

УДК 631.372:629.114.2

DOI: 10.24412/1999-6837-2021-4-173-181

Повышение эффективности разгрузочных работ транспортных средств в условиях низких температур окружающей среды

Александр Викторович Кучер¹, Зоя Фёдоровна Кривуца²,
Сергей Васильевич Щитов³, Евгений Евгеньевич Кузнецов⁴,
Наталья Фёдоровна Двойнова⁵

^{1, 2, 3, 4} Дальневосточный государственный аграрный университет,
Амурская область, Благовещенск, Россия

⁵ Сахалинский государственный университет, Сахалинская область,
г. Южно-Сахалинск, Россия

¹ alexkucher1987@mail.ru, ² zfk20091@rambler.ru, ³ shitov.sv1955@mail.ru,

⁴ ji.tor@mail.ru, ⁵ dnfsach@yandex.ru

Аннотация. В статье представлены теоретические и экспериментальные исследования по повышению эффективности выполнения разгрузочных работ автомобилями семейства КамАЗ в условиях низких температур окружающей среды Амурской области. Приоритетным направлением повышения эффективности использования грузовых автомобилей при выполнении транспортных работ в условиях низких температур окружающей среды является снижение энергетических затрат на единицу полученной сельскохозяйственной продукции. Производственный опыт показывает, что в зимний период необходимо учитывать суровые природно-климатические условия Амурской области, которые оказывают негативное влияние на надежность и экономичность транспортных услуг. Поставленная задача реализуется за счет использования нагревательного устройства на основе термоэлектрического рекуперативного модуля, позволяющего в условиях ограниченности теплового ресурса повысить эффективность разгрузочных работ автомобиля КамАЗ-55111. Для обоснования использования нагревательного устройства на основе термоэлектрического рекуперативного модуля проанализировано влияние температуры окружающей среды на продолжительность разгрузочных работ транспортного средства. Применённый математический аппарат доказал, что снижение температуры окружающей среды оказывает существенное негативное влияние на работу гидравлической системы за счет увеличения вязкости рабочей жидкости. В связи с этим особый интерес представляет применение устройств, позволяющих увеличить температуру гидравлической жидкости транспортного средства в низкотемпературных условиях эксплуатации. Предлагаемое устройство позволяет вторично использовать теплоту выхлопных газов, удаляемых из двигателя автомобиля путем преобразования в электрическую энергию, с последующим аккумулированием тепловой энергии. Экспериментальным путем установлено, что использование разработанного устройства при температуре окружающего воздуха минус 35 °С уменьшает время подъема платформы кузова с массой груза десять тонн гидравлической системой автомобиля КамАЗ-55111 более чем на 31 %, что позволяет более результативно использовать затраченную энергию и тем самым повысить эффективность разгрузочных работ энергетического средства.

Ключевые слова: грузовой автомобиль, гидроцилиндр, подогрев, энергетические затраты, эффективность разгрузочных работ

Для цитирования: Кучер А. В., Кривуца З. Ф., Щитов С. В., Кузнецов, Е. Е., Двойнова Н. Ф. Повышение эффективности разгрузочных работ транспортных средств в условиях низких температур окружающей среды // Дальневосточный аграрный вестник. 2021. Вып. 4 (60). С. 173–181. doi: 10.24412/1999-6837-2021-4-173-181.

Efficiency improvement of vehicle unloading under conditions of low ambient temperatures

Aleksandr V. Kucher¹, Zoya F. Krivutsa², Sergey V. Shchitov³,
Evgeniy E. Kuznetsov⁴, Natalia F. Dvoynova⁵

^{1, 2, 3, 4} Far Eastern State Agrarian University, Amur region, Blagoveshchensk, Russia

⁵ Sakhalin State University, Sakhalin region, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia

