

УДК 631.372:629.114.2

ГРНТИ 68.85.87

DOI: 10.24412/1999-6837-2021-3-86-92

**Повышение эффективности использования энергетических средств в технологии возделывания сельскохозяйственных культур при различных температурных режимах****Александр Викторович Кучер<sup>1</sup>, Зоя Фёдоровна Кривуца<sup>2</sup>,  
Сергей Васильевич Щитов<sup>3</sup>, Евгений Евгеньевич Кузнецов<sup>4</sup>,  
Екатерина Ивановна Решетник<sup>5</sup>, Наталья Фёдоровна Двойнова<sup>6</sup>**<sup>1, 2, 3, 4, 5</sup> Дальневосточный государственный аграрный университет, Амурская область, Благовещенск, Россия<sup>6</sup> Сахалинский государственуенный университет, Сахалинская область, Южно-Сахалинск, Россия<sup>2</sup> zfk20091@rambler.ru, <sup>3</sup> uoup\_dalgau@mail.ru, <sup>4</sup> ji.tor@mail.ru, <sup>6</sup> dnfsach@yandex.ru

**Аннотация.** В статье приведены результаты оценки влияния сезонных условий эксплуатации транспорта на работоспособность свинцовой аккумуляторной батареи с целью обеспечения надежного пуска двигателя и безотказной работы электрооборудования автомобилей. В Амурской области выполнение транспортных работ происходит при значительных сезонных вариациях условий эксплуатации, таких как природно-климатические, дорожные, производственные и другие, которые в значительной мере влияют на показатели технического состояния свинцовой аккумуляторной батареи (далее – САБ). Интенсивная эксплуатация САБ в режиме частых пусков автомобилей за незначительный временной интервал с чередованием длительных стоянок до полной загрузки при проведении полевых работ приводит к снижению надежности САБ без дополнительной зарядки в условиях низких температур и, как следствие, к затруднению пуска двигателя. В связи с этим для повышения эффективности использования энергетических средств в различных температурных режимах необходимо поддерживать оптимальный температурный режим САБ.

**Ключевые слова:** свинцовая аккумуляторная батарея, температура, сопротивление, напряжение разрядки, ток разрядки

**Для цитирования:** Кучер А. В., Кривуца З. Ф., Щитов С. В., Кузнецов Е. Е., Решетник Е. И., Двойнова Н. Ф. Повышение эффективности использования энергетических средств в технологии возделывания сельскохозяйственных культур при различных температурных режимах // Дальневосточный аграрный вестник. 2021. Вып. 3 (59). С. 86–92.

**Efficiency improving of energy means use in agricultural crops cultivation technology at different temperature regimes****Alexandr V. Kucher<sup>1</sup>, Zoya F. Krivutsa<sup>2</sup>, Sergey V. Shchitov<sup>3</sup>, Evgeny E. Kuznetsov<sup>4</sup>,  
Ekaterina I. Reshetnik<sup>5</sup>, Natalia F. Dvoynova<sup>6</sup>**<sup>1, 2, 3, 4, 5</sup> Far Eastern State Agrarian University, Amur region, Blagoveshchensk, Russia<sup>6</sup> Sakhalin State University, Sakhalin region, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia<sup>2</sup> zfk20091@rambler.ru, <sup>3</sup> uoup\_dalgau@mail.ru, <sup>4</sup> ji.tor@mail.ru, <sup>6</sup> dnfsach@yandex.ru

**Abstract.** The article presents the results of the assessment of the impact of seasonal operating conditions of transport on the operability of the lead storage battery (LSB) in order to ensure reliable engine start-up and failure-free operation of electric equipment of cars. In the Amur region, transportation works are carried out under significant seasonal variations in operating conditions such as climatic, road, industrial and others, which significantly affect the technical condition indicators of the lead storage battery (LSB). Intensive operation of LSB in the mode of frequent car launches over a short interval with alternating long standstills until full load during field work leads to a decrease in LSB reliability without additional charging in low temperatures, and as a

result, difficulty in starting the engine. In this regard, in order to increase the efficiency of energy means use in various temperature modes, it is necessary to maintain the optimal temperature mode of the LSB.

