

УДК 631.372:629.114.2

UDC 631.372:629.114.2

4.3.1 – Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса (сельскохозяйственные науки)

4.3.1 - Technologies, machines and equipment for the agro-industrial complex (agricultural sciences)

**РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО
ОПРЕДЕЛЕНИЮ ЗАТРАТ,
ВОПЛОЩЁННЫХ В ЕДИНИЦУ
ПЕРЕВЕЗЕННОГО ГРУЗА ПРИ
ТРАНСПОРТИРОВКЕ УРОЖАЯ С ПОЛЯ**

**RESULTS OF RESEARCH TO DETERMINE
THE COSTS EMBODIED IN A UNIT OF
TRANSPORTED LOAD DURING
TRANSPORTATION OF THE CROP FROM
THE FIELD**

Щитов Сергей Васильевич

Д.т.н., профессор

РИНЦ SPIN-код: 4944 -6871

email: shitov.sv1955@mail.ru

Дальневосточный Государственный аграрный университет, Россия, 675005, Амурская область, г. Благовещенск, ул. Политехническая 86

Shchitov Sergey Vasilyevich

Dr.Sci.Tech., professor

RSCI SPIN-code: 4944-6871

email: shitov.sv1955@mail.ru

Far Eastern State Agrarian University, Russia, 675005, Amur Region, Blagoveshchensk, Politekhnikeskaya 86

Кривуца Зоя Фёдоровна

Д.т.н., профессор

РИНЦ SPIN-код: 6124 -5403

email: zfk20091@mail.ru

Дальневосточный Государственный аграрный университет, Россия, 675005, Амурская область, г. Благовещенск, ул. Политехническая 86

Krivutsa Zoya Fedorovna

Dr.Sci.Tech., professor

RSCI SPIN-code: 6124-5403

email: zfk20091@mail.ru

Far Eastern State Agrarian University, Russia, 675005, Amur Region, Blagoveshchensk, Politekhnikeskaya 86

Поликутина Елена Сергеевна

Кандидат технических наук

РИНЦ SPIN-код: 5782 -6936

email: e.polikytina@mail.ru

Дальневосточный Государственный аграрный университет, Россия, 675005, Амурская область, г. Благовещенск, ул. Политехническая 86

Polikutina Elena Sergeevna

Candidate of Technical Sciences

RSCI SPIN-code: 5782-6936

email: e.polikytina@mail.ru

Far Eastern State Agrarian University, Russia, 675005, Amur Region, Blagoveshchensk, Politekhnikeskaya 86

Епифанцев Виктор Владимирович

Д.с.-х.н., профессор

РИНЦ SPIN-код: 6556-2643

email: VVeipifansev@mail.ru

Дальневосточный Государственный аграрный университет, Россия, 675005, Амурская область, г. Благовещенск, ул. Политехническая 86

Epifantsev Viktor Vladimirovich

Doctor of Agricultural Sciences, Professor

RSCI SPIN-code: 6556-2643

email: VVeipifansev@mail.ru

Far Eastern State Agrarian University, Russia, 675005, Amur Region, Blagoveshchensk, Politekhnikeskaya 86

Двойнова Наталья Федоровна

Кандидат сельскохозяйственных наук

РИНЦ SPIN-код: 2253 – 5863

email: dnfsach@yandex.ru

Сахалинский государственный университет, Россия, 693000, Сахалинская область, г. Южно-Сахалинск, ул. Ленина 290

Dvoynova Natalia Fedorovna

Candidate of Agricultural Sciences

RSCI SPIN-code: 2253 - 5863

email: dnfsach@yandex.ru

Sakhalin State University, Russia, Yuzhno-Sakhalinsk, Lenina 290

Корольков Михаил Дмитриевич

Студент

РИНЦ SPIN-код: 6975 –8332

email: kmdforce@mail.ru

Дальневосточный Государственный аграрный университет, Россия, 675005, Амурская область, г. Благовещенск, ул. Политехническая 86

Korolkov Mikhail Dmitrievich

Student

RSCI SPIN-code: 6975 –8332

email: kmdforce@mail.ru

Far Eastern State Agrarian University, Russia, 675005, Amur Region, Blagoveshchensk, Politekhnikeskaya 86

