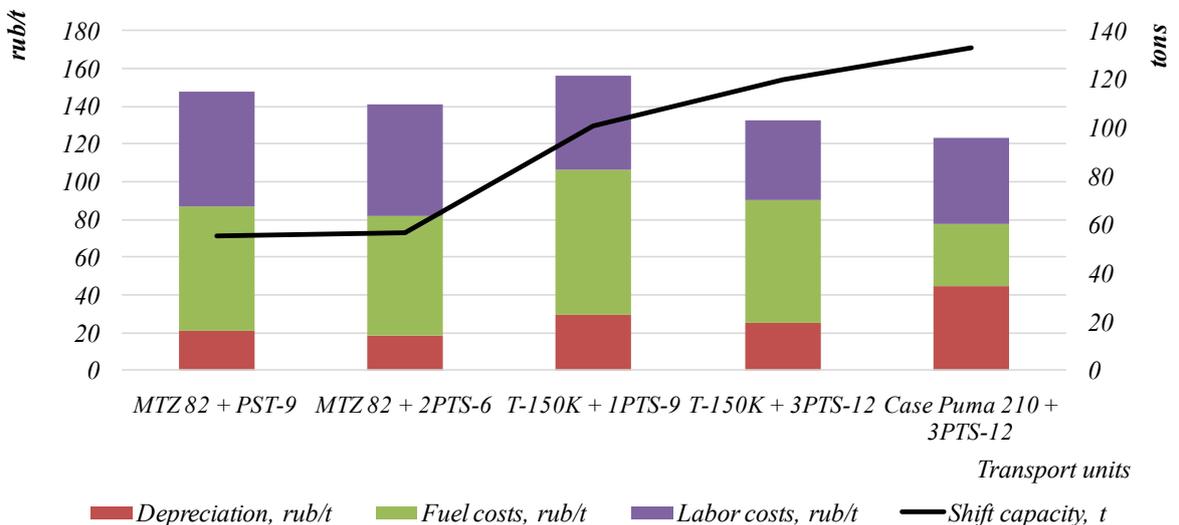


Fig. 1. Main indicators characterizing the operation of transport units

Расчет примерной себестоимости одной перевезенной тонны зеленой массы

Для этого используем амортизационные отчисления, приходящиеся на единицу выполненной работы, и стоимость топлива, расходуемого на одну перевезенную тонну.

Исходными данными для расчета амортизационных отчислений являются:

- стоимость автомобиля КамАЗ-5511 – 2 500 000 руб.;
- норма амортизации – 9,1 % (для обеих машин);
- число рабочих дней в году – 247.

Амортизационные отчисления на единицу выполненной работы определим по следующей формуле:

$$A_{ГА} = \frac{Ц_a N_{ам}}{D_p W_{см}},$$

где $Ц_a$ – стоимость автомобиля КамАЗ-5511 (2013 г. в.), руб.;

$N_{ам}$ – норма амортизации, %;

D_p – количество рабочих дней в году.

$$A_{ГА} = \frac{2\,500\,000 \times 9,1\%}{247 \times 66,5} = 13,85 \text{ руб/т.}$$

Стоимость топлива, расходуемого на транспортировку 1 т, определяем по формуле:

$$З_T = g_T \Pi_T,$$

где Π_T – стоимость топлива, руб/кг. Для расчетов стоимость топлива взята по состоянию на 23.09.2022 г.

$$З_T = 0,84 \times 45,7 = 38,39 \text{ руб/т.}$$

Затраты по заработной плате, приходящейся на перевозку 1 т, определяем по формуле:

$$З_{от} = \frac{\tau_{час} T_{см}}{W_{см}}, \quad (10)$$

Где $\tau_{час}$ – часовая тарифная ставка, руб.

$$З_{от} = \frac{790,43 \times 7}{66,5} = 83,2 \text{ руб/т.}$$

Показатели, характеризующие работу автомобилей КамАЗ-5511, представлены в таблице 4.

