

Кучер А.В., Канунников А.В., Кузнецов К.Е., Ижевский А.С., Щитов С.В.,
Кузнецов Е.Е., Решетник Е.И. Оптимизация условий использования и повышение
срока службы накопителей электрической энергии при их низкотемпературной эксплуатации
.....
Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»

=====
УДК 62-65

**Оптимизация условий использования и повышение срока службы
накопителей электрической энергии при их низкотемпературной
эксплуатации**

*Кучер А.В., Канунников А.В., Кузнецов К.Е., Ижевский А.С., Щитов С.В.,
Кузнецов Е.Е., Решетник Е.И.*

Дальневосточный государственный аграрный университет

Аннотация

Эксплуатация энергетических средств в условиях низких температур приводит к чрезмерной нагрузке как на накопитель электрической энергии – аккумулятор (АКБ), так и на генератор, в связи с тем, что одновременно в работе задействуется большее количество вспомогательных электрических приборов, которые потребляют значительное количество энергии. В то же время отсутствует возможность полного заряда накопителя от генератора, так низкая температура электролита и генерирующих устройств не является комфортной и оптимальной для работы аккумуляторной батареи.

В целях оптимизации теплового режима аккумулятора было разработано устройство, позволяющее подогревать аккумуляторные батареи в зимних условиях эксплуатации.

В статье приводятся результаты практических исследований параметров взаимодействия температуры окружающей среды, температур теплоаккумулирующего модуля, корпуса и электролита АКБ в ходе процессов нагрева и остывания при воздействии теплового накопителя и предлагаются уравнения, описывающие исследуемые процессы

Ключевые слова: ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ СРЕДСТВО, ТЕПЛОАККУМУЛИРУЮЩЕЕ УСТРОЙСТВО, АККУМУЛЯТОРНЫЕ БАТАРЕИ, НАКОПИТЕЛЬ, ТЕПЛОВОЙ БАЛАНС, ЗАРЯД, ЭФФЕКТИВНОСТЬ

Кучер А.В., Канунников А.В., Кузнецов К.Е., Ижевский А.С., Щитов С.В.,
Кузнецов Е.Е., Решетник Е.И. Оптимизация условий использования и повышение
срока службы накопителей электрической энергии при их низкотемпературной эксплуатации
.....
Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»

=====

Известно, что накопители электрической энергии- аккумуляторные батареи (АКБ) имеют довольно широкий температурный диапазон использования. В тоже время необходимо отметить, что качество зарядки, жизненный цикл, а также срок их службы во многом зависит от температуры окружающей среды.

Регламентирующими документами (РД 3112199-1089-02) [1] предусмотрено снижение нормы наработки АКБ: на 50% - в очень холодном климатическом районе, на 20% - в холодном климатическом районе и на 15 % - в очень жарком и сухом климатических районах. Так же, с целью продления срока службы АКБ рекомендуемая температура при заряде батарей должна находиться в пределах от 0°С до 35°С.

Наряду с этим при эксплуатации аккумулятора в условиях окружающей среды при температуре ниже -20°С наблюдается явление саморазряда при попадании снега на клеммные устройства, снижается герметичность и, что самое важное, повышается опасность пенообразования в зоне электролит-воздушная среда, способного повлечь искрообразование и быстрый выход АКБ из строя.

Кроме того, эксплуатация энергетических средств в условиях низких температур приводит к чрезмерной нагрузке как на накопитель электрической энергии (АКБ), так и на генератор. Это обосновывается тем, что при низких температурах задействовано большее количество вспомогательных электрических приборов, которые потребляют значительное количество генерируемой энергии.

Увеличение нагрузки на генератор приводит к увеличению затрат мощности на его привод и, как следствие, к увеличению расхода топлива в ходе выполнения транспортных операций. Для устранения выше обозначенной проблемы чаще всего производят утепление аккумуляторных батарей различными способами, которые не всегда отвечают требованиям безопасности при использовании.

В целях оптимизации теплового режима аккумулятора было разработано устройство, позволяющее подогревать аккумуляторные батареи при их эксплуатации в зимних условиях эксплуатации. Предлагаемое устройство выполнено в виде ленточного нагревательного элемента, встроенного в теплоаккумулирующий демпфер, состоящий из теплоаккумулирующего пластикового модуля с наполнением из воска и дробленой фракции кварцевого стекла, температурного датчика [2]. Общий вид данного теплоаккумулирующего устройства представлен на рис. 1.