В процессе возделывания сельскохозяйственных культур одной из технологических операций является вывозка полученного урожая с поля. Данный технологический процесс может проходить при двух различных условиях. Уборка урожая проходит при нормальных естественных производственных условиях: – отсутствие осадков; – опорная поверхность, по которой движется транспортное средство, имеет достаточную несущую способность. Сбор сельскохозяйственных культур осуществляется в неблагоприятных природно-производственных условиях, определяемых: – выпадением смешанных осадков (дождь, чередующийся со снегом); – выраженными суточными температурными контрастами (ночные заморозки сменяются дневным теплом); – снижением несущей способности почвогрунта, что затрудняет передвижение уборочно-транспортной техники. Необходимо учитывать, что конечным результатом при производстве сельскохозяйственных культур является себестоимость единицы полученного продукта. Именно она является главным конкурентоспособным показателем в рыночных отношениях. Поскольку рыночная конъюнктура существенно влияет на формирование цены готовой продукции, традиционная рублёвая оценка теряет объективность. В качестве более стабильной альтернативы целесообразно использовать показатель энергетической ёмкости изделия, отражающий совокупные затраты энергии на его создание. Это объясняется тем, что они не зависят от колебаний ценовых показателей, которые постоянно меняются, и не подчиняются состоянию рыночных условий. В представленном материале затронут вопрос использования энергетических затрат в качестве альтернативы оценки эффективности проведения транспортных работ при вывозке полученного урожая с полей

Ключевые слова: ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ЗАТРАТЫ, УРОЖАЙ, ТРАНСПОРТИРОВКА, СКОРОСТЬ, ГРУЗОПОДЪЁМНОСТЬ, ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС

During agricultural cultivation, one of the technological operations is harvesting the crops from the field. This process can occur under two different conditions. Harvesting occurs under normal natural production conditions: - no precipitation; - the supporting surface on which the vehicle travels has sufficient bearing capacity. Harvesting of agricultural crops occurs under unfavorable natural and production conditions, determined by: - mixed precipitation (rain alternating with snow); - significant diurnal temperature contrasts (night frosts followed by daytime warmth); - reduced bearing capacity of the soil, which hinders the movement of harvesting and transport equipment. It is also important to consider that the end result of agricultural production is the unit cost of the resulting product. This is the primary competitive indicator in market relations. Since market conditions significantly influence the pricing of finished products, traditional ruble-based valuations lose their objectivity. As a more stable alternative, it is advisable to use the energy capacity of a product, which reflects the total energy expenditure on its production. This is because it is independent of fluctuations in price indicators, which are constantly changing, and is not subject to market conditions. This article addresses the use of energy costs as an alternative to assessing the efficiency of transportation operations during harvesting

Keywords: ENERGY COSTS, YIELD, TRANSPORTATION, SPEED, CARRYING CAPACITY, TRANSPORT AND TECHNOLOGICAL PROCESS

<http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-220-021>

Введение.

Вывозка урожая с полей представляет собой сложный транспортно-технологический процесс, состоящий из множества взаимосвязанных операций [1-3]. Функциональная связь элементов предопределяет

<http://ej.kubagro.ru/2026/06/pdf/21.pdf>

дробление процесса на самостоятельные стадии: каждая решает свой круг производственных задач. Маршрут движения — циклический, с фиксированным порядком прохождения всех технологических узлов. Общая продолжительность цикла и его равномерность зависят от того, насколько согласованы отдельные операции, несмотря на их значительные различия по длительности и технологическому характеру (рис.1).