Показатели, характеризующие работу КамАЗ-5511

Сменная производительность, т	Амортизация, руб/т	Затраты на топливо, руб/т	Затраты на оплату труда, руб/т
66,5	13,85	38,39	83,2

Table 4

Indicators characterizing the work of KamAZ-5511

Shift capacity, t	Depreciation, rub/t	Fuel costs, rub/t	Labor costs, rub/t
66.5	13.85	38.39	83.2

Необходимо отметить, что производительность транспортных средств (в т. ч. и автомобилей) в составе уборочно-транспортного комплекса обусловлена множеством факторов, не зависящих от технико-экономических показателей транспортных средств. Это, во-первых, урожайность сельскохозяйственной культуры, во-вторых, количество кормоуборочных комбайнов и количество транспортных средств, расстояние перевозок и т. д. Данные вопросы изучались автором и другими исследователями, результаты представлены в публикациях [15–17].

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusions)

Доля затрат на транспортное обслуживание в конкретной сельскохозяйственной организации при выполнении различных технологических операций при возделывании сельскохозяйственных культур и заготовке кормов составила от 1 % до 61,1 %. В сельскохозяйственном производстве используются различные транспортные средства – от классических КамАЗ-45143 с прицепами ТЗА-8552-02, тракторных транспортных агрегатов Беларус 1221 с прицепом 2ПТС-8 до смесителей-кормораздатчиков различных конструкций и фирм. Часто в практической деятельности для организации уборочно-транспортного процесса приходится применять разнообразные и разнотипные транспортные средства. Для оценки этих транспортных средств необходимо использовать технико-экономические показатели, характеризующие сельскохозяйственный транспорт, которые отличаются от показателей, характеризующих транспорт общего назначения.

Для определения экономической эффективности использования транспортных средств учиты-

вались следующие данные: технико-экономические показатели трактора и тракторного прицепа, автомобиля, объемная масса перевозимого груза, сопротивление перекачиванию, расстояние перевозок. Для анализа взяты транспортные средства, используемые для перевозки зеленой массы кукурузы во время проведения полевых исследований. Данные исследований представлены в таблице 3 и рис. 1. Из данных расчетов видно, что у энергонасыщенных тракторов с соответствующими им по тяговым свойствам тракторными прицепами производительность выше, чем у тракторов типа МТЗ-82 с прицепами ПСТ-9 и 2ПТС-6, в 2,1–2,3 раза. При этом удельные затраты ниже на 10–13 %. Чего нельзя сказать про транспортный агрегат в составе трактор Т-150К с прицепом 1ПТС-9 (прицеп 1ПТС-9 не реализует тяговые свойства трактора в отличие от прицепа 3ПТС-12). Производительность Т-150К+1ПТС-9 выше производительности транспортных агрегатов в составе с трактором МТЗ-82 в 1,8 раза, удельные затраты выше на 8 %.

Показатели работы автомобилей КамАЗ-5511 близки к показателям транспортных агрегатов в составе трактор МТЗ-82 с прицепами ПСТ-9 и 2ПТС-6. Производительность – 66,5 т, удельные затраты составили 135,44 руб/т.

Общие рекомендации для сельскохозяйственных организаций на уборке кормовых культур: обеспечить оптимальное соотношение кормоуборочных комбайнов и транспортных средств; по возможности на отвозке зеленой массы использовать энергонасыщенные тракторы в составе с соответствующими тракторными прицепами и большегрузные автомобили.

Библиографический список

1. Валге А. М., Сухопаров А. И., Папушин Э. А. Формирование уборочно-транспортного комплекса для заготовки силоса // *Агроэкоинженерия*. 2021. № 1 (106). С. 70–82.
2. Busato P., Sopegno A., Pampuro N., Sartori L., Berruto R. Optimisation tool for logistics operations in silage production. *Biosystems Engineering*. 2019. No. 180. Pp. 146–160. DOI: 10.1016/j.biosystemseng.2019.01.008.
3. Valge A., Sukhoparov A., Papushin E. Strategic planning of grass forage production in north-west Russia // *Agronomy Research*. 2021. Vol. 19. Special issue 2. Pp. 1188–1194.
4. Валге А. М., Сухопаров А. И. Выбор грузоподъемности транспортных средств при заготовке кормов из подвяленных трав // *Агроэкоинженерия*. 2022. № 2 (111). С. 107–116.
5. Брусенцов А. С., Абдуллин Р. Ф. Сравнительная характеристика машин для заготовки кормов [Электронный ресурс] // *Аллея Науки*. 2018. Т 6. № 6 (22). С. 587–590. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=35349189> (дата обращения: 16.09.2022).