¹ alexkucher1987@mail.ru, ² zfk20091@rambler.ru, ³ shitov.sv1955@mail.ru,

⁴ ji.tor@mail.ru, ⁵ dnfsach@yandex.ru

Abstract. The article presents theoretical and experimental studies on efficiency improvement of unloading operations by KamAZ family cars under conditions of low ambient temperatures of the Amur Region. The priority direction of efficiency increasing of trucks using while transport operations at low ambient temperatures is to reduce energy losses per unit of received agricultural products. Production experience shows that in winter it is necessary to take into account the harsh natural and climatic conditions of the Amur Region, which have a negative impact on the reliability and efficiency of transport services. The objective is realized by using a heating device based on a thermoelectric recuperative module, which allows, in conditions of limited thermal resource, to increase the efficiency of unloading operations of the KamAZ-55111 vehicle. To substantiate the use of a heating device based on a thermoelectric recuperative module, the ambient temperature influence on the duration of vehicle unloading is analyzed. The applied mathematical apparatus proved that a decrease in the ambient temperature had a significant negative effect on the hydraulic system operation due to an increase in the working fluid viscosity. In this regard, of particular interest is the use of devices that make it possible to increase the hydraulic fluid temperature of a vehicle in low-temperature operating conditions. The proposed device makes it possible to reuse the heat of exhaust gases removed from the car engine by converting into electrical energy, followed by the accumulation of thermal energy. It was established that the use of the developed device at an ambient temperature of $-35\text{ }^{\circ}\text{C}$ reduces the lifting time of the body platform with a weight of 10 tons by the hydraulic system of the KamAZ-55111 vehicle by more than 31 %, which allows more efficient use of the spent energy and thereby increase the efficiency of energy means.

Keywords: truck, hydraulic cylinder, heating, energy losses, efficiency of unloading operations

For citation: Kucher A. V., Krivutsa Z. F., Shchitov S. V., Kuznetsov E. E., Dvoynova N. F. Efficiency improvement of vehicle unloading under conditions of low ambient temperatures. *Dal'nevostochnyj agrarnyj vestnik = Far Eastern Agrarian Herald*. 2021; 4 (60): 173–181. (In Russ.). doi: 10.24412/1999-6837-2021-4-173-181.

Введение. Одним из направлений повышения эффективности использования грузовых автомобилей при выполнении транспортных работ в условиях низких температур окружающей среды является снижение энергетических затрат на единицу полученной сельскохозяйственной продукции [2, 3, 13, 14]. Производственный опыт показывает, что в зимний период необходимо учитывать суровые природно-климатические условия Амурской области, которые оказывают негативное влияние на надежность и экономичность транспортных услуг при выработке транспортной продукции в сельском хозяйстве.

Наряду с этим следует учитывать, что доля потери тепла с выхлопными газами может превышать 40 %. Это обосновывает

важность исследований энергоэффективности применения транспорта, в частности автомобилей семейства КамАЗ [4, 9, 12].

При организации выполнения разгрузочных работ преимущества автомобиля КамАЗ-55111 реализуются на основе гидравлической системы, которая с помощью телескопического гидроцилиндра поднимает и опрокидывает платформу кузова. Однако, при эксплуатации этого автомобиля в низкотемпературных условиях и на длинных маршрутах подвоза или безгаражном хранении значительно увеличивается время разгрузки сельскохозяйственных грузов, за счет повышения вязкости гидравлической жидкости в системе опрокидывания кузова.

Целью данных исследований является обоснование использования нагревательного устройства на основе термоэлектрического рекуперативного модуля, позволяющего в условиях ограниченности теплового ресурса повысить эффективность разгрузочных работ автомобиля КамАЗ-55111.

Методика проведения исследований. Для реализации поставленной цели необходимо проанализировать влияние температуры окружающей среды на продолжительность разгрузочных работ транспортного средства.

Скорость перемещения поршня в гидроцилиндре зависит от количества жидкости, поступающей в единицу времени и определяется по формуле (1):

$$v = \frac{4Q}{\pi(D^2 - d^2)} \quad (1)$$

где Q – объёмный расход жидкости, м³/с;
 D – диаметр поршня, м;
 d – диаметр штока, м.

В случае использования телескопического гидроцилиндра из n -поршней ско-

рость их перемещения оценивается выражением (2):

$$v_{1,2,\dots,n} = \frac{4Q}{\pi(D_{1,2,\dots,n}^2 - d_{1,2,\dots,n}^2)} \quad (2)$$

Количество жидкости, поступающей в гидроцилиндр можно рассчитать по формуле (3):

$$Q = \frac{dV}{dt} = \frac{S_n dl}{dt} = Sw \quad (3)$$

где V – объём жидкости, м³;
 t – время, с;
 l – расстояние, проходимое жидкостью, м;
 w – средняя скорость потока жидкости, м/с.

