

23. Mitropol'skij A.K. Tehnika statisticheskikh vychislenij [The technique of statistical computations]. Moscow. Kniga po Trebo-vaniju, 2012. 570 p.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Трофимова Людмила Семеновна (г. Омск, Россия) – кандидат технических наук, доцент кафедры «Организации перевозок и управления на транспорте» ФГБОУ ВО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, д. 5, e-mail: trofimova_ls@mail.ru).

Ljudmila S. Trofimova (Omsk, Russia) – candidate of

technical sciences, Associate Professor of the Department of «Organization of transportation and management on transport» SibADI (644080, Omsk. Mira av., 5, e-mail: trofimova_ls@mail.ru).

Певнев Николай Гаврилович (г. Омск, Россия) – доктор технических наук, профессор кафедры «Эксплуатации и ремонта автомобилей» ФГБОУ ВО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, д. 5, e-mail: pevnev_n@mail.ru).

Nikolai G. Pevnev – doctor of technical sciences, Professor of the Department of vehicle maintenance and repair SibADI (644080, Omsk. Mira av., 5, e-mail: pevnev_n@mail.ru).

УДК 658.562

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ АККУМУЛЯТОРНОЙ БАТАРЕИ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ АВТОМОБИЛЯ В УСЛОВИЯХ НИЗКИХ ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ ТЕМПЕРАТУР

Л.Н. Тышкевич, Б.В. Журавский
ФГБОУ ВО «СибАДИ», г. Омск, Россия

АННОТАЦИЯ

Природно – климатические условия России на половине ее территории находятся севернее изотермы января, где средняя температура составляет – 20°C. Продолжительный период зимы в данных районах составляет от 200 до 300 суток. Все это обосновывает необходимость проведения исследований, связанных с предпусковой тепловой подготовкой двигателя и аккумуляторной батареи (АКБ) автомобилей в условиях отрицательных температур окружающей среды.

В статье рассматривается проблема, связанная с эксплуатацией автомобиля в условиях низких отрицательных температур, обосновывается необходимость принятия специальных мер для поддержания оптимального температурного режима аккумуляторной батареи. Проведен анализ факторов, оказывающих влияние на запуск автомобиля в условиях низких отрицательных температур.

Рассмотрены факторы, оказывающие влияние на состояние АКБ автомобиля. Показано влияние значения внутреннего сопротивления АКБ на энергетические показатели электростартерной системы пуска и соответственно на вероятность запуска двигателя автомобиля. Для подтверждения теоретических предположений были проведены экспериментальные изыскания, в ходе которых получены зависимости внутреннего сопротивления АКБ от температуры электролита и степени ее заряженности. По результатам исследования предлагается использование устройства, обеспечивающего предпусковую подготовку АКБ для повышения вероятности запуска ДВС в условиях низких отрицательных температур.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: автомобиль, техническая эксплуатация, аккумуляторная батарея, двигатель внутреннего сгорания.

ВВЕДЕНИЕ

С момента создания автомобилей возникла проблема пуска двигателя внутреннего сгорания (ДВС) в условиях низких температур окружающей среды. Эта проблема и сегодня является актуальной.

Для уверенной эксплуатации автомобилей в суровых климатических условиях необходи-

мо предварительно осуществлять подготовку автотранспортного средства.

Одной из часто возникающих проблем эффективной эксплуатации транспортных средств является обеспечение надежности пуска двигателя внутреннего сгорания. Как показывает опыт эксплуатации транспортных средств в регионах Севера и Сибири, надежный запуск двигателя может существенно по-

высить эффективность эксплуатации и транспортного средства в целом. Надежность пуска двигателя определяется его безотказностью, а также продолжительностью запуска [1-10]. Как показывают исследования, основными причинами, усложняющими запуск ДВС в условиях низких отрицательных температур, являются увеличение момента сопротивления прокручивания коленчатого вала, а также снижение энергетических показателей электростартерной системы пуска. Увеличение момента сопротивления прокручивания коленчатого вала является следствием возрастания вязкости моторного масла. Снижение энергетических показателей системы пуска является следствием возрастания внутреннего сопротивления АКБ.