6. Valge A, Sukhoparov A, Papushin E, Dobrinov A. Evaluation effectiveness of forage harvesters in silage preparation // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. Vol. 699. Article number 012050. DOI: 10.1088/1755-1315/699/1/012050.
7. Серегин М. В. Сравнительная оценка технологий заготовки объемистых кормов // Таврический научный обозреватель. 2017. № 4 (21). С. 162–163.
8. Измайлов А. Ю., Лобачевский Я. П., Марченко О. С., Ценч Ю. С. Создание инновационной техники и ресурсосберегающих технологий производства кормов – основа развития животноводства // Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный агроинженерный университет имени В. П. Горячкина». 2017. № 6. С. 23–28.
9. Тимшин Д. И., Ушаков А. О., Курбанов Р. Ф., Сайтов В. Е. Расчет уборочно-транспортного звена // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2017. № 6–2. С. 205–210.
10. Пехутов А. С., Калашников С. С., Раднаев Д. Н., Сергеев Ю. А., Алтаева О. А., Бабаев М. С. Графическая и аналитическая модель транспортного процесса в сельском хозяйстве // Вестник ВСГУТУ. 2022. № 2 (85). С. 49–55.
11. Воробьев С. П., Гриценко Г. М., Воробьева В. В., Валецкая Т. И. Финансовое состояние сельскохозяйственных организаций при различном сочетании отраслей // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. 2017. № 12. С. 36–39.
12. Воротникова О. С., Майстренко Н. А. Анализ транспортного обеспечения производственных процессов в условиях АО «Зеленоградское» // Электротехнологии и электрооборудование в АПК. 2021. Т. 68. № 4 (45). С. 62–67.
13. Раджабов А. А. Место и роль транспорта в устойчивом развитии сельских территорий // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. 2018. № 4 (44). С. 92–98.
14. Регистрация надставных (нарощенных) бортов на примере автомобиля КАМАЗ 5511 [Электронный ресурс]. URL: <https://tex-exp.ru/zaregistrirvano/gruzovye/registratsiya-nadstavnykh-bortov-na-kamaz-5511> (дата обращения: 26.09.2022).
15. Иовлев Г. А., Голдина И. И. Формирование уборочно-транспортного комплекса на заготовке сенажа // Научно-технический вестник: Технические системы в АПК. 2021. № 3 (11). С. 4–19.
16. Иовлев Г. А., Несговоров А. Г., Голдина И. И. Исследование работы и формирование состава уборочно-транспортного комплекса из зерноуборочных комбайнов зарубежного производства // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2020. Т. 14. № 4. С. 49–56.
17. Иовлев Г. А., Зорков В. С. Экономическая эффективность использования зарубежного и отечественного трактора: сравнительный анализ // Теория и практика мировой науки. 2020. № 1. С. 13–16.

Об авторе:

Григорий Александрович Иовлев¹, кандидат экономических наук, доцент, заведующий кафедрой «Сервис транспортных и технологических машин и оборудования в АПК», ORCID 0000-0002-1837-3222, AuthorID 332034; +7 922 208-78-46, gri-iovlev@yandex.ru