Кучер А.В., Канунников А.В., Кузнецов К.Е., Ижевский А.С., Щитов С.В.,
Кузнецов Е.Е., Решетник Е.И. Оптимизация условий использования и повышение
срока службы накопителей электрической энергии при их низкотемпературной эксплуатации
.....
Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»



Рис.1. Общий вид теплоаккумулирующего устройства

Проведённый патентный поиск показал высокий уровень патентоспособности предлагаемого устройства, в связи с чем в Федеральный институт промышленной собственности была направлена заявочная документация о выдаче охранного свидетельства (патента) полезной модели на конструкцию теплового накопителя для секции аккумуляторных батарей, положительное решение получено.

Предложенное устройство работает следующим образом:

При эксплуатации энергетического средства в низкотемпературный период времени за счёт включения магнитного пускателя электрический ток через систему электроснабжения, автоматический контроллер и подводящие контактные зажимы подаётся на ленточный нагревательный элемент модуля, который при нагреве поверхностей производит разогрев наполнителя, корпусов, электролита и внутренних устройств аккумуляторных батарей. При этом излучаемое тепло аккумулируется наполнителем из парафина и дроблёного до фракции в 2-3 миллиметра известково-натриевого стекла, находящегося в модуле. По достижении температуры корпуса аккумулятора в 40 С°, что соответствует температуре модуля в 80-90 С°, а температуре электролита АКБ в 30 С°, прижимной температурный датчик направляет сигнал на автоматический контроллер, который производит отключение ленточного нагревательного элемента .

Кучер А.В., Канунников А.В., Кузнецов К.Е., Ижевский А.С., Щитов С.В.,
Кузнецов Е.Е., Решетник Е.И. Оптимизация условий использования и повышение
срока службы накопителей электрической энергии при их низкотемпературной эксплуатации
.....
Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»

=====

Далее, при выключении двигателя или отключенном ленточном нагревательном элементе, происходит остывание наполнителя модуля, корпусов, электролита и внутренних устройств аккумуляторных батарей, при этом наполнитель модуля отдаёт накопленную тепловую энергию, что позволяет значительно увеличить время охлаждения секции аккумуляторов и поддерживать оптимальную эксплуатационную температуру секции аккумуляторных батарей в межсезонный период и во время работы энергетического средства.

При снижении температуры корпуса аккумулятора до $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$, прижимным температурным датчиком также направляется сигнал на автоматический контроллер, который производит подключение ленточного нагревательного элемента для проведения последующего разогрева согласно перечня операций, приведённых выше. Как показали исследования, (рис. 2) при работе в условиях низких температур теплоаккумулирующее устройство позволяет, даже при его отключении, достаточно долго поддерживать положительную, комфортную для максимального заряда температуру АКБ.



Рис.2. Рабочие моменты исследований

Научный и познавательный интерес, в целях адаптации энергетического средства к условиям низкотемпературной эксплуатации [3,4], представляют практические исследования параметров взаимодействия температуры окружающей среды, температур теплоаккумулирующего модуля, корпуса и электролита АКБ в ходе процессов нагрева и

Кучер А.В., Канунников А.В., Кузнецов К.Е., Ижевский А.С., Щитов С.В.,
Кузнецов Е.Е., Решетник Е.И. Оптимизация условий использования и повышение
срока службы накопителей электрической энергии при их низкотемпературной эксплуатации
.....
Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»

остывания при воздействии теплового накопителя. Замеры проводились при температуре окружающего воздуха -25 C° и плотности электролита АКБ $1,30\text{ г/см}^3$.

В ходе полевых экспериментов установлено, что при отключении устройства, эффект теплового аккумулярования позволяет почти в течении трёх часов удерживать положительную температуру электролита АКБ. Полученные результаты представлены в виде графика на рис. 3.