Для решения поставленной задачи целесообразно определить необходимое количество жидкости, поступающей в гидроцилиндр длиной l и диаметром D при ламинарном режиме течения (рис. 1).

При установившемся режиме течения жидкости для значения координаты y уравнения Бернулли [6] можно записать выражение (4):

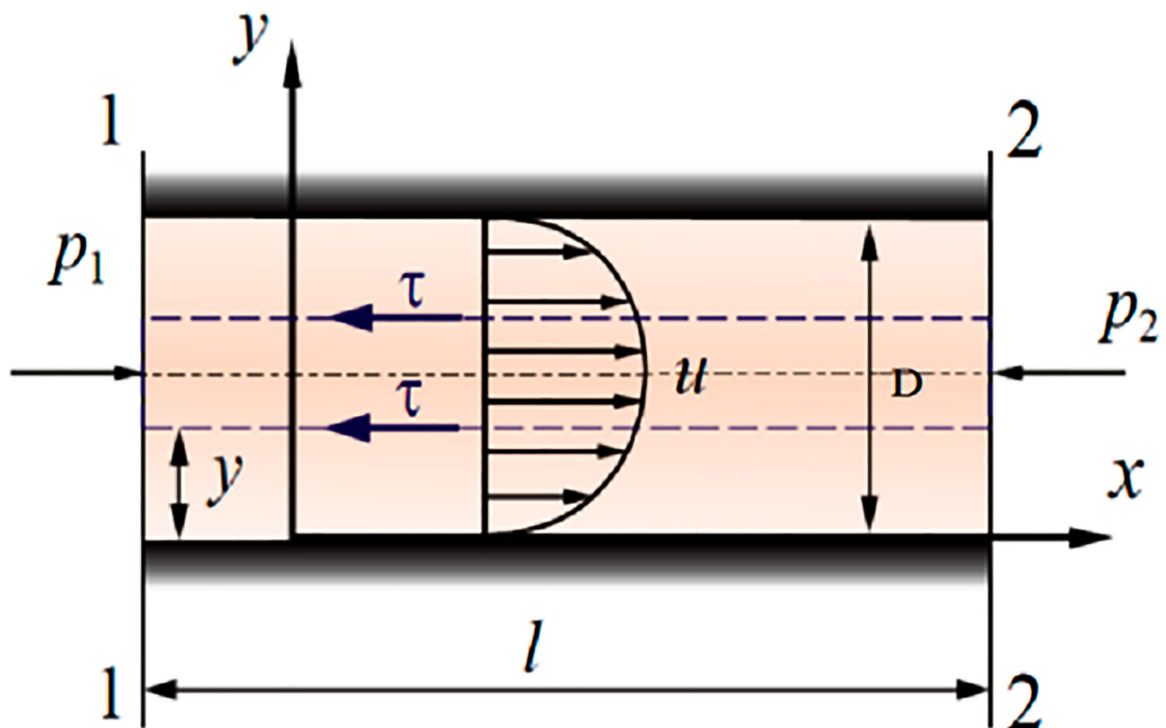


Рисунок 1 – Схема к определению расхода жидкости в ламинарном потоке

$$\pi(0,5D - y)^2(p_1 - p_2) = 2\tau\pi(0,5D - y)l \quad (4)$$

где p_1 – давление в сечении один, Па;
 p_2 – давление в сечении два, Па;
 τ – напряжение трения, Па.

При движении жидкости необходимо учесть силы трения, которые проявляются из-за вязкости при низких температурах и подчиняются закону Ньютона. Поэтому, одним из основных факторов, влияющих на скорость потока жидкости в заданном объёме, является вязкость, характеризующая степень текучести жидкости и подвижности её частиц.

Выразим напряжение трения из формулы (4), составив выражение (5):

$$\tau = \frac{(p_1 - p_2)(D - 2y)}{4l} \quad (5)$$

В соответствии с законом Ньютона напряжение трения пропорционально динамическому коэффициенту вязкости, что находит отражение в формуле (6):

$$\tau = \mu \text{grad} u = \mu \frac{du}{dy} \quad (6)$$

где μ – динамический коэффициент вязкости, Па·с;

u – скорость потока жидкости в поперечном направлении, м/с.