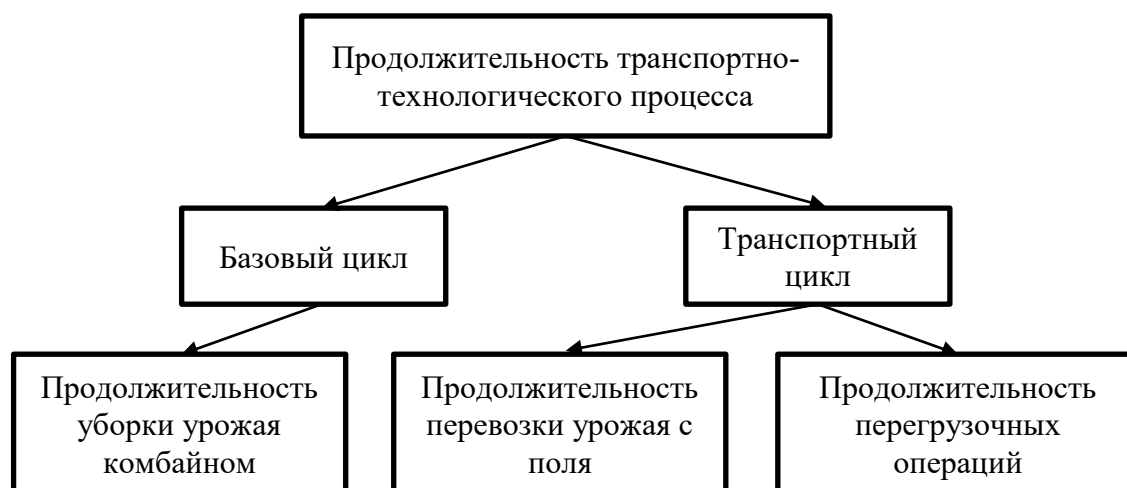


Рис. 1. Продолжительность транспортно-технологического процесса при вывозке урожая с поля

Анализируя представленный рисунок 1, можно отметить, что продолжительность транспортно-технологического процесса, связанного с вывозкой урожая с поля, зависит:

- от продолжительности базового цикла (продолжительность уборки урожая комбайном);
- от продолжительности перевозки урожая с поля транспортным средством;
- от продолжительности перегрузочных операций.

Материалы и методы.

Цель исследования – обоснование эффективности использования энергозатрат, воплощённых в единицу перевезенного груза, при оценке транспортно-технологического процесса.

Задача: установить количественные взаимосвязи между ключевыми параметрами организации перевозочного процесса (дальность доставки, номинальная грузоподъёмность подвижного состава, режимная скорость движения) и уровнем удельных энергоёмкостных показателей, рассчитанных на единицу транспортной продукции.

Результативность транспортно-технологических операций по доставке собранной продукции с полей традиционно рассчитывается в денежном выражении. При этом очень трудно оценить эффективность данного процесса, так как на него напрямую влияют рыночные отношения, которые постоянно изменяются [4-6]. В связи с этим для более точной оценки предлагается использовать энергозатраты, воплощённые в единицу произведённой работы. Они позволяют наиболее точно проанализировать отдельные показатели воплощённых затрат в единицу произведённой работы без учёта влияния состояния рыночных отношений. При этом возможно любой из показателей перевести из энергозатрат в рублёвый эквивалент.

Результаты и обсуждение

Продолжительность любого цикла связанного с вывозкой урожая с поля на отдельно взятой операции можно определить следующим образом [7]:

– при работе одной транспортной единицы

$$T_{\text{ц}} = t_{\text{цб}} + t_{\text{цтр}} - t_{\text{с}}, \quad (1)$$

где $t_{\text{цб}}$ – продолжительность базового цикла, ч; $t_{\text{цтр}}$ – продолжительность транспортного цикла, ч; $t_{\text{с}}$ – время, затраченное при условии совмещения нескольких операций, ч.

Для успешного функционирования транспортно-технологического процесса необходимо, чтобы величина полных энергозатрат воплощённых в единицу перевезенного груза стремилась к минимуму

$$E_{\pi} \rightarrow \min. \quad \text{МДж/т} \quad (2)$$

Величину полных энергозатрат, воплощённых в единицу перевезённого груза, составляют:

- энергозатраты, воплощённые в единицу используемого энергоносителя;
- энергозатраты, воплощённые в единицу живого труда;
- энергозатраты, воплощённые в единицу энергоёмкости транспортного средства.

В ходе выполненных исследований установлены математические соотношения, которые дают возможность оценить, как ключевые параметры транспортно-технологического процесса (дальность транспортировки, грузоподъёмность, продолжительность транспортного цикла) воздействуют на уровень энергозатрат, приходящихся на единицу перемещённого груза [8–11].

Энергозатраты воплощённые в единицу используемого энергоносителя

$$E_{\text{прв}} = \frac{(\alpha_m + f_m) G l_{\text{ге}} \rho}{Q}, \quad (3)$$

где α_m – теплосодержание 1 кг используемого топлива, МДж/кг; f_m – энергозатраты на производство 1 кг используемого топлива, МДж/кг; G – расход топлива на единицу пройденного пути, л/км; ρ – плотность топлива, кг/л; $l_{\text{ге}}$ – расстояние груженной ездки, км; Q – количество перевезенного груза, т.