Одним из методов облегчения запуска двигателя автомобиля в условиях низких отрицательных температур является предпусковая тепловая подготовка самого двигателя и аккумуляторной батареи (АКБ) [3].

МЕТОДЫ И МАТЕРИАЛЫ

Проведя анализ вязкостно-температурных показателей применяемых моторных масел, выявлено, что масла, имеющие индексы согласно классификации SAE (англ. Society of Automobile Engineers – Сообщество автомобильных инженеров), 0W и 5W, по параметру «проворачиваемость» и «прокачиваемость» в основном соответствуют условиям эксплуатации в Сибири. В таблице 1 показаны минимальные температуры, характеризующие свойства масла в зависимости от нормативов SAE по параметрам «проворачиваемость» и «прокачиваемость».

Пуск двигателя затруднен, если температура проворачивания масла (T_{SAE}) выше тем-

пературы окружающей среды (T_{oc}), а также в случае снижения энергетических способностей АКБ.

Схема пуска ДВС описывается законом Ома для полной цепи. ЭДС АКБ практически не зависит от температуры и не зависит от количества энергии к АКБ. Активное сопротивление нагрузки (стартера) изменяется (уменьшается) приблизительно в три раза при переходе от режима с номинальной мощностью до режима с максимальной мощностью. Из-за наличия внутреннего сопротивления АКБ напряжение на выводах электростартера снижается. При снижении напряжения на выводах АКБ уменьшается частота вращения и мощность электростартера [6,7].

Увеличение внутреннего сопротивления АКБ в условиях низких отрицательных температур является одной из причин затрудненного запуска ДВС, поскольку данный параметр определяет максимальное значение мощности, развиваемой АКБ во внешней цепи, то есть оказывает решающее влияние на рабочие и механические характеристики стартерного электродвигателя и значительно влияет на возможность пуска ДВС.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Были проведены эксперименты по определению характеристик АКБ при различных температурах, результаты которых представлены на рисунке 1. Значения напряжений при различных токах разряда АКБ определялись с использованием нагрузочной вилки. Полученные точки соединялись прямыми линиями, в результате получены линеаризованные вольт-амперные характеристики (ВАХ), то есть нелинейностью реальных ВАХ пренебрегаем.

Из рисунка 1 видно, что при снижении

Таблица 1
ЗАВИСИМОСТЬ СВОЙСТВ МАСЕЛ ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ
Table 1
DEPENDENCE OF THE OILS' PROPERTIES FROM THE TEMPERATURE

Класс по SAE	Вязкость низкотемпературная			
	Проворачиваемость		Прокачиваемость	
	Мах вязкость (σ_{max}), мПа·с	Температура (T_{SAE}), °C	Мах вязкость (σ_{max}), мПа·с	Температура (T_{SAE}), °C
0 W	6 200	-35	60 000	- 40
5 W	6 600	-30	60 000	- 35
10 W	7 000	-25	60 000	- 30
15 W	7 000	-20	60 000	- 25
20 W	9 500	-15	60 000	- 20
25 W	13 000	-10	60 000	- 15

температуры электролита резко возрастает внутреннее сопротивление АКБ, которое численно равно тангенсу угла наклона нагрузочной характеристики относительно оси абсцисс ($2 \cdot \operatorname{tg}(\alpha) \approx \operatorname{tg}(\beta)$). При изменении температуры электролита от $+20^{\circ}\text{C}$ до -30°C внутреннее сопротивление увеличивается почти в два раза (см. рис. 1, 2).