Определим скорость жидкости нормально к потоку, приравнявая правые части уравнений (5) и (6). В результате, получим выражение (7):

$$du = \frac{(p_1 - p_2)(D - 2y)}{4l\mu} dy \quad (7)$$

Проинтегрируем выражение (7). Результат интегрирования представлен в выражении (8):

$$u = \int_0^y du = \int_0^y \frac{(p_1 - p_2)(D - 2y)}{4l\mu} dy = \frac{(p_1 - p_2)D^2}{4l\mu} \left(\frac{y}{D} - \left(\frac{y}{D} \right)^2 \right) + C \quad (8)$$

Принимая скорость движения потока жидкости бесконечно малой величиной в корпусе гидроцилиндра, то есть при $y=0$, константу интегрирования можно приравнять к нулю $C=0$.

Таким образом, имеем выражение (9):

$$u = \frac{(p_1 - p_2)D^2}{4l\mu} \left(\frac{y}{D} - \left(\frac{y}{D} \right)^2 \right) \quad (9)$$

Согласно многочисленным экспериментальным исследованиям [2, 3, 12, 13, 14], динамическая вязкость синтетических масел повышается при уменьшении температуры окружающей среды и подчиняется эмпирическому закону (10): [4]

$$\mu = \mu_0 e^{-\beta(T - T_0)} \quad (10)$$

где μ и μ_0 – динамический коэффициент вязкости соответственно при температурах T и T_0 ;

β – коэффициент, значение которого для синтетических масел изменяется в пределах от 0,02 до 0,03.

Таким образом, учитывая изменения температуры синтетических масел, скорость движения потока жидкости в поперечном направлении можно определить выражением (11), путём подставления формулы (10) в формулу (9):

$$u = \frac{(p_1 - p_2)D^2}{4l\mu_0 e^{-\beta(T - T_0)}} \left(\frac{y}{D} - \left(\frac{y}{D} \right)^2 \right) \quad (11)$$

Оценим объёмный расход жидкости, поступающей в единицу времени с учётом выражения (11), составив выражение (12):

$$Q = \int_0^{0,5D} 2\pi(0,5D - y)u dy = \frac{(p_1 - p_2)D^4\pi}{4l\mu_0 e^{-\beta(T - T_0)}} \int_0^{0,5D} \left(0,5 - \frac{y}{D} \right) \left[\frac{y}{D} - \left(\frac{y}{D} \right)^2 \right] d \left(\frac{y}{D} \right) = \frac{(p_1 - p_2)D^4\pi}{4l\mu_0 e^{-\beta(T - T_0)}} \left(0,25 \left(\frac{y}{D} \right)^2 - 0,5 \left(\frac{y}{D} \right)^3 + 0,25 \left(\frac{y}{D} \right)^4 \right) \Big|_0^{0,5D} = \frac{(p_1 - p_2)D^4\pi}{128l\mu_0 e^{-\beta(T - T_0)}} \quad (12)$$

Таким образом, средняя скорость потока жидкости w в гидроцилиндре, в зависимости от изменения температуры окружающей среды, определится на основе подставления выражения (12) в выражение (3). Получим формулу (13):

$$w = \frac{Q}{S_{\pi}} = \frac{(p_1 - p_2)D^2}{32l\mu_0 e^{-\beta(T-T_0)}} \quad (13)$$

Учитывая формулы (1) и (12), установим зависимость скорости движения штока, реализуемой в силовом гидроцилиндре, от температуры окружающей среды, составив выражение (14):

$$v(T) = \frac{(p_1 - p_2)D^4}{32l\mu_0 e^{-\beta(T-T_0)}(D^2 - d^2)} \quad (14)$$

Следовательно, время подъема кузова транспортного средства зависит от температуры окружающей среды и описывается формулой (15):

$$t(T) = \frac{32l\mu_0 e^{-\beta(T-T_0)}(D^2 - d^2)}{(p_1 - p_2)D^4} \quad (15)$$

Применённый математический аппарат позволяет сделать вывод, что снижение температуры окружающей среды оказывает существенное негативное влияние на работу гидравлической системы за счёт увеличения вязкости рабочей жидкости. В связи с этим особый интерес представляет применение устройств, позволяющих увеличить температуру гидравлической жидкости (масла индустриального 12А) транспортного средства в низкотемпературных условиях эксплуатации.