- энергозатраты воплощённые в единицу перевезённого груза

$$E_{\text{жв}} = \frac{n_{\text{ч}} a_{\text{ж}} t_{\text{цтр}}}{Q}, \quad (4)$$

где $n_{\text{ч}}$ – число водителей, чел; $a_{\text{ж}}$ – энергетический эквивалент живого труда, МДж/чел·ч; $t_{\text{цтр}}$ – продолжительность транспортного цикла, ч.

–энергозатраты воплощённые в единицу энергоёмкости транспортного средства.

$$E_{эв} = \frac{E_a V t_{цтр}}{Q}, \quad (5)$$

где E_a – энергоёмкость автомобиля, МДж/км, V – скорость движения автомобиля, км/ч

Величина полных энергозатрат воплощённых в единицу перевезенного груза определяется суммированием всех составляющих [11]

$$E_{\pi} = E_{прв} + E_{жв} + E_{эв}, \quad (6)$$

где $E_{прв}$ – энергозатраты воплощённые в единицу используемого энергоносителя, МДж/т;

$E_{жв}$ – энергозатраты воплощённые в единицу живого труда, МДж/т;

$E_{эв}$ – энергозатраты воплощённые в единицу энергоёмкости транспортного средства, МДж/т

После преобразования выражения (6) с учётом ранее приведённых зависимостей (3, 4, 5) получим величину полных энергозатрат, воплощённых в единицу перевезённого груза в зависимости от продолжительности транспортного цикла (7)

$$E_{\pi} = \frac{(\alpha_m + f_m) G V t_{цтр} \rho}{Q} + \frac{n_{\text{ч}} a_{\text{ж}} t_{цтр}}{Q} + \frac{E_a V t_{цтр}}{Q} = \frac{((\alpha_m + f_m) G V \rho + n_{\text{ч}} a_{\text{ж}} + E_a V) t_{цтр}}{Q}. \quad (7)$$

С целью количественного анализа связей между полными энергозатратами, воплощёнными в единицу перевезённого груза, от продолжительности транспортного цикла автомобиля и количества перевезённого груза построен график (рисунок 2) для следующих исходных данных: $\alpha_m = 42,7$ МДж/кг, $f_m = 10$ МДж/кг, $G = 0,26$ л/км, $V = 55$ км/ч, $\rho = 0,850$ кг/л, $n_{\text{ч}} = 1$ чел, $a_{\text{ж}} = 0,9$ МДж/чел, $E_a = 4,3$ МДж/км.