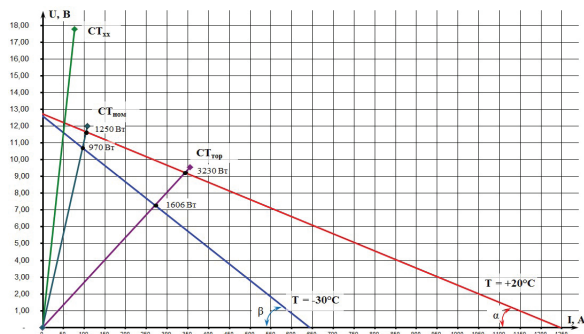


Рисунок 1 – Вольт-амперные характеристики (ВАХ) АКБ емкостью 60 Ач при различных температурах
Illustration 1 – The current-voltage characteristics (VAC) of a battery with a capacity of 60 Ah at the different temperatures

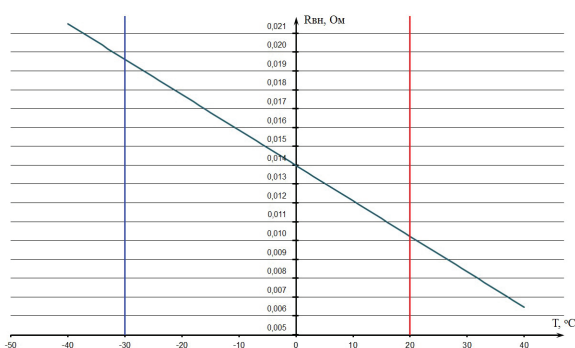


Рисунок 2 – Зависимость изменения внутреннего сопротивления АКБ от температуры электролита
Illustration 2 – Dependence of the change in the internal resistance of the battery from the electrolyte temperature

Точки пересечения вольтамперных характеристик стартера, работающего в различных режимах эксплуатации и нагрузочных прямых при различных температурах, позволяют определить мощности, потребляемые стартером. В частности, хорошо видно, что в рабочих режимах эксплуатации при температуре электролита $T = -30^{\circ}\text{C}$ стартер не развивает номинальной мощности. Мощность стартера при $T = -30^{\circ}\text{C}$ оказывается ниже в 1,3÷2 раза по сравнению с условиями при $T = +20^{\circ}\text{C}$.

Был проведен анализ специальной литературы [11,12,13], в которой даны особенности конструкции и эксплуатации АКБ. В литературе [3,4,5,8,10,12] описано влияние температуры электролита, степени заряженности АКБ

на величину внутреннего сопротивления. На рис.1,2 показаны зависимости внутреннего сопротивления автомобильной АКБ r относительно r_{30} , где r_{30} – внутренне сопротивление полностью заряженного АКБ при температуре электролита $\theta = 30^{\circ}\text{C}$ от температуры электролита для различной степени заряженности. Под степенью заряженности k приняли отношение фактически запасенной энергии в АКБ – W к её номинальному значению – W_n ($k = W/W_n$). Энергия, отдаваемая АКБ в течение некоторого времени разряда определяется из выражения

$$W_p = \int_0^{t_p} U_p \cdot I_p dt, \quad (1)$$

где U_p – напряжение разряда, В; I_p – ток разряда, А; t – время разряда.

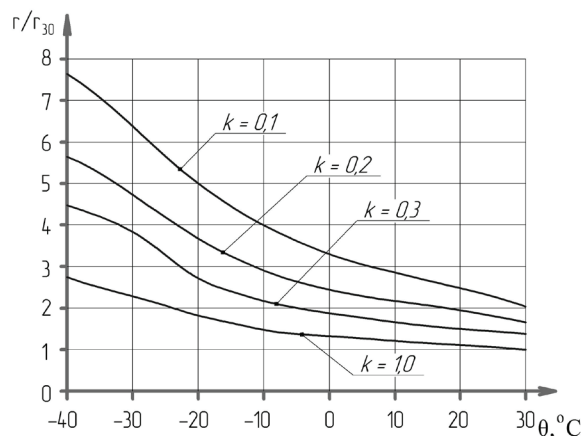


Рисунок 3 – Зависимости внутреннего сопротивления АКБ в относительных единицах от температуры электролита для различной степени заряженности АКБ
Illustration 3 – Dependencies of the battery internal resistance in the relative units from the electrolyte temperature for different degree of the battery charge

Анализируя зависимости, представленные на рисунке 3, можно сделать следующие выводы: кратность изменения внутреннего сопротивления АКБ при изменении температуры от $+30^{\circ}\text{C}$ до -30°C и при степени заряженности $k = 1,0$ составляет 2,3, а при степени заряженности $k = 0,1$ это значение равно 3,2. Из этого следует, что внутреннее сопротивление в значительной степени зависит не только от температуры электролита, но и от степени заряженности АКБ.