В целях подтверждения полученных зависимостей проведены экспериментальные исследования предлагаемого нагревательного устройства на основе термоэлектрического рекуперативного модуля, выполненного по патенту Российской Федерации № 197094 (рис. 2).

Предлагаемое устройство позволяет вторично использовать теплоту



Рисунок 2 – Автомобиль КамАЗ-55111 с установленным подогревающим устройством гидроцилиндра подъёма кузова

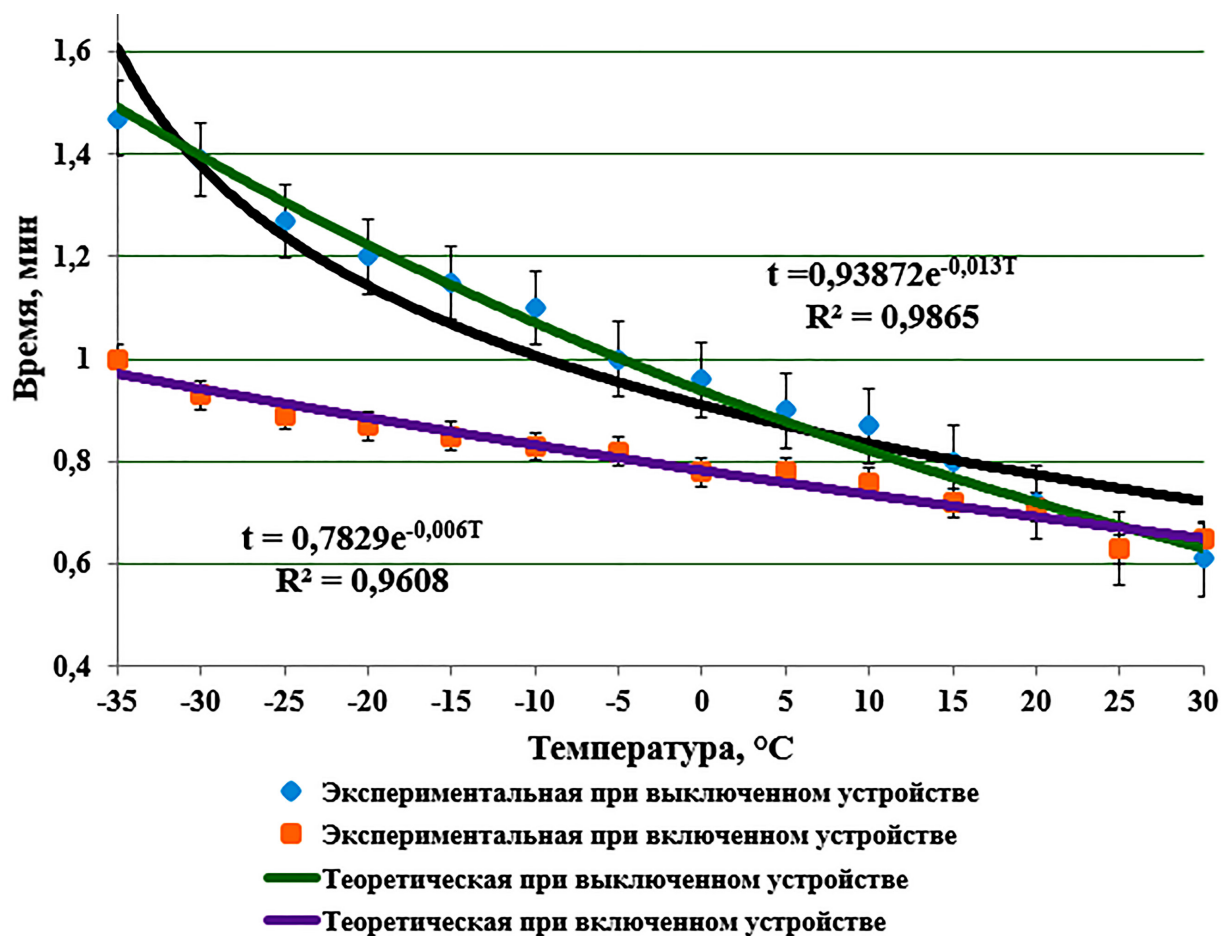


Рисунок 3 – Зависимость времени подъема кузова автомобиля КамАЗ-55111 от температуры окружающей среды (масса груза 10 тонн)

выхлопных газов, удаляемых из двигателя автомобиля путем преобразования в электрическую энергию, с последующим аккумулированием тепловой энергии [5, 6, 7, 8, 9, 11, 15].