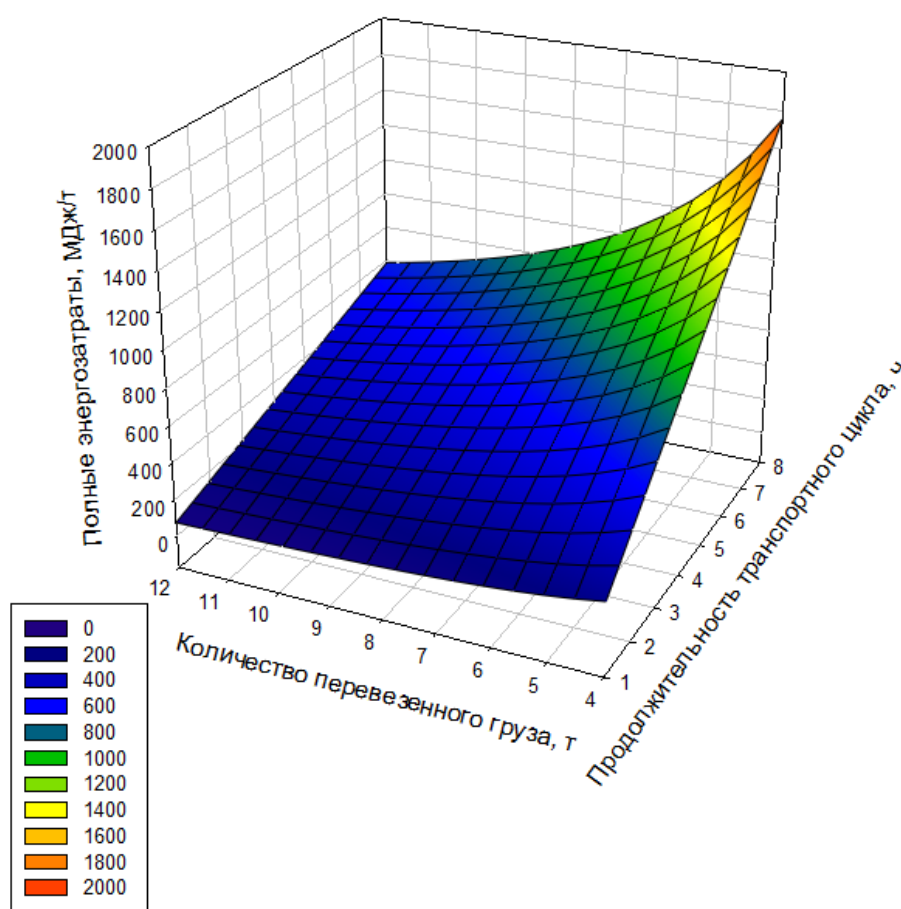


Рис.2. Влияние продолжительности транспортного цикла автомобиля и количества перевезенного груза на величину полных удельных энергозатрат автомобиля КамАЗ-45143

В рамках исследуемого диапазона удлинение транспортного цикла ведет к пропорциональному росту полных удельных энергозатрат автомобиля. Однако возрастание объема перевозимого груза в два раза (с 4 до 8 тонн) дает противоположный эффект — значительное сокращение удельных энергозатрат, причем эта тенденция в изученном интервале имеет параболический характер. Например, при двухчасовом цикле фиксируется уменьшение на 22%. Для цикла длительностью 8 часов

значение уменьшается с 1700 до 600 МДж/т при увеличении загрузки с 4 до 8 тонн.

Для оценки влияния расстояния груженой ездки и количества перевезенного груза на полные удельные энергозатраты автомобиля воспользуемся формулой (8) (рисунок 3).

$$E_{\text{п}} = \frac{(\alpha_m + f_m)Gl_{\text{ге}}\rho}{Q} + \frac{n_{\text{ч}}a_{\text{ж}}t_{\text{цтр}}}{Q} + \frac{E_a V t_{\text{цтр}}}{Q} = \frac{(\alpha_m + f_m)Gl_{\text{ге}}\rho}{Q} + \frac{n_{\text{ч}}a_{\text{ж}}l_{\text{ге}}}{QV} + \frac{E_a l_{\text{ге}}}{Q}. \quad (8)$$

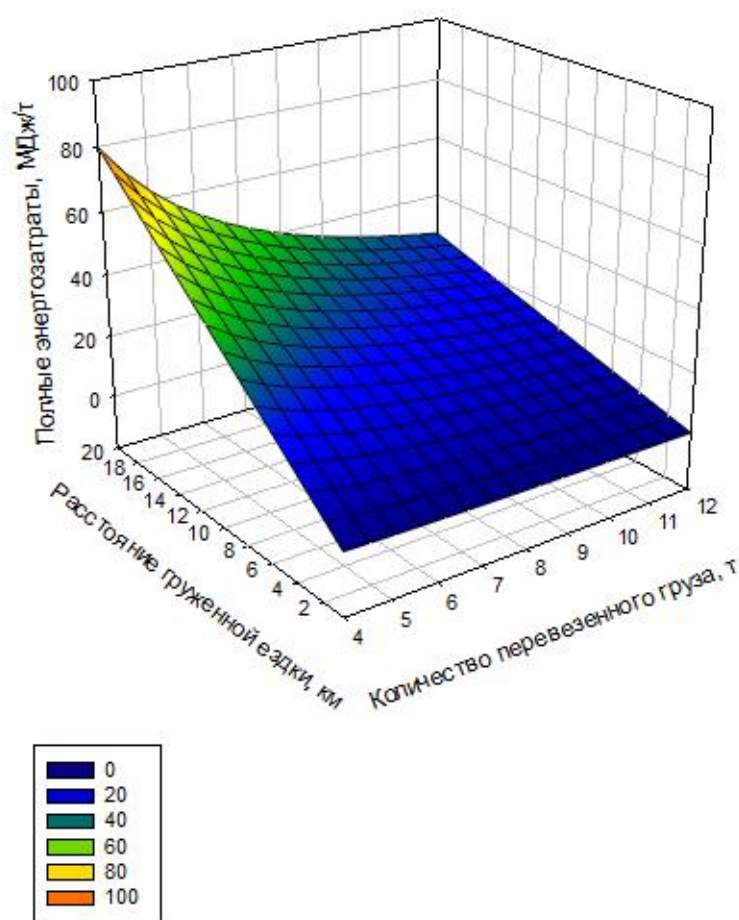


Рис.3. Влияние расстояния груженой ездки и количества перевезенного груза на величину полных удельных энергозатрат автомобиля КамАЗ-45143

Результаты исследования показывают: при увеличении расстояния груженой ездки степень возрастания полных удельных энергозатрат автомобиля значительно зависит от количества перевезенного груза. Транспортировка груза 4 т на 16 км приводит к увеличению энергозатрат на 72 МДж/т, тогда при перевозке 12 т — только на 14 МДж/кг.