Из описанного следует: для облегчения пуска ДВС автомобиля необходимо повышать температуру электролита АКБ и степень ее заряженности. На практике могут использовать

ся различные электрические подогреватели, применяться тепловая изоляция АКБ [3, 4, 5]. Подобные методы позволяют повысить температуры электролита, однако это не влияет на степень заряженности АКБ.

Внутреннее сопротивление АКБ при заряде существенно больше, чем внутреннее сопротивление АКБ при разряде на нагрузку. Разница внутренних сопротивлений при разряде и заряде АКБ была получена с помощью эксперимента [4,16].

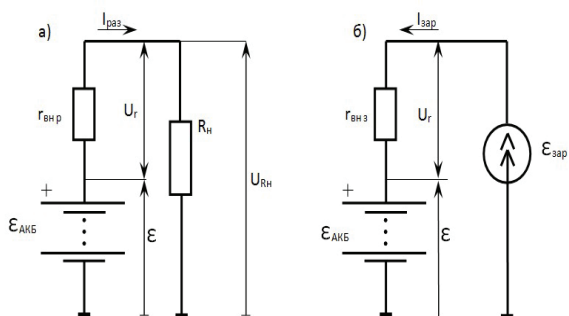


Рисунок 4:

а) процесс подключения АКБ к нагрузке; б) процесс зарядки АКБ

Illustration 4:

a) the process of connecting the battery to the load; b) the process of charging the battery

На рисунке 4, а показан процесс подключения АКБ к нагрузке, на рисунке 4б – процесс зарядки АКБ.

Энергия, выделявшаяся на внутреннем сопротивлении АКБ, равна при разряде $I^2 r_{вн.р}$, а при заряде $I^2 r_{вн.з}$.

Одним из применяемых методов тепловой подготовки АКБ является предпусковой разряд АКБ при помощи нагрузки, в качестве которой используются элементы штатного электрооборудования автомобиля.

ОБСУЖДЕНИЕ

Были произведены численные расчеты (1) значений энергии, выделившейся на внутреннем сопротивлении АКБ $r_{вн.р}$ при подключении нагрузки – ламп фар суммарной мощностью 110 Вт. При таких условиях разряда можно пренебречь изменением напряжения. В этом случае энергия, выделяющаяся на нагрузке будет определяться

$$W_n = U_n \cdot I \cdot t, \quad (2)$$

где U – напряжение на нагрузке, В; I – ток разряда, А.

Энергия, выделяющаяся на внутреннем сопротивлении АКБ

$$W_{BH} = I^2 \cdot r_{BH} \cdot t, \quad (3)$$

За одну минуту на внутреннем сопротивлении $r_{вн.р} = 0,018$ Ом выделится 86 Дж энергии, на лампах фар выделится 6426 Дж. При этом ток, идущий через АКБ, составляет 8,6 А. Таким образом, большая часть энергии выделяется на лампах фар (98,7%), что говорит о неэффективности описанного способа тепловой подготовки АКБ.

Также были выполнены расчеты значений энергии, выделившейся на внутреннем сопротивлении АКБ $r_{вн.р}$ в процессе ее заряда. При заряде АКБ током 12 А (данное значение является допустимым двукратным повышением номинального тока заряда для АКБ с емкостью 60 Ач) на внутреннем сопротивлении $r_{вн.з}$ выделится энергия, равная 847 Дж, что практически в десять раз больше энергии, выделяющейся при разряде АКБ. При этом стоит отметить, что степень заряженности к АКБ повышается. Поэтому в качестве метода тепловой подготовки АКБ можно предложить производить заряд АКБ от внешнего источника тока.

Для практической реализации описанного метода тепловой подготовки АКБ предлагается использовать специальное автономное устройство, структурная схема которого приведена на рисунке 5.