**Keywords:** lead storage battery, temperature, resistance, discharge voltage, discharge current

**For citation:** Kucher A. V., Krivutsa Z. F., Shchitov S. V., Kuznetsov E. E., Reshetnik E. I., Dvoynova N. F. Efficiency improving of energy means use in agricultural crops cultivation technology at different temperature regimes. *Dal'nevostochnyj agrarnyj vestnik = Far Eastern Agrarian Herald*. 2021; 3 (59); 86–92.

**Введение.** Улучшение технических характеристик и эксплуатационных качеств автомобилей продиктовано необходимостью максимальной адаптации (приспособленности) транспортных средств к специфическим и климатическим условиям эксплуатации. Для обеспечения работоспособного состояния автомобилей в периоды проведения основных полевых и транспортных работ, при осуществлении грузоперевозок в зимний период времени повышаются требования к надёжности основного источника электроэнергии, обеспечивающего пуск двигателя и энергообеспечение систем автомобиля. Следовательно, для техники, применяемой в сельском хозяйстве, необходимо использовать комплекс мер, предназначенных для адаптации систем электроснабжения, в частности, установленных аккумуляторных батарей (далее – АКБ) к сезонным вариациям условий эксплуатации [3, 6–7].

Для Амурской области выполнение транспортных работ происходит при значительных сезонных вариациях условий эксплуатации, среди которых наиболее важными являются природно-климатические, дорожные, производственные, изменения рельефа движения и т. д., значительно влияющие на показатели технического состояния свинцовой аккумуляторной батареи (далее – САБ).

Отмечено, что проведение работ в условиях низких температур сопровождается частыми пусками двигателей автомобилей за незначительный временной интервал с чередованием длительных стоянок до полной загрузки, что приводит к снижению надёжности САБ. Одной из основных причин является уменьшение передачи генератором электроэнергии, полученной от аккумуляторной батареи за

время предшествующих разрядов. Интенсивная эксплуатация САБ в таком режиме без дополнительной зарядки приводит к снижению уровня заряженности и, как следствие, затруднению пуска двигателя и снижению технического ресурса САБ [4]. В связи с этим тематика работы, посвящённая исследованиям влияния условий эксплуатации на критерии надёжности САБ, представляется актуальной и востребованной в транспортном сегменте агропромышленного комплекса.

**Цель исследований.** Изучение влияния сезонных условий эксплуатации транспорта на работоспособность свинцовой аккумуляторной батареи, обеспечение надёжного пуска двигателя и безотказной работы электрооборудования автомобилей.

**Методика проведения исследований.** В ходе экспериментальных исследований для фиксации процессов, показывающих влияние сезонных изменений температуры окружающей среды на формирование уровней заряженности и разряженности свинцовой аккумуляторной батареи, использовался современный приборно-лабораторный комплекс-стенд практического изучения преобразования и коммутации электроэнергии УМАКБ-1 производственной компании InEnergy.

Входящий в комплект лабораторный свинцовый аккумулятор имеет следующие характеристики: максимальный ток заряда составляет 0,25 А, максимальный ток разрядки в режиме исследования – 0,2 А, напряжение: 6,0–7,0 В, ёмкость свинцового аккумулятора: не менее 1200 мА·ч. Значения исследуемых характеристик отображаются в зависимости от времени процесса на соответствующем OLED-дисплее приборного комплекса (рис. 1).



**Рисунок 1 – К определению временных характеристик процесса разряда и заряда свинцовой аккумуляторной батареи (Стенд УМАКБ-1 InEnergy)**

В рамках проводимого исследования выполнены измерения напряжения свинцовой аккумуляторной батареи в процессах разряда и заряда постоянным током  $I_p$  при различной температуре окружающей среды.

При проведении экспериментов учитывались рекомендации действующих ГОСТ Р МЭК 896-1-95 «Свинцово-кислотные стационарные батареи. Общие требования и методы испытания. Часть 1. Открытые типы» и РД 3112199-1089-02 «Нормы сроков службы стартерных свинцово-кислотных аккумуляторных батарей автотранспортных средств и автопогрузчиков», согласно которым кислотные аккумуляторы запрещено разряжать до значения напряжения, равного нулю. Это обусловлено тем, что в конце разряда кислота к активной массе поступает в незначительном объеме по причине закупорки пор активной массы сульфатом свинца. В связи с этим применяется предельное значение напряжения при разряде  $U_p$  в рекомендованном режиме. Фрагменты экспериментальных исследований и полученные результаты представлены на рисунке 2.

