

УДК 62-503.5

Максимук Н.В., Андрусак И.С.



Максимук Н.В.

Институт термоэлектричества НАН и МОН
Украины, ул. Науки, 1, Черновцы, 58029, Украина

**ЭЛЕКТРОННЫЙ БЛОК УПРАВЛЕНИЯ
ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИМ
ПРЕДПУСКОВЫМ АВТОМОБИЛЬНЫМ
НАГРЕВАТЕЛЕМ**



Андрусак И.С.

Описываются устройство и алгоритм работы электронного блока управления термоэлектрического предпускового автомобильного нагревателя. Описаны основные функциональные узлы устройства. Представлены результаты экспериментальных исследований работы электронного блока с компонентами нагревателя.

Ключевые слова: процессорный модуль, аналого-цифровой преобразователь, термоэлектрический преобразователь, индикатор пламени.

Design and operation algorithm of electronic control unit for thermoelectric automobile starting pre-heater is presented. The main functional units of the device are described. The results of experimental research on the work of electronic unit with the heater components are given.

Key words: processor module, analog-to-digital converter, thermoelectric converter, flame indicator.

Введение

Современные устройства предварительного прогрева двигателей транспортных средств в условиях пониженных температур окружающей среды должны удовлетворять ряду требований. Так, рядом с высокой теплопроизводительностью, малыми затратами топлива и умеренными габаритными размерами, предпусковые нагреватели должны надежно запускаться и безотказно работать. Поэтому, кроме создания новых теплоэффективных конструкций, производители предпусковых устройств большое внимание уделяют разработке электронных блоков управления – системам автоматического управления работой компонент нагревателей: топливного и циркуляционного насосов, вентилятора подачи воздуха, штифта накала горелки.

Основными функциями такого электронного блока являются [1]:

- контроль температуры охлаждающей жидкости двигателя и, в зависимости от ее величины – установление соответствующего режима нагрева;
- диагностика компонент при запуске нагревателя и во время его работы;
- включение и выключение нагревателя по команде с панели управления;
- выключение нагревателя в случае возникновения аварийной ситуации (выход из строя компонент, перегрев теплоносителя, отсутствие пламени, перепад напряжения, короткое замыкание и т.д.).

Для разработанного в Институте термоэлектричества автономного термоэлектрического

предпускового нагревателя [2 – 8] задача создания электронного блока существенно усложняется, поскольку рядом с традиционными компонентами в конструкции нагревателя использован термоэлектрический преобразователь, который осуществляет питание электрической энергией как самих компонент, так и автомобильного аккумулятора. Поэтому, кроме вышеприведенных функций, электронный блок должен постоянно и одновременно контролировать температуру горячей и холодной сторон термопреобразователя. В противном случае перегрев термобатареи приведет к быстрому выходу из строя не только всех компонент нагревателя, но и к нарушению работы другого автомобильного оборудования. Важным является и выбор рационального алгоритма работы нагревателя, который обеспечивал бы не только максимальную эффективность термоэлектрического преобразования, но и создавал условия для надежного запуска и стабильной работы прибора.

Целью данной работы является создание электронного блока управления термоэлектрическим предпусковым автомобильным нагревателем и его проверка на соответствие приведенным функциональным требованиям.

Устройство и принцип работы

Блок-схема электронного блока управления термоэлектрическим предпусковым автомобильным нагревателем представлена на рис. 1.

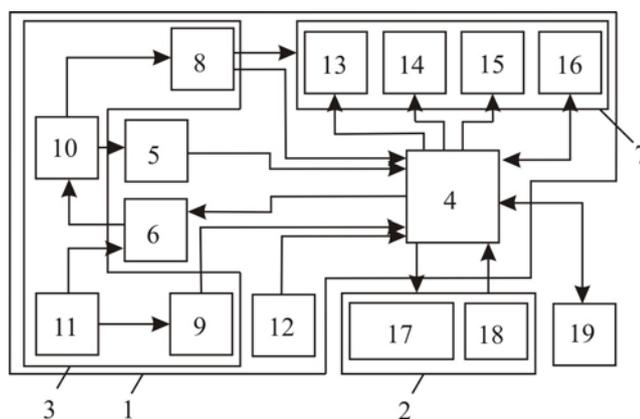


Рис. 1. Блок-схема электронного блока управления [8]:

- 1 – блок контроля управления; 2 – блок регулирования и индикации; 3 – узел обработки сигналов датчиков;
- 4 – процессорный модуль; 5 – преобразователь напряжения; 6 – узел управления зарядом аккумулятора;
- 7 – узел управления внешними исполнительными устройствами; 8 – входная цепь измерителя напряжения аккумулятора; 9 – входная цепь измерителя напряжения термоэлектрической батареи;
- 10, 11 – клеммы; 12 – блок цифрового термодатчика; 13 – блок коммутации питания штатного накала;
- 14 – блок коммутации питания топливного насоса; 15 – блок коммутации питания циркуляционного насоса; 16 – блок питания и контроля оборотов вентилятора; 17 – блок оптической индикации;
- 18 – блок регулятора температуры; 19 – блок связи с программным обеспечением.

Электронный блок управления состоит из двух конструктивных блоков: блока контроля управления термоэлектрическим предпусковым нагревателем 1 и блока регулирования и индикации 2.

Блок контроля управления содержит узел обработки сигналов датчиков 3, процессорный модуль 4, который питается от преобразователя напряжения 5, узел управления зарядом аккумулятора 6 и узел управления внешними исполнительными устройствами 7.

Узлы обработки сигналов датчиков состоят из входных цепей 8 и 9 измерителя напряжений аккумулятора и термобатареи, которые через клеммы 10 и 11 подсоединены к процессорному модулю, блоку цифрового термодатчика 12 и аналого-цифрового преобразователя (АЦП) процессорного модуля (на рис. 1 не показан).

Узел управления внешними исполнительными устройствами содержит блоки 13, 14, 15 коммутации питания штифта накала, топливного насоса, жидкостной помпы соответственно, а также блок 16 питания и контроля оборотов вентилятора для подачи воздуха в камеру сгорания.

Блок регулирования и индикации (панель управления) состоит из блока оптической индикации 17 и блока регулятора температуры холодного теплоносителя 18 (рис. 2).

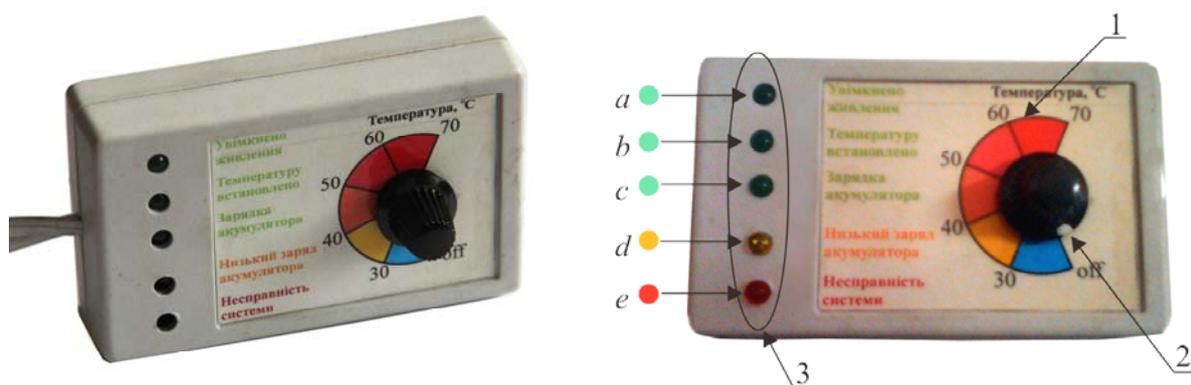


Рис. 2. Панель управления термоэлектрическим предпусковым нагревателем:
1 – шкала температур холодного теплоносителя; 2 – регулятор температур холодного теплоносителя; 3 – шкала оптической индикации.

- a – сигнализатор «Питание компонент включено»;
- b – сигнализатор «Температура теплоносителя установлена»;
- c – сигнализатор «Зарядка аккумулятора»;
- d – сигнализатор «Низкий заряд аккумулятора»;
- e – сигнализатор «Неисправность системы».