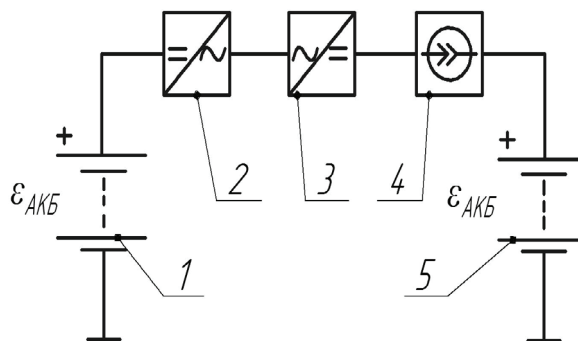


Рисунок 5 – Структурная схема устройства,

обеспечивающего предпусковую подготовку АКБ

Illustration 5 – Structural diagram of the device providing pre-start preparation of the battery

В состав устройства для предпусковой подготовки стартерной АКБ входит гелевый АКБ номинальной емкостью 7Ач (1); повышающий преобразователь постоянного напряжения в переменное (2), с эффективным значением

напряжения порядка 30 В; выпрямитель (3); генератор тока (4), обеспечивающий необходимое значение силы тока при заряде АКБ (6) (для АКБ емкостью 60 Ач ток заряда – 12 А. Применение АКБ емкостью 7 Ач и современной элементной базы позволит минимизировать габариты и массу предлагаемого устройства. АКБ устройства может заряжаться перед поездкой от бытовой сети 220 В или же во время поездки в режиме, аналогичном режиму заряда стартерной АКБ.

Выбор емкости АКБ устройства можно обосновать следующим: АКБ номинальной емкостью 7 Ач обеспечит заряд автомобильной АКБ током 12 А, в течение 0,6 часа. Запас энергии заряженного АКБ будет равен 0,3 МДж, что составляет 1/9 полной энергии заряженного АКБ емкостью 60 Ач. Энергии АКБ 60 Ач достаточно, чтобы многократно обеспечить пуск ДВС. Количество запуска будет зависеть от условий запуска ДВС. Энергии АКБ, применяемой в составе устройства, достаточно, чтобы запустить двигатель несколько раз.

Предлагаемое устройство позволит эффективно передавать энергию от АКБ устройства к АКБ автомобиля, при этом одновременно обеспечивая разогрев АКБ и повышение степени заряженности АКБ. Это позволит увеличить вероятность запуска ДВС в условиях низких отрицательных температур.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Создание необходимых условий для успешного пуска двигателей зависит от ряда конструктивных и эксплуатационных факторов, одним из которых является внутреннее сопротивление АКБ.

Внутреннее сопротивление АКБ оказывает решающее влияние на рабочие и механические характеристики стартерного электродвигателя и значительно влияет на возможность пуска ДВС, зависит от температуры электролита и от степени заряженности АКБ.

Для облегчения запуска ДВС автомобиля необходимо повышать температуру электролита АКБ и степень ее заряженности.