Результаты теоретических и экспериментальных исследований сведены и представлены в виде графиков на рисунке 3.

Вывод. Проведенными экспериментальными исследованиями подтверждены теоретические расчеты и обоснована целесообразность использования нагре-

вательного устройства на основе термоэлектрического рекуперативного модуля при применении грузового автомобиля в низкотемпературный период. Установка предлагаемого устройства при температуре окружающего воздуха минус 35 °C уменьшает время подъема платформы кузова с массой груза 10 тонн и гидравлической системой автомобиля КамАЗ-55111 более чем на 31 %, что позволяет более результативно использовать затраченную энергию и тем самым повысить эффективность работы энергетических средств.

Список источников

1. Гидравлика, гидромашины и гидроприводы : учебник / Т. М. Башта [и др.]. М. : Издательский дом «Альянс», 2010. 423 с.

2. Кривуца З. Ф. Исследование топливной экономичности автомобилей в транспортно-технологическом обеспечении предприятий АПК // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2014. № 3. С.107–110.

3. Кривуца З. Ф., Щитов С. В. Влияние температуры окружающей среды на расход топлива грузовых автомобилей при различных скоростных режимах // Научное обозрение. 2013. № 11. С. 20–24.
4. Кривуца З. Ф., Щитов С. В. Исследование зависимости энергетических затрат транспортных средств от массы перевозимого груза // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2015. № 7. С. 74–78.
5. Повышение пусковых качеств источников энергии автомобиля при адаптации к условиям низкотемпературного использования в агропромышленном комплексе / А. В. Кучер [и др.] // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2021. № 4 (90). С. 173–178.
6. Повышение эффективности использования грузовых автомобилей для вывоза сельскохозяйственной продукции в условиях низких температур / А. В. Кучер [и др.] // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2021. № 4 (90). С. 167–172.
7. Повышение эффективности использования энергетических средств в технологии возделывания сельскохозяйственных культур при различных температурных режимах / А. В. Кучер [и др.] // Дальневосточный аграрный вестник. 2021. № 3 (59). С. 86–93.
8. Расчёт энергетической эффективности используемых в сельском хозяйстве транспортных средств, подготовленных к зимним условиям эксплуатации / А. В. Кучер [и др.] // АгроЭкоИнфо. 2021. № 3 (45).
9. Расширение функциональных возможностей колёсной энергетики / О. А. Кузнецова [и др.] // Дальневосточный аграрный вестник. 2021. № 1 (57). С. 87–98.
10. Термоэлектрический автомобильный подогревающий модуль : пат. № 197094 Рос. Федерация. № 2019142798 ; заявл. 17.12.2019 ; опубл. 30.03.2020, Бюл. № 10. 8 с.
11. Формирование прямых энергозатрат транспортного средства, адаптированного к региональным условиям низкотемпературной эксплуатации / А. В. Кучер [и др.] // Стратегии устойчивого развития мировой науки : материалы 75-й междунар. науч. конф. Евразийского Научного Объединения (Москва, май 2021 г.). М. : Евразийское Научное Объединение, 2021. С. 32–35.
12. Щитов С. В., Кривуца З. Ф. Влияние внешних факторов на топливную экономичность автомобиля при транспортно-технологическом обеспечении АПК // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2014. № 9. С. 111–117.
13. Щитов С. В., Кривуца З. Ф. Оптимизация работы транспортно-технологических средств // Техника в сельском хозяйстве. 2012. № 1. С. 21–23.
14. Щитов С. В., Кривуца З. Ф. Энергетическая оценка транспортно-технологического обеспечения производства сельскохозяйственных культур // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2011. № 11. С. 180–185.
15. Increasing the efficiency of use of wheeled harrow units in regions of risk farming / A. E. Slepnev [et al.] // Innovative Technologies in Environmental Engineering and Agroecosystems : first International Scientific and Practical Conference (Nalchik, 24 May, 2021). Published online. URL: <https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/abs/2021/38/contents/contents.html>.