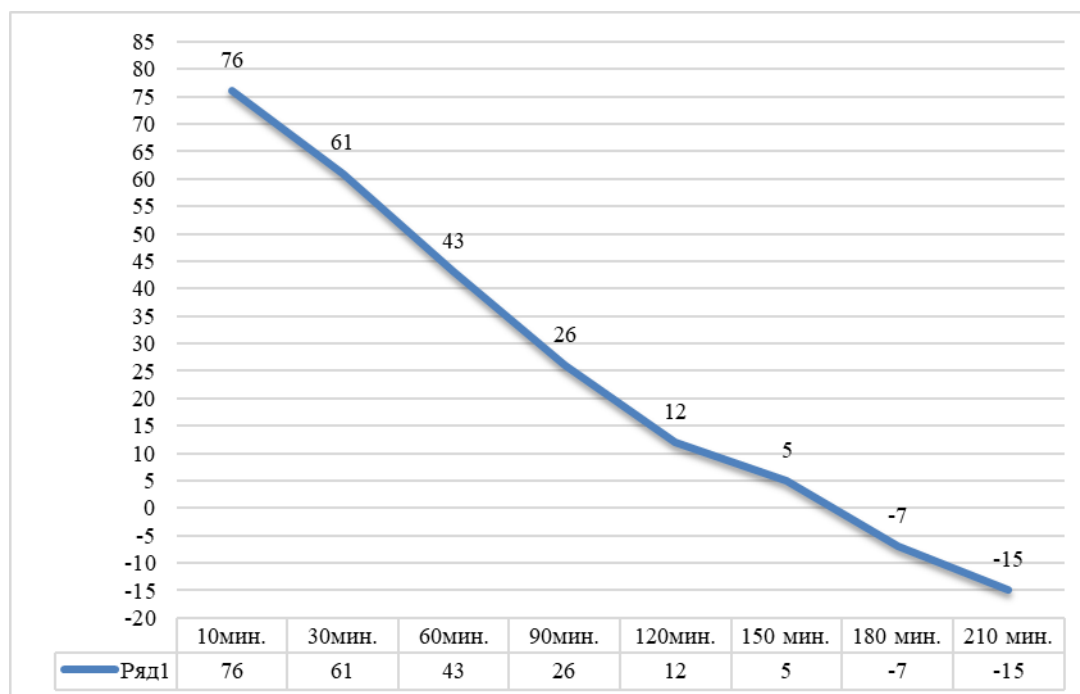


Рис.3. График остывания модуля теплоаккумулирующего устройства

Данная зависимость может быть описана следующим уравнением регрессии:

$$y = -0,4595x^2 + 0,9857x + 24,457. \quad (1)$$

Анализ графика показывает, что при температуре окружающего воздуха -25 C° остывание происходит с 76 C° до -15 C° за 210 минут, при чём температуры в 0 C° корпус АКБ достигает через 180 минут, что соответствует оптимальному режиму заряда.

Во время работы предлагаемое устройство аккумулирует определённое количество теплоты, которое в общем случае можно определить по формуле:

$$Q = C_m M t, \quad (2)$$

Кучер А.В., Канунников А.В., Кузнецов К.Е., Ижевский А.С., Щитов С.В.,
Кузнецов Е.Е., Решетник Е.И. Оптимизация условий использования и повышение
срока службы накопителей электрической энергии при их низкотемпературной эксплуатации
.....
Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»

где C_m - массовая теплоёмкость устройства, кДж/кг °С ; M –масса устройства, кг; t – температура нагревающего устройства, °С.

При работе энергетического средства предлагаемое устройство автоматически поддерживает температуру 80°С и постоянно передает тепло аккумулятору. Проведенные исследования по нагреву электролита аккумулятора при работе устройства приведены на рисунке 4. Исследования были проведены для двух аккумуляторов, расположенных один над другим, при условии расположения предлагаемого устройство между ними в соответствии с конструктивным расположением АКБ на тракторе К-744.



Рис. 4. Время нагрева аккумулятора при работе устройства

На основании проведенных исследований установлено, что для нагрева электролита аккумулятора от -19,2°С до 26,2°С необходим период времени в 6 часов, что соответствует рабочему времени трактора при выполнении единичной транспортной операции.

Уравнение регрессии рассматриваемого процесса принимает следующий вид:

$$y = -2,375x^2 + 17,825x - 33,075. \quad (3)$$

Кучер А.В., Канунников А.В., Кузнецов К.Е., Ижевский А.С., Щитов С.В.,
Кузнецов Е.Е., Решетник Е.И. Оптимизация условий использования и повышение
срока службы накопителей электрической энергии при их низкотемпературной эксплуатации
.....
Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»

При отключении данного устройства, ранее аккумулированное тепло передается непосредственно как аккумулятору, так и окружающему пространству. С целью определения этих параметров были проведены исследования по фиксации времени остывания АКБ. Экспериментальное время остывания приведено для верхне-расположенного аккумулятора (рис. 5).