Результаты экспериментальных исследований целесообразно отразить на единой  $U/\tau$  – диаграмме при различных значениях тока разрядки и температуры окружающей среды (рис. 3-4).

Анализируя полученные данные, необходимо отметить, что падение напряжения в процессе разряда свинцовой аккумуляторной батареи при постоянном значении тока разрядки обусловлено

увеличением внутреннего сопротивления АКБ вследствие изменения плотности электролита.

Установлено, что при увеличении тока разряда наблюдается значительное увеличение внутреннего сопротивления аккумуляторной батареи за счет резкого снижения концентрации электролита в порах активной массы и вблизи электродов. Исследуемые процессы для различных значений силы тока, напряжения и температурных режимов могут быть описаны представленными уравнениями регрессии.

Проведенные исследования показали, что с понижением температуры окружающей среды значения разрядного напряжения уменьшаются, вследствие увеличения вязкости электролита. В этой связи процесс выравнивания концентрации электролита в порах пластин и прилегающих слоях протекает значительно медленнее.

Учитывая, что разрядное напряжение определяется общеизвестным выражением [1–2, 5]:

$$U_p = E_0 - E_n - I_p R_0, \quad (1)$$

где  $E_0$  – напряжение батареи при разомкнутой внешней цепи, В;

$E_n$  – ЭДС поляризации, В;

$I_p$  – сила тока разряда батареи, А;

$R_0$  – омическое сопротивление аккумуляторной батареи, Ом.



**Рисунок 2 – Экспериментальные исследования временных характеристик процесса разряда свинцовой аккумуляторной батареи при различных значениях тока разрядки и температуре**

ЭДС аккумуляторной батареи при разомкнутой внешней цепи равно:

$$E_0 = m(\gamma \cdot 10^{-3} + 0,85 - 1,6 \cdot 10^{-3} \cdot \Delta C_p) \quad (2)$$

где  $m$  – количество аккумуляторов в батарее;  
 $\gamma$  – плотность электролита полностью заряженной батареи, кг/м<sup>3</sup>;  
 $\Delta C_p$  – степень разряженности батареи, %.

ЭДС поляризации определяется как:

$$E_n = m \cdot \ln \left[ \frac{0,1 \cdot I_p}{(n-1) \cdot S} \right] \cdot \frac{4800 - 45 \cdot t}{110 + t} \cdot 10^{-3}, \quad (3)$$

где  $m$  – суммарное число положительных и отрицательных пластин;

$t$  – температура электролита, °C;

$n$  – число пластин,

$S$  – площадь пластин односторонняя, то есть произведение высоты пластин  $h$  на ширину  $b$ , м<sup>2</sup>.

Омическое сопротивление аккумуляторной батареи  $R_0$  определяется суммой сопротивлений отдельных участков цепи по известной формуле:

$$R_0 = R_3 + R_c + R_n + R_M, \quad (4)$$



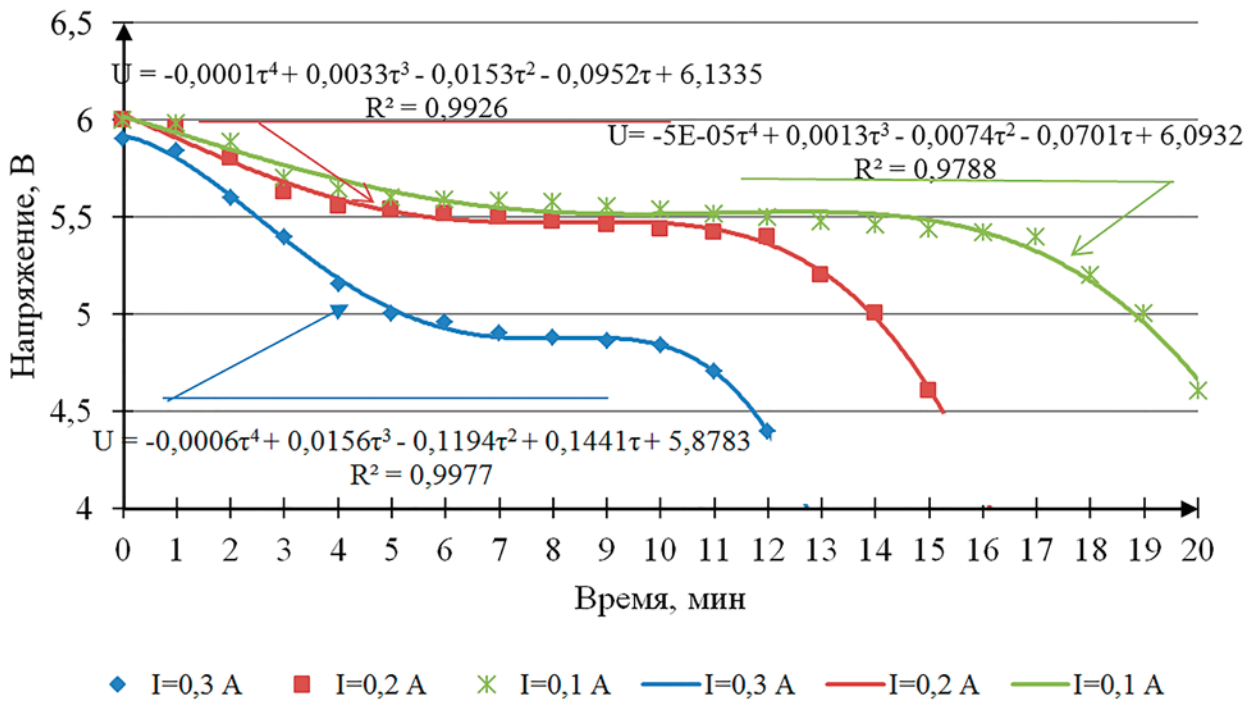


Рисунок 3 – Экспериментальная зависимость изменения напряжения кислотного аккумулятора в процессе разрядки при различных значениях тока (температура 25°C)

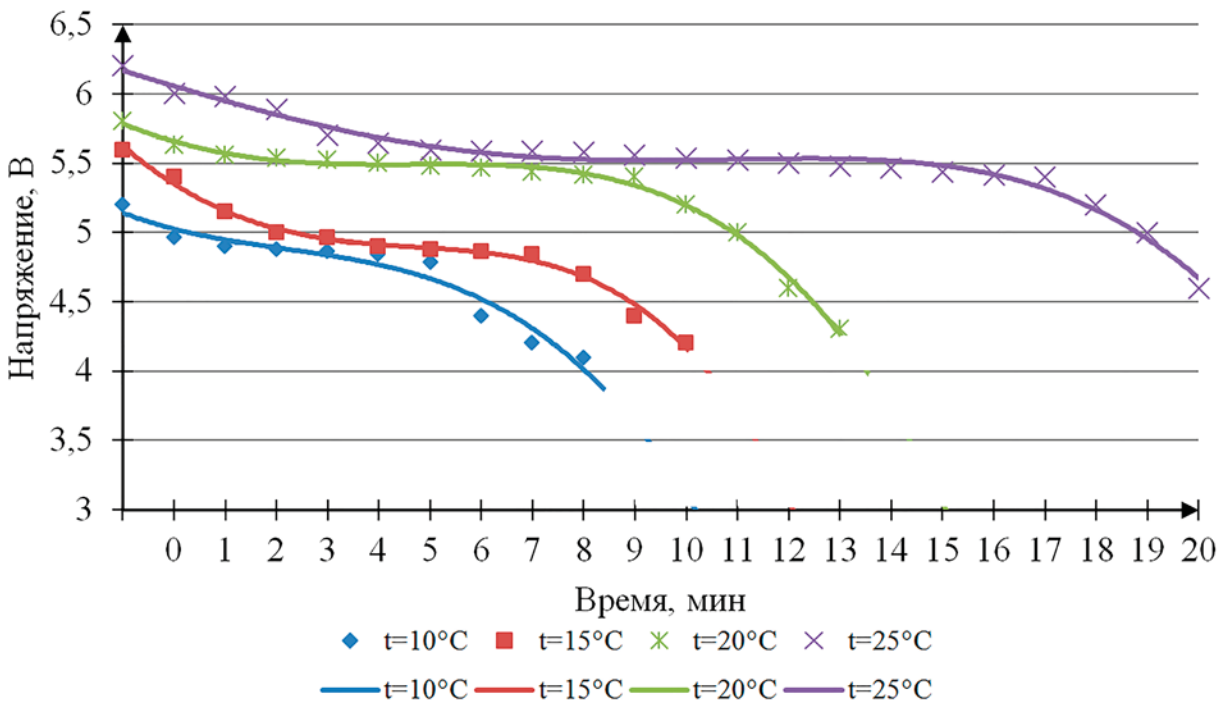


Рисунок 4 – Зависимость изменения напряжения кислотного аккумулятора в процессе разрядки при различных значениях температуры окружающей среды (I=0,1 A)

где  $R_3$  – сопротивление электролита, Ом;  
 $R_c$  – сопротивление сепараторов, Ом;  
 $R_n$  – сопротивление пластин, Ом;  
 $R_m$  – сопротивление металлических частей, Ом.