¹ Уральский государственный аграрный университет, Екатеринбург, Россия

Economics of agricultural transport

G. A. Iovlev¹✉

¹ Ural State Agrarian University, Ekaterinburg, Russia

✉ E-mail: gri-iovlev@yandex.ru

Abstract. The purpose of the study is assess the performance of a variety of different types of vehicles used in agricultural production. **Methods.** An interpretation of the technical and economic indicators characterizing agricultural transport is proposed, the features of determining the productivity of a tractor transport unit, the cost of one transported ton are considered. Probability theory was used to determine the indicators “Load waiting time”, “Vehicle loading time”. The conditions of operation of vehicles as part of harvesting and transport complexes are considered. **Results.** Based on the field research, when harvesting corn for silage, the economic efficiency of the use of vehicles was determined. A comparative analysis was carried out using cars and tractor transport units. As a result of the research, it was revealed that for energy-saturated tractors, with tractor trailers corresponding to them in traction properties, the productivity is higher than for MTZ-82 tractors with trailers PST-9 and 2PTS-6 by 2.1–2.3 times than for KamAZ-5511 vehicles by 1.9 times. At the same time, unit costs are lower by 10–13 % and

5.7 %, respectively. It is recommended that agricultural organizations harvesting fodder crops ensure the optimal ratio of forage harvesters and vehicles; if possible, when transporting green mass, use energy-saturated tractors with appropriate tractor trailers and heavy trucks with trailers. **The scientific novelty** consists in clarifying and supplementing such technical and economic indicators that characterize the operation of vehicles in agriculture, such as Coefficient of use of working time, Coefficient of use of load capacity, etc. Mathematical dependencies are proposed to calculate these indicators and assess their impact on transport economics.

Keywords: technologies, costs, road transport, tractor transport units, indicators, productivity, economic efficiency, random variable, field research, green mass.

For citation: Iovlev G. A. Ekonomika sel'skokhozyaystvennogo transporta [Economics of agricultural transport] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2022. Special issue "Economy". Pp. 18–30. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-228-13-18-30. (In Russian.)

Date of paper submission: 03.10.2022, **date of review:** 27.10.2022, **date of acceptance:** 09.11.2022.

References

1. Valge A. M., Sukhoparov A. I., Papushin E. A. Formirovaniye uborochno-transportnogo kompleksa dlya zagotovki silosa [Formation of a harvesting and transport complex for silage harvesting] // AgroEkoInzheneriya. 2021. No. 1 (106). Pp. 70–82. (In Russian.)
2. Busato P., Sopegno A., Pampuro N., Sartori L., Berruto R. Optimisation tool for logistics operations in silage production. Biosystems Engineering. 2019. No. 180. Pp. 146–160. DOI: 10.1016/j.biosystemseng.2019.01.008.
3. Valge A., Sukhoparov A., Papushin E. Strategic planning of grass forage production in north-west Russia // Agronomy Research. 2021. Vol. 19. Special issue 2. Pp. 1188–1194.
4. Valge A. M., Sukhoparov A. I. Vybor gruzopod'emnosti transportnykh sredstv pri zagotovke kormov iz podvyalennykh trav [The choice of carrying capacity of vehicles when harvesting fodder from dried herbs] // AgroEkoInzheneriya. 2022. No. 2 (111). Pp. 107–116. (In Russian.)
5. Brusentsov A. S., Abdullin R. F. Sravnitel'naya kharakteristika mashin dlya zagotovki kormov [Comparative characteristics of fodder harvesting machines] // Alleya Nauki. 2018. Vol. 6. No. 6 (22). Pp. 587–590. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=35349189> (date of reference: 16.09.2022). (In Russian.)
6. Valge A, Sukhoparov A, Papushin E, Dobrinov A. Evaluation effectiveness of forage harvesters in silage preparation // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. Vol. 699. Article number 012050. DOI: 10.1088/1755-1315/699/1/012050.
7. Seregin M. V. Sravnitel'naya otsenka tekhnologiy zagotovki ob'yemistyykh kormov [Comparative evaluation of technologies for harvesting bulky feed] // Tavricheskiy nauchnyy obozrevatel'. 2017. No. 4 (21). Pp. 162–163. (In Russian.)
8. Izmaylov A. Yu., Lobachevskiy Ya. P., Marchenko O. S., Tsench Yu. S. Sozdaniye innovatsionnoy tekhniki i resursosberegayushchikh tekhnologiy proizvodstva kormov – osnova razvitiya zhivotnovodstva [Creation of innovative equipment and resource-saving technologies for the production of feed – the basis for the development of animal husbandry] // Vestnik Federal'nogo gosudarstvennogo obrazovatel'nogo uchrezhdeniya vysshego professional'nogo obrazovaniya "Moskovskiy gosudarstvennyy agroinzhenernyy universitet imeni V. P. Goryachkina". 2017. No. 6. Pp. 23–28. (In Russian.)
9. Timshin D. I., Ushakov A. O., Kurbanov R. F., Saitov V. E. Raschet uborochno-transportnogo zvena [Calculation of the harvesting and transport link] // Mezhdunarodnyy zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy. 2017. No. 6–2. Pp. 205–210. (In Russian.)
10. Pekhutov A. S., Kalashnikov S. S., Radnaev D. N., Sergeev Yu. A., Altaeva O. A., Babaev M. S. Graficheskaya i analiticheskaya model' transportnogo protsessa v sel'skom khozyaystve [Graphical and analytical model of the transport process in agriculture] // Vestnik VSGUTU. 2022. No. 2 (85). Pp. 49–55. (In Russian.)
11. Vorob'yev S. P., Gritsenko G. M., Vorob'yeva V. V., Valetskaya T. I. Finansovoye sostoyaniye sel'skokhozyaystvennykh organizatsiy pri razlichnom sochetanii otrasley [Financial condition of agricultural organizations with a different combination of industries] // Economy of agricultural and processing enterprises. 2017. No.12. Pp. 36–39. (In Russian.)
12. Vorotnikova O. S., Maystrenko N. A. Analiz transportnogo obespecheniya proizvodstvennykh protsessov v usloviyakh AO "Zelenogradskoe" [Analysis of the transport support of production processes in the conditions of JSC "Zelenogradskoe"] // Elektrotekhnologii i elektrooborudovaniye v APK. 2021. Vol. 68. No. 4 (45). Pp. 62–67. (In Russian.)