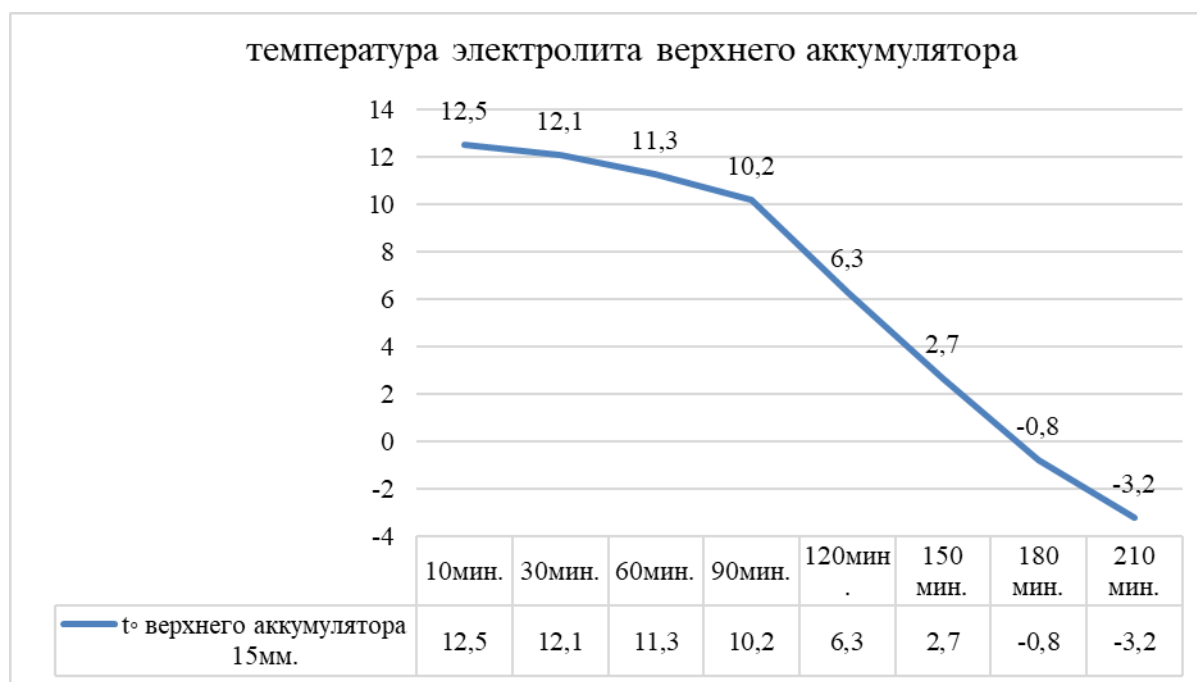


Рис. 5. Время остывания электролита верхнего аккумулятора при отключении устройства

Как видно из рисунка остывание электролита аккумулятора с установленным устройством от 12,5°C до -3°C составляет 210 минут. Уравнение регрессии для изменения температуры электролита верхнего аккумулятора:

$$y = -0,2863x^2 + 0,147x + 13,027. \quad (4)$$

Представляет определённый интерес время остывания электролита нижнего аккумулятора, на верхней крышке которого непосредственно происходило размещение теплоаккумулирующего устройства. С этой целью были проведены исследования по определению времени остывания электролита, приведенные в виде графика на рис. 6.

Кучер А.В., Канунников А.В., Кузнецов К.Е., Ижевский А.С., Щитов С.В.,
Кузнецов Е.Е., Решетник Е.И. Оптимизация условий использования и повышение
срока службы накопителей электрической энергии при их низкотемпературной эксплуатации
.....
Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»