Таким образом, из представленного выражения следует, что разрядное напряжение возможно определить по следующему выражению:

$$U_p = m \cdot (\gamma \cdot 10^{-3} + 0,85 - 1,6 \cdot 10^{-3} \cdot \Delta C_p) - m \cdot \ln \left[ \frac{0,1 \cdot I_p}{(n-1) \cdot S} \right] \cdot \frac{4800 - 45 \cdot t}{110 + t} \cdot 10^{-3} - I_p \cdot (R_3 + R_c + R_n + R_m) \quad (5)$$

**Вывод.** Исследованиями обосновано, что при понижении температуры окружающей среды происходит снижение электродвижущей силы и увеличение внутреннего сопротивления аккумуляторной батареи за счет увеличения сопротивления электролита. Следовательно, с целью ускорения электрохимической реакции и предотвращения замерзания электролита, с понижением температуры использования возникает необходимость увеличения плотности электролита АКБ. Таким образом, для повышения эффективности использования энергетических транспортных средств в различных температурных режимах и сохранения их стартовых и эксплуатационных характеристик необходимо поддерживать оптимальный температурный режим АКБ.

#### Список литературы

1. Белогуров, И. Г. Стартерные кислотные аккумуляторы / И. Г. Белогуров. – Москва : Воениздат, 1960. – 168 с.
2. Боровских, Ю. И. Электрооборудование автомобилей : [Учеб. пособие для вузов] / Ю. И. Боровских, Н. И. Гутенев. – Киев : Выща шк., 1988. – 166 с. ISBN 5-11-000243-6.
3. Кузнецов, Е. Е. Повышение эффективности использования мобильных энергетических средств в технологии возделывания сельскохозяйственных культур : монография / Е. Е. Кузнецов, С. В. Щитов. – Благовещенск : Изд-во Дальневосточного ГАУ, 2017. – 272 с.
4. Кривуца, З. Ф. Применение нефтяного энергетического эквивалента при оценке эффективности автотранспорта / З. Ф. Кривуца, А. В. Кучер, С. В. Щитов, Е. Е. Кузнецов // АвтоГазоЗаправочный комплекс плюс альтернативное топливо. – 2020. – Том 19. – № 4. – С. 174–176.
5. Резник, А. М. Исследование эксплуатационных характеристик стартерных батарей с целью разработки методов их определения : автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук. (05.09.03) / Резник Александр Моисеевич ; Московский автомобильно-дорожный институт. – Москва, 1975. – 24 с.
6. Щитов, С. В. Влияние внешних факторов на топливную экономичность автомобиля при транспортно-технологическом обеспечении АПК / С. В. Щитов, З. Ф. Кривуца // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2014. – № 9. – С. 111–117.
7. Щитов, С. В. Повышение эффективности использования сельскохозяйственной техники в Сахалинской области / С. В. Щитов, З. Ф. Кривуца, Н. Ф. Двойнова // «АгроЭкоИнфо». – 2016. – №4. – URL: [http://agroecoinfo.narod.ru/journal/STATYI/2016/4/st\\_441.doc](http://agroecoinfo.narod.ru/journal/STATYI/2016/4/st_441.doc).