Предложенное техническое решение, а именно устройство для предпусковой подготовки стартерной АКБ позволит повысить эффективность ее работы при запуске ДВС автомобиля в условиях низких отрицательных температур.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кашкаров А.П. Нетрадиционные источники питания. М. : ДМК Пресс, 2011. 135 с.
2. Варламов В.Р. Современные источники питания : Справочник. 2-е изд. М. : ДМК Пресс, 2001. 224 с.
3. Певнев Н.Г., Трофимов Б.С., Момот Ю.С. Повышение жизнеобеспеченности автомобилей в условиях севера путем поддержания заряженности аккумуляторных батарей // Материалы Международной очно-заочной научно-технической конференции «Проблемы исследования систем и средств автомобильного транспорта». 2017. С. 91 – 97.
4. Маркин А.Г. Повышение эффективности системы электроснабжения автомобилей // Архитектурно – строительный и дорожно – транспортные комплексы: проблемы, перспективы, новации : материалы международной научно-практической конференции ФГБОУ ВО СибАДИ. 2016. С.33 – 39
5. Аккумуляторная батарея в зимних условиях [Электронный ресурс]. Режим доступа : <http://www.mrmz.ru/article/v10/article3.htm>
6. Эксплуатация автомобильных аккумуляторов и аккумуляторных батарей [Электронный ресурс] Режим доступа : <http://akbplus.ru/AKB-Spravka/ekspluatation-avto-akb.html>
7. Системы подогрева, пуска двигателя и выпуска отработавших газов [Электронный ресурс]. Режим доступа : <http://ustroistvo-avtomobilya.ru/dvigatel/sistemy-podogreva-puska-dvigatelya-i-vy-puska-otrabotavshih-gazov/>
8. Семенов Н.В. Эксплуатация автомобилей в условиях низких температур (под ред. С.И. Белоцерковской), М. : Транспорт, 1993. 190 с.
9. Васильева Л.С. Автомобильные и эксплуатационные материалы : Учебник для ВУЗов. М. : Транспорт, 1986. 279 с.
10. Коваленко С.Ю., Казаков А.В. Методика оценки приспособленности автомобилей к режиму пуска // Вестник Оренбургского государственного университета, 2011. С. 186 – 192.
11. Васенин А. С., Шумков А. Г., Горбунов А. А. Обзор методов оценки заряженности стартерных аккумуляторных батарей // Молодой ученый. 2016. № 15. С. 157 – 160. URL : <https://moluch.ru/archive/119/33010/> (Дата обращения: 04.12.2017).
12. Яковлев В.Ф. Определение параметров источников питания низковольтных потребителей на автомобилях с повышенным напряжением бортовой сети // Современная техника и технологии. 2014. № 5 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://technology.snauka.ru/2014/05/3501>
13. Jonson Controls Inc, AGM – технология связанного электролита в производстве автомобильных аккумуляторов Jonson Controls Inc [Электронный ресурс]. Режим доступа : [<http://boschbattery.ru/main/tech/agm>].
14. VRLA_батареи (технология AGM). Особенности конструкции и основные химические реакции [Электронный ресурс]. Режим доступа : <http://www.energon-electro.ru/press-center/articles/detail.php? ID=2259>.
15. Дасоян М.А., Аруф И.А. Современная теория свинцового аккумулятора. Л. : Энергия, 1975. 312 с.
16. Toyota Prius // Wikipedia. [Электронный ресурс] Режим доступа : http://en.wikipedia.org/wiki/Toyota_Prius (дата обращения 29.10.2017).
17. Дасоян М.А. Стартерные аккумуляторные батареи: Устройство, эксплуатация и ремонт/М.А. Дасоян, Н.И. Курзуков, О.С. Тутрюмов, В.М. Ягнатинский. М. : Транспорт, 1991. 255 с.

18. Berg. P. What to do when your hybrid car's battery dies // Popular Mechanics. [Электронный ресурс]. Режим доступа : <http://www.popularmechanics.com/cars/how-to/repair/what-to-do-when-your-hybrid-cars-battery-dies> (дата обращения 20.11.2017).

19. How to jump-start your hybrid car // Car advice. [Электронный ресурс]. Режим доступа : <http://www.thecarconnection.com> (дата обращения 20.11.2017).

20. Patrick T. Moseley, Jurgen Garche, C.D. Parker, D.A.J. Rand. Valve-Regulated Lead-Acid Batteries. Amsterdam: Elsevier B.V., 2014. [Электронный ресурс] Режим доступа : <http://bookree.org/reader.file=676368&pg=1>.

21. Яковлев В.Ф. Автомобильные реверсивные источники питания // Современная техника и технологии. 2014. № 9 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://technology.snauka.ru/2014/09/4384>.

STUDY OF THE THERMAL PROCESSES OF THE BATTERY DURING VEHICLE OPERATION IN LOW TEMPERATURES

L.N. Tishkevich, B.V. Zhuravskiy

ANNOTATION

The article discusses the problem associated with the operation of a vehicle in a cold climate, where we should take special measures to maintain a favorable temperature mode of the battery of the internal combustion engine. Examines factors affecting the condition of the engine and car battery. The analysis of factors influencing starting of the vehicle in conditions of low negative temperatures. The degree of influence of internal resistance of the battery to start the vehicle.

The article deals with the problem associated with the operation of the car in conditions of low negative temperatures, the necessity of taking special measures to maintain the optimum temperature regime of the battery is justified. The analysis of the factors influencing the launch of the car in conditions of low negative temperatures is carried out.