Заключение.

В ходе исследований выявлен характер влияния ключевых факторов транспортно-технологического цикла на величину суммарных удельных энергозатрат автомобиля КамАЗ-45143 при перевозке грузов сельскохозяйственного назначения. В число анализируемых факторов вошли: продолжительность транспортного цикла, расстояние груженой ездки, количество перевезенного груза.

Полученные результаты позволяют сделать следующие выводы:

- с ростом продолжительности транспортного цикла полные удельные энергозатраты автомобиля увеличиваются пропорционально. При этом увеличение загрузки с 4 до 8 т значительно их снижает: зависимость имеет параболический вид. Так, при цикле 2 ч энергозатраты снижаются на 22%, а при 8 ч – с 1700 до 600 МДж/т;
- при увеличении расстояния груженой ездки рост полных удельных энергозатрат автомобиля зависит от массы груза. Так, перевозка 4 т на 16 км увеличивает энергозатраты на 72 МДж/т, а 12 т – всего на 14 МДж/кг.

Список использованной литературы

1. The impact of transportation costs on economic performances in crop production/ Bojan Savic, Mladen Petrovic, Zorica Vasiljevic// Economics of Agriculture, Belgrade , Year 67, 2020 – №3 – pp. 683-697
2. Раднаев Д.Н. Комплексная механизация сельскохозяйственного производства/Д.Н. Раднаев, З.Ю. Стрекаловская, А.И. Неустроева, А.В. Спиридонова // Научно-технический вестник Поволжья. 2023. – № 6. – С. 270-272. EDN: LFYSDQ.

3. Costing system as an instrument for enhancing environmental performance of entities in agribusiness/ Savic B., Vasiljevic Z., Milojevic I. // Journal of Business Economics and Management, 2020 – № 3-4(68) – pp. 294–302. doi: <https://doi.org/10.5937/EKOPRE2004294S>

4. Беляев В.И. Перспективные агротехнологии производства зерна в Алтайском крае/ В.И. Беляев, Л.В. Соколова // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2018. – № 4(162). – С. 5–12. EDN: [XMZPZZ](#).

5. Выбор машинно-тракторного агрегата на основе применения коэффициента использования прямых энергозатрат/ С.В. Щитов, Д.Н. Раднаев, Е.Е. Кузнецов и др. // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В.Р. Филиппова». 2024 – №1(74). – С. 149-157. DOI: [10.34655/bgsha.2024.74.1.018](#), EDN: [ORYGGW](#)

6. Региональные особенности проведения транспортных работ в аграрном секторе Амурской области/ А.В. Кучер, Е.Е. Кузнецов, З.Ф. Кривуца [и др.]//Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2024. – № 4 (108). – С. 99-106. EDN: [DLGDNJ](#)

7. Измайлов, А.Ю. Использование транспортных средств в сельском хозяйстве /А. Ю. Измайлов, Н. Е. Евтюшенков, Е.П. Шилова // Инновационное развитие АПК России на базе интеллектуальных машинных технологий: Сб. научных докладов Международной научно-технической конференции. – 2014.– С. 299. EDN: [TABUMH](#)

8. Повышение эффективности производства сельскохозяйственной продукции посредством снижения удельных энергозатрат машинно-тракторного агрегата / Е.С. Поликутина, Е.Е. Кузнецов, С.В. Щитов [и др.]// Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2024 – №2 (232) – С. 92-98. DOI: [10.53083/1996-4277-2024-232-92-98](#). EDN: [EXXMZR](#)

9. Метод оценки эффективности использования автомобильного транспорта/ А.В. Кучер, З. Ф. Кривуца, Е. Е. Кузнецов [и др.]// Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2025. – № 3 (113). – С. 119-123. EDN: [KGVULE](#).