#### References

1. Belogurov, I. G. Starternye kislotnye akkumulyatory (Starter acid batteries), Moscow, Voenizdat, 1960, 168 p.
2. Borovskih, Yu. I., Gutenev, N. I. Elektrooborudovanie avtomobilej: [Ucheb. posobie dlya vtuzov] (Electrical equipment of cars: [Textbook for technical colleges]), Kiev, Vyshcha shk., 1988, 166 p., ISBN 5-11-000243-6.
3. Kuznetcov, E. E., Shchitov, S. V. Povyshenie effektivnosti ispol'zovaniya mobil'nyh energeticheskikh sredstv v tekhnologii vozdelevaniya sel'skohozyajstvennyh kul'tur. Monografiya (Improving the efficiency of using mobile energy resources in the technology of cultivation of agricultural crops. Monograph), Blagoveshchensk, Izd-vo Dal'nevostochnogo GAU, 2017, 272 p.
4. Krivutca, Z. F., Kucher, A. V., Shchitov, S. V., Kuznetcov, E. E. Primenenie neftyanogo energeticheskogo ekvivalenta pri ocenke effektivnosti avtotransporta (Application of oil energy equivalent

in assessing the efficiency of vehicles), AvtoGazoZapravochnyj kompleks plyus alternativnoe toplivo, 2020, V. 19, No 4, PP.174–176.

5. Reznik, A. M. Issledovanie ekspluatatsionnykh harakteristik starternykh batarej s cel'yu razrabotki metodov ih opredeleniya [Tekst] avtoref. dis. na soisk. uchen. step. kand. tekhn. nauk. (05.09.03) (Investigation of the operational characteristics of starter batteries in order to develop methods for their determination [Text]: Author's abstract of PhD in Technical sci. diss.). Reznik Aleksandr Moiseevich; Moskovskij avtomobilno-dorozhnyj institute, Moscow, 1975, 24 p.

6. Shchitov, S. V., Krivuca, Z. F. Vliyanie vneshnih faktorov na toplivnyuyu 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 agro-industrial complex), Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta, 2014, No 9, PP.111–117.

7. Shchitov, S. V., Krivutca, Z. F., Dvoynova, N. F. Povyshenie effektivnosti ispol'zovaniya sel'skohozyajstvennoj tekhniki v Sahalinskoj oblasti (Improving the efficiency of the use of agricultural machinery in the Sakhalin region), «AgroEkoInfo», 2016, No 4, URL: <http://agroecoinfo.narod.ru/journal/STATYI/2016/4/st 441.doc>.

© Кучер А. В., Кривуца З. Ф., Щитов С. В., Кузнецов Е. Е., Решетник Е. И., Двойнова Н. Ф., 2021  
Статья поступила в редакцию 27.05.2021; одобрена после рецензирования 18.06.2021; принята к публикации 26.08.2021.

The article was submitted 27.05.2021; approved after reviewing 18.06.2021; accepted for publication 26.08.2021.

#### **Информация об авторах**

**Кучер Александр Викторович**, аспирант, Дальневосточный государственный аграрный университет;

**Кривуца Зоя Федоровна**, доктор технических наук, доцент, Дальневосточный государственный аграрный университет, e-mail: [zfk20091@rambler.ru](mailto:zfk20091@rambler.ru);

**Щитов Сергей Васильевич**, доктор технических наук, профессор, Дальневосточный государственный аграрный университет, e-mail: [uoup\\_dalgau@mail.ru](mailto:uoup_dalgau@mail.ru);

**Кузнецов Евгений Евгеньевич**, доктор технических наук, доцент, Дальневосточный государственный аграрный университет, e-mail: [ji.tor@mail.ru](mailto:ji.tor@mail.ru);

**Решетник Екатерина Ивановна**, доктор технических наук, профессор, Дальневосточный государственный аграрный университет;

**Двойнова Наталья Федоровна**, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, Сахалинский государственный университет, e-mail: [dnfsach@yandex.ru](mailto:dnfsach@yandex.ru).

#### **Information about authors**

**Alexandr V. Kucher**, Postgraduate Student, Far Eastern State Agrarian University;

**Zoya F. Krivutsa**, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Far Eastern State Agrarian University, e-mail: [zfk20091@rambler.ru](mailto:zfk20091@rambler.ru);

**Sergey V. Shchitov**, Doctor of Technical Sciences, Professor, Far Eastern State Agrarian University, e-mail: [uoup\\_dalgau@mail.ru](mailto:uoup_dalgau@mail.ru);

**Evgeny E. Kuznetsov**, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Far Eastern State Agrarian University, e-mail: [ji.tor@mail.ru](mailto:ji.tor@mail.ru);

**Ekaterina I. Reshetnik**, Doctor of Technical Sciences, Professor, Far Eastern State Agrarian University;

**Natalia F. Dvoynova**, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Sakhalin State University, e-mail: [dnfsach@yandex.ru](mailto:dnfsach@yandex.ru).