The factors affecting the state of the vehicle's battery are considered. The influence of the value of the internal resistance of the battery on the power indicators of the electric starter system and, accordingly, on the probability of starting the engine of the car is shown. To confirm the theoretical assumptions, experimental investigations were carried out, during which the dependences of the internal resistance of the battery on the temperature of the electrolyte and the degree of its charge were obtained. According to the results of the study, it is proposed to use a device that provides pre-start preparation of the battery to increase the probability of starting the engine in conditions of low negative temperatures.

KEYWORDS: car, maintenance, battery, internal combustion engine.

REFERENCES

1. Kashkarov A. P. Netradicionnye istochniki pitaniya [Non-conventional sources of power]. Moscow. DMK Press. 2011. 135 p.

2. Varlamov V. R. Sovremennyye istochniki pitaniya [Modern power sources]. Spravochnik 2-e izd. Moscow. DMK Press. 2001. 224 p.

3. Pevnev N. G., Trofimov B. S., Momot Y. S. Povyshenie zhizneobespechennosti avtomobilej v uslovijah severa putem podderzhaniya zarjzhennosti akkumuljatornyh batarej [Increase survivability of vehicles in the North by maintaining the charge of batteries]. Materialy Mezhdunarodnoj ochno-zaochnoj nauchno-tehnicheskoy konferencii. Problemy issledovanija sistem i sredstv avtomobil'nogo transporta [Problems of research of systems and means of motor transport]. 2017. 91 – 97.

4. Markin A.G. A.G. Povyshenie jeffektivnosti sistemy jelektrosnabzhenija avtomobilej [Jekspluatacija avtomobil'nyh akkumuljatorov i akkumuljatornyh batarej improving the efficiency of the electrical system of cars]. Arhitekturno – stroitel'nyj i dorozhno – transportnye kompleksy: problemy, perspektivy, novaci [Architectural – construction and road – transport complexes, problems, prospects, innovations], materialy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii FGBOU VO SibAD, 2016. pp. 33 – 39.

5. Akkumuljatornaja batareja v zimnih uslovijah [Battery in winter conditions], [Electronic resource]. Rezhim dostupa : <http://www.mrmz.ru/article/v10/article3.htm>.

6. Jekspluatacija avtomobil'nyh akkumuljatorov i akkumuljatornyh batarej [Operation accumulators and batteries], [Electronic resource]. Rezhim dostupa : <http://akbplus.ru/AKB-Spravka/ekspluatation-avto-akb.html>.

7. Sistemy podogreva, puska dvigatelja i vypuska otrabotavshih gazov [Heating system, start the engine and exhaust], [Electronic resource]. Rezhim dostupa : <http://ustroistvo-avtomobilya.ru/dvigatel/sistemy-podogreva-puska-dvigatelya-i-vy-puska-otrabotavshih-gazov>.

8. Semenov N. In. Jekspluatacija avtomobilej v uslovijah nizkih temperatur [Operation of vehicles in conditions of low temperatures], (pod red. S.I. Belocerkovskoj). Moscow. Transport. 1993. 190 p.

9. Vasiliev L. S. Avtomobil'nye i jekspluatacionnye materialy [Automotive and performance materials]. Uchebnik dlja VUZov, Moscow, Transport, 1986. 279 p.

10. Kovalenko S. Yu., Kazakov V. A. Metodika ocenki prisposoblennosti avtomobilej k rezhimu puska [Methods of assessing the fitness of automobile engines to the trigger mode]. Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta, 2011 186 -192.

11. The Vasenin A. S., Shumkov A. G., Gorbunov A. A. Obzor metodov ocenki zarjzhennosti starternyh akkumuljatornyh batarej [Overview of methods of evaluation of charge of the starter battery]. Molodoy uchenyj, 2016, no 15, pp. 157 – 160. Rezhim dostupa : <https://moluch.ru/archive/119/33010/> (Data obrashhenija: 04.12.2017).

12. Yakovlev V. F. Opredelenie parametrov istochnikov pitaniya nizkovol'nyh potrebitelej na avtomobiljah s