10. Повышение эффективности использования энергетических средств при транспортировке грузов полуприцепами / С.В. Щитов, З.Ф. Кривуца, Е.С. Поликутина [и др.]// Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2025. – № 4 (114) – С. 106-111. EDN: [ENQHSG](#).

11. Повышение эффективности использования тракторно-транспортных агрегатов в АПК/ С.В. Щитов, Кривуца З.Ф., Поликутина Е.С. [и др.]//Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2025. – № 5 (115) – С. 106-110. DOI: [10.37670/2073-0853-2025-115-5-106-110](#). EDN: [XMPWKI](#).

References

1. Vliyanie transportny`x raschodov na e`konomicheskie pokazateli v rastenievodstve / Boyan Savis, Mladen Petrovich, Zoricza Vasil`evis // E`konomika sel`skogo xozyajstva, Belgrad, 67-j god, 2020 – №3 – str. 683-697

2. Radnaev D.N. Kompleksnaya mexanizaciya sel`skoxozyajstvennogo proizvodstva/D.N. Radnaev, Z.Yu. Strekalovskaya, A.I. Neustroeva, A.V. Spiridonova // Nauchno-texnicheskij vestnik Povolzh`ya. 2023. – № 6. – S. 270-272. EDN: [LFYSDQ](#).

3. Costing system as an instrument for enhancing environmental performance of entities in agribusiness/ Savis B., Vasiljevis Z., Milojevis I. // Journal of Business Economics and Management, 2020 – № 3-4(68) – rr. 294–302. doi: <https://doi.org/10.5937/EKOPRE2004294S>

4. Belyaev V.I. Perspektivny`e agrotehnologii proizvodstva zerna v Altajskom krae/ V.I. Belyaev, L.V. Sokolova // Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2018. – № 4(162). – S. 5–12. EDN: XMZPZZ.

5. Vy`bor mashinno-traktornogo agregata na osnove primeneniya koe`fficienta ispol`zovaniya pryamy`x e`nergozatrata/ S.V. Shhitov, D.N. Radnaev, E.E. Kuznecov i dr. // Vestnik Buryatskoj gosudarstvennoj sel`skoxozyajstvennoj akademii im. V.R. Filippova». 2024 – №1(74). – S. 149-157. DOI: 10.34655/bgsha.2024.74.1.018, EDN: ORYGGW

6. Regional`ny`e osobennosti provedeniya transportny`x rabot v agrarnom sektore Amurskoj oblasti/ A.V. Kucher, E.E. Kuznecov, Z.F. Krivucza [i dr.]/Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2024. – № 4 (108). – S. 99-106. EDN: DLGDNJ

7. Izmajlov, A.Yu. Ispol`zovaniya transportny`x sredstv v sel`skom xozyajstve /A. Yu. Izmajlov, N. E. Evtyushenkov, E.P. Shilova // Innovacionnoe razvitie APK Rossii na baze intellektual`ny`x mashinny`x texnologij: Sb. nauchny`x dokladov Mezhdunarodnoj nauchno-texnicheskoj konferencii. – 2014.– S. 299. EDN: TABUMH

8. Povy`shenie e`ffektivnosti proizvodstva sel`skoxozyajstvennoj produkcii posredstvom snizheniya udel`ny`x e`nergozatrata mashinno-traktornogo agregata / E.S. Polikutina, E.E. Kuznecov, S.V. Shhitov [i dr.]/ Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2024 – №2 (232) – S. 92-98. DOI: 10.53083/1996-4277-2024-232-2-92-98. EDN: EXXMZR

9. Metod ocenki e`ffektivnosti ispol`zovaniya avtomobil`nogo transporta/ A.V. Kucher, Z. F. Krivucza, E. E. Kuznecov [i dr.]/ Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2025. – № 3 (113). – S. 119-123. EDN: KGVULE.

10. Povy`shenie e`ffektivnosti ispol`zovaniya e`nergeticheskix sredstv pri transportirovke грузов polupricepami / S.V. Shhitov, Z.F. Krivucza, E.S. Polikutina [i dr.]/ Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2025 – № 4 (114) – S. 106-111. EDN: EHQHSG.

11. Povy`shenie e`ffektivnosti ispol`zovaniya traktorno-transportny`x agregatov v APK/ S.V. Shhitov, Krivucza Z.F., Polikutina E.S. [i dr.]/Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2025 – № 5 (115) – S. 106-110. DOI: 10.37670/2073-0853-2025-115-5-106-110. EDN: XMPWKI.