References

1. Bashta T. M., Rudnev S. S., Nekrasov B. B. [et al.]. *Gidravlika, gidromashiny i gidroprivody [Hydraulics, hydraulic machines and hydraulic drives]*, Moskva, Izdatel'skiy dom "Al'yans", 2010, 423 p. (in Russ.).
2. Krivutsa Z. F. Issledovanie toplivnoy ekonomichnosti avtomobiley v transportno-tekhnologicheskom obespechenii predpriyatiy APK [Investigation of the fuel efficiency of vehicles in the transport and technological support of agricultural enterprises]. *Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – Bulletin of the Altai State Agrarian University*, 2014; 3: 107–110 (in Russ.).

3. Krivutsa Z. F., Shchitov S. V. Vliyanie temperatury okruzhayushchey sredy na raskhod topliva gruzovykh avtomobiley pri razlichnykh skorostnykh rezhimakh [Influence of ambient temperature on fuel consumption of trucks at different speed mode]. *Nauchnoe obozrenie. – Scientific review*, 2013; 11: 20–24 (in Russ.).

4. Krivutsa Z. F., Shchitov S. V. Issledovanie zavisimosti energeticheskikh zatrat transportnykh sredstv ot massy perevozimogo gruzha [Study of the dependence of the energy consumption of vehicles on the mass of the transported cargo]. *Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – Bulletin of the Krasnoyarsk State Agrarian University*, 2015; 7: 74–78 (in Russ.).

5. Kucher A. V., Krivutsa Z. F., Shchitov S. V. [et al.]. Povyshenie puskovykh kachestv istochnikov energii avtomobilya pri adaptatsii k usloviyam nizkotemperaturnogo ispol'zovaniya v agropromyshlennom komplekse [Improving the starting qualities of vehicle energy sources while adapting to the conditions of low-temperature use in the agroindustrial complex]. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – Proceedings of the Orenburg State Agrarian University*, 2021; 4 (90): 173–178 (in Russ.).

6. Kucher A. V., Krivutsa Z. F., Kuznetsov K. E. [et al.]. Povyshenie effektivnosti ispol'zovaniya gruzovykh avtomobiley dlya vyvoza sel'skokhozyaystvennoy produktsii v usloviyakh nizkikh temperatur [Improving the efficiency of using trucks for the export of agricultural products in low temperatures]. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – Proceedings of the Orenburg State Agrarian University*, 2021; 4 (90): 167–172 (in Russ.).

7. Kucher A. V., Krivutsa Z. F., Shchitov S. V., Kuznetsov E. E., Reshetnik E. I., Dvoynova N. F. Povyshenie effektivnosti ispol'zovaniya energeticheskikh sredstv v tekhnologii vzdelyvaniya sel'skokhozyaystvennykh kul'tur pri razlichnykh temperaturnykh rezhimakh [Efficiency improving of energy means use in agricultural crops cultivation technology at different temperature regimes]. *Dal'nevostochnyy agrarnyy vestnik. – Far Eastern Agrarian Herald*, 2021; 3 (59): 86–93 (in Russ.).

8. Kucher A. V., Krivutsa Z. F., Shchitov S. V., Kuznetsov E. E. Raschyot energeticheskoy effektivnosti ispol'zuemykh v sel'skom khozyaystve transportnykh sredstv, podgotovlennykh k zimnim usloviyam ekspluatatsii [Calculation of the energy efficiency of vehicles used in agriculture, prepared for winter operating conditions]. *AgroEkoInfo. – AgroEkoInfo*, 2021; 3 (45) (in Russ.).

9. Kuznetsova O. A., Krivutsa Z. F., Shchitov S. V., Kuznetsov E. E., Evdokimov V. G., Polikutina E. S. [et al.]. Rasshirenie funktsional'nykh vozmozhnostey kolyosnoy energetiki [Expansion of wheeled power functional capabilities]. *Dal'nevostochnyy agrarnyy vestnik. – Far Eastern Agrarian Herald*, 2021; 1 (57): 87–98 (in Russ.).

10. Shchitov S. V. et al. Termoelektricheskiy avtomobil'nyy podogrevayushchiy modul' [Thermoelectric Vehicle Heating Module] *Patent RF, no 197094 patenton.ru 2020* Retrieved from <https://patenton.ru/patent/RU2740589C1> (Accessed 30 March 2020) (in Russ.).