13. Radzhabov A. A. Mesto i rol' transporta v ustoychivom razvitii sel'skikh territoriy [The place and role of transport in the sustainable development of rural areas] // Politekhicheskii vestnik. Seriya: Inzhenernyye issledovaniya. 2018. No. 4 (44). Pp. 92–98. (In Russian.)
14. Registratsiya nadstavnykh (naroshchennykh) bortov na primere avtomobilya KAMAZ 5511 [Registration of extension (extended) boards on the example of a KAMAZ 5511 car] URL: <https://tex-exp.ru/zaregistrovano/gruzovye/registratsiya-nadstavnykh-bortov-na-kamaz-5511> (date of reference: 26.09.2022). (In Russian.)
15. Iovlev G. A., Goldina I. I. Formirovaniye uborochno-transportnogo kompleksa na zagotovke senazha [Formation of a harvesting and transport complex for haylage harvesting] // Nauchno-tekhnicheskii vestnik: Tekhnicheskiye sistemy v APK. 2021. No. 3 (11). Pp. 4–19. (In Russian.)
16. Iovlev G. A., Nesgovorov A. G., Goldina I. I. Issledovaniye raboty i formirovaniye sostava uborochno-transportnogo kompleksa iz zernouborochnykh kombaynov zarubezhnogo proizvodstva [Study of the work and formation of the composition of the harvesting and transport complex from grain harvesters of foreign production] // Agricultural Machinery and Technologies. 2020. Vol. 14. No. 4. Pp. 49–56. (In Russian.)
17. Iovlev G. A., Zorkov V. S. Ekonomicheskaya effektivnost' ispol'zovaniya zarubezhnogo i otechestvennogo traktora: sravnitel'nyy analiz [Economic efficiency of using foreign and domestic tractors: comparative analysis] // Teoriya i praktika mirovoy nauki. 2020. No. 1. Pp. 13–16.

Author's information:

Grigoriy A. Iovlev¹, candidate of economic sciences, associate professor, head of department “Service of transport and technological machines and equipment in the agro-industrial complex”, ORCID 0000-0002-1837-3222, AuthorID 332034; +7 922 208-78-46, gri-iovlev@yandex.ru

¹Ural State Agrarian University, Ekaterinburg, Russia