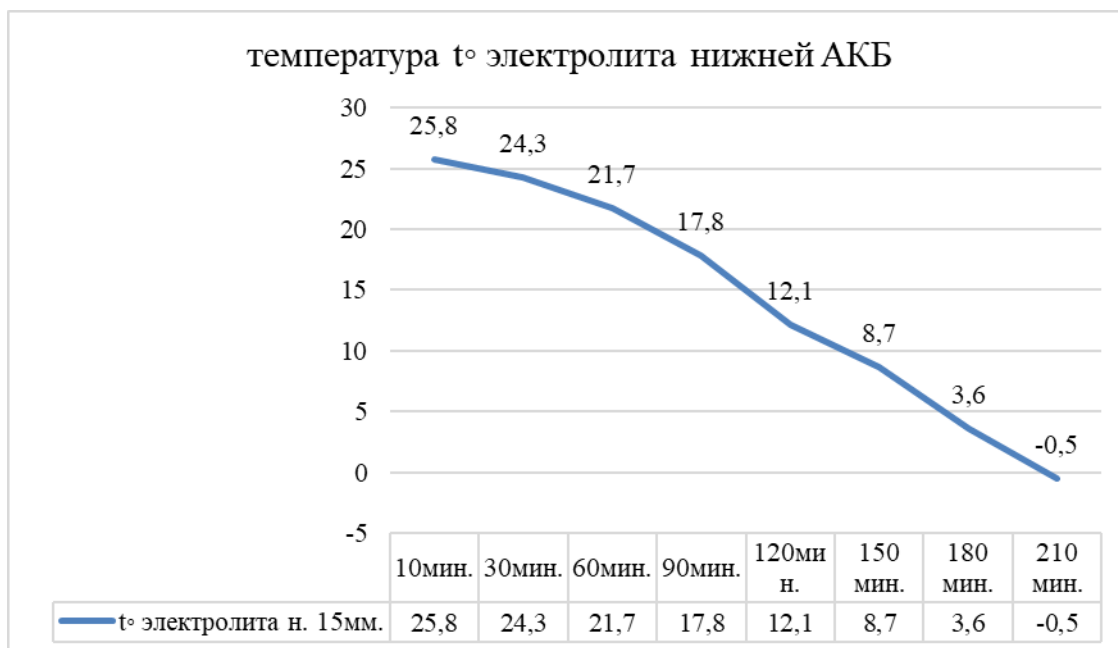


Рис. 6. Время остывания электролита нижней АКБ при отключении устройства

В результате исследований (рис. 6) установлено, что время остывания электролита от $25,8^{\circ}\text{C}$ до $-0,5^{\circ}\text{C}$ составляет 210 минут.

С помощью специализированных программ получено уравнение регрессии для процесса остывания электролита нижнего аккумулятора:

$$y = -0,2125x^2 - 2,0435x + 28,802. \quad (5)$$

Проведенные исследования позволяют сделать вывод, что предлагаемое устройство позволяет автоматически поддерживать комфортную для полного заряда температуру аккумулятора при выполнении работ и увеличить время остывания при его отключении. Таким образом выполнить требования РД 3112199-1089-02 Нормы сроков службы стартерных свинцово-кислотных аккумуляторных батарей автотранспортных средств и автопогрузчиков для накопителей электрической энергии при их низкотемпературной эксплуатации и повысить сроки их эксплуатации за счёт оптимизации условий использования

Список использованных источников

1. РД 3112199-1089-02 Нормы сроков службы стартерных свинцово-кислотных

Кучер А.В., Канунников А.В., Кузнецов К.Е., Ижевский А.С., Щитов С.В.,
Кузнецов Е.Е., Решетник Е.И. Оптимизация условий использования и повышение
срока службы накопителей электрической энергии при их низкотемпературной эксплуатации
.....
Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»

=====
аккумуляторных батарей автотранспортных средств и автопогрузчиков/ разр. НИИАТ,
утв. 26.09.2002. Министерством транспорта Российской Федерации.- 10 с.

2. Канунников А.В., Сенников В.А. Повышение эффективности использования
аккумуляторных батарей в зимний период эксплуатации трактора К-744//
Агропромышленный комплекс: проблемы и перспективы развития: тез. докл.
всероссийской науч.-практ. конф. Благовещенск, 15 апреля 2020 г.-С.60

3. Кузнецов Е.Е., Щитов С.В., Повышение эффективности использования
мобильных энергетических средств в технологии возделывания сельскохозяйственных
культур: Монография. ДальГАУ-Благовещенск, 2017.- 272 с.

4. Кузнецов Е.Е., Гончарук А.И., Ковалевский В.Н., Лысенко А.В.
Методологическое обоснование системы адаптации грузовых автомобилей к условиям
эксплуатации в агропромышленном комплексе Амурской области // АгроЭкоИнфо. –
2017, №1. http://agroecoinfo.narod.ru/journal/STATYI/2017/1/st_109.doc.

=====
Цитирование:

Кучер А.В., Канунников А.В., Кузнецов К.Е., Ижевский А.С., Щитов С.В.,
Кузнецов Е.Е., Решетник Е.И. Оптимизация условий использования и повышение срока
службы накопителей электрической энергии при их низкотемпературной эксплуатации //
АгроЭкоИнфо. – 2020, №3. – http://agroecoinfo.narod.ru/journal/STATYI/2020/3/st_326.pdf