11. Kucher A. V., Kuznetsova O. V., Shchitov S. V., Kuznetsov E. E., Krivutsa Z. F. Formirovanie pryamykh energozatrat transportnogo sredstva, adaptirovannogo k regional'nym usloviyam nizkotemperaturnoy ekspluatatsii [Formation of direct energy consumption of a vehicle adapted to regional conditions of low-temperature operation]. *Proceedings from Strategies for the sustainable development of world science: 75-ya Mezhdunarodnaya nauchnaya konferentsiya Evraziyskogo Nauchnogo Ob"edineniya (may 2021 g.) – 75th International Scientific Conference of the Eurasian Scientific Association*. (PP. 32–35), Moskva, Evrazijskoe Nauchnoe Ob"edinenie, 2021 (in Russ.).

12. Shchitov S. V., Krivutsa Z. F. Vliyanie vneshnikh faktorov na toplivnuyu ekonomichnost' avtomobilya pri transportno-tekhnologicheskom obespechenii APK [The influence of external factors on the fuel efficiency of a car in the transport and technological support of the agroindustrial complex]. *Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – Bulletin of the Altai State Agrarian University*, 2014; 9: 111–117 (in Russ.).

13. Shchitov S. V., Krivutsa Z. F. Optimizatsiya raboty transportno-tekhnologicheskikh sredstv [Optimization of the operation of transport and technological means]. *Tekhnika v sel'skom khozyaystve. – Machinery in agriculture*, 2012; 1: 21–23 (in Russ.).

14. Shchitov S. V., Krivutsa Z. F. Energeticheskaya otsenka transportno-tekhnologicheskogo obespecheniya proizvodstva sel'skokhozyaystvennykh kul'tur [Energy assessment of transport and technological support of agricultural crops production]. *Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – Bulletin of the Krasnoyarsk State Agrarian University*, 2011; 11: 180–185 (in Russ.).

15. Slepnev A. E., Polikutina E. S., Shchitov S. V., Kuznetsov E. E., Krivutsa Z. F. Increasing the efficiency of use of wheeled harrow units in regions of risk farming // Innovative Technologies in Environmental Engineering and Agroecosystems: 1st International Scientific and Practical Conference, 2021. Published online. URL: <https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/abs/2021/38/contents/contents.html>.

© Кучер А. В., Кривуца З. Ф., Щитов С. В., Кузнецов Е. Е., Двойнова Н. Ф., 2021

Статья поступила в редакцию 02.10.2021; одобрена после рецензирования 26.10.2021; принята к публикации 30.11.2021.

The article was submitted 02.10.2021; approved after reviewing 26.10.2021; accepted for publication 30.11.2021.

Информация об авторах

Кучер Александр Викторович, аспирант, Дальневосточный государственный аграрный университет, alexkucher1987@mail.ru;

Кривуца Зоя Федоровна, доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой физики и информатики, Дальневосточный государственный аграрный университет, zfk20091@rambler.ru;

Щитов Сергей Васильевич, доктор технических наук, профессор кафедры транспортно-энергетических средств и механизации АПК, Дальневосточный государственный аграрный университет, shitov.sv1955@mail.ru;

Кузнецов Евгений Евгеньевич, доктор технических наук, доцент кафедры транспортно-энергетических средств и механизации АПК, Дальневосточный государственный аграрный университет, ji.tor@mail.ru;

Двойнова Наталья Федоровна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры безопасности жизнедеятельности, Сахалинский государственный университет, dnfsach@yandex.ru

Information about authors

Aleksandr V. Kucher, Postgraduate Student, Far Eastern State Agrarian University, alexkucher1987@mail.ru;

Zoya F. Krivutsa, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Physics and Computer Science, Far Eastern State Agrarian University, zfk20091@rambler.ru;

Sergey V. Shchitov, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Transport and Energy facilities and Mechanization of the Agro-industrial complex, Far Eastern State Agrarian University, shitov.sv1955@mail.ru;

Evgeny E. Kuznetsov, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Transport and Energy facilities and Mechanization of the Agro-industrial complex, Far Eastern State Agrarian University, ji.tor@mail.ru;

Natalia F. Dvoynova, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Life Safety, Sakhalin State University, dnfsach@yandex.ru