Следует отметить, что, в случае возникновения нарушений в работе нагревателя, сигнализатор «Неисправность системы» извещает о типе ошибки соответствующим количеством вспышек.

При необходимости проведения тестирования нагревателя и отслеживания работы его компонент предусмотрена возможность подключения электронного блока к специализированному программному обеспечению (рис. 3) с помощью блока связи 19 с компьютером и дополнительного преобразователя интерфейса передачи данных (не входит в состав системы).

При подключении к ПК возможен мониторинг состояния управляющих сигналов блоков управления периферийными устройствами, отображения сигналов от датчиков измерения напряжения, оборотов вентилятора и величин напряжений на клеммах аккумулятора и генератора, а также доступный список событий алгоритма работы прибора.

В системе также предусмотрена возможность перехода на ручное управление, в котором управляющий сигнал мощности штифта накала, мощности вентилятора, периода подачи топлива и включение и отключение помпы теплоносителя можно задавать вручную.

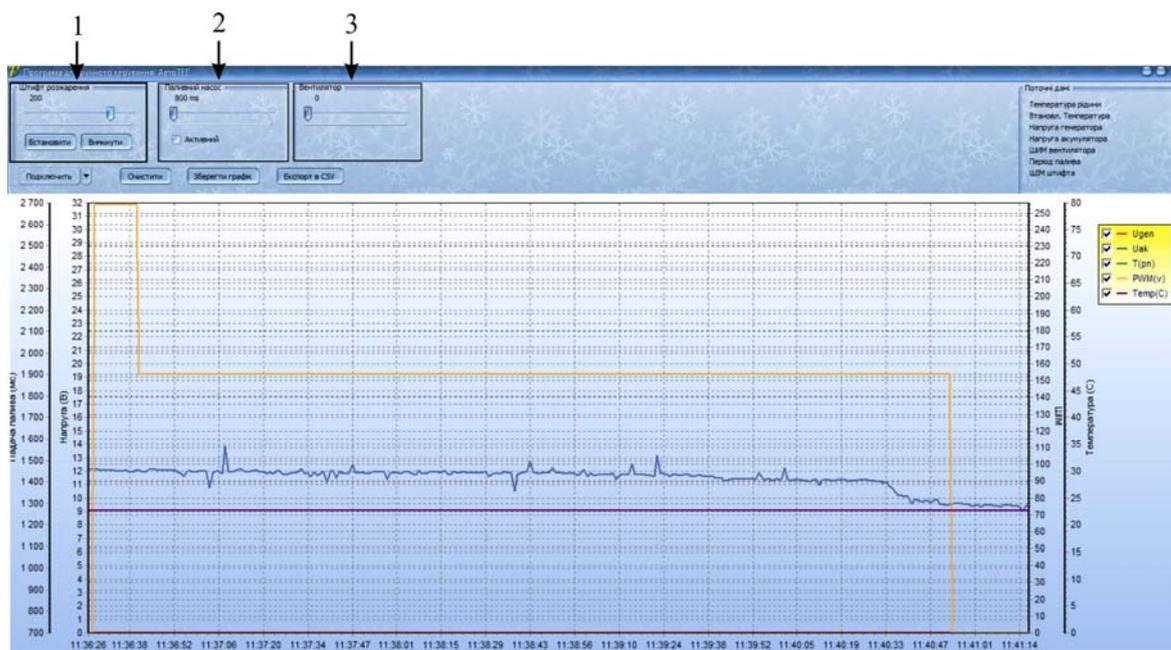


Рис. 3. Окно программы для тестирования нагревателя и отслеживания работы его компонент:

1 – окно ручного управления мощностью штифта накала;

2- окно ручного управления периодом импульсов топливного насоса;

3 – окно ручного управления оборотами вентилятора;

U_{gen} – исходное электрическое напряжение термоэлектрического нагревателя;

U_{ak} – электрическое напряжение автомобильного аккумулятора;

$T(rp)$ – период импульса топливного насоса;

$PWM(v)$ – частота оборотов вентилятора;

$Temp(C)$ – температура холодного теплоносителя.

Работает блок управления следующим образом.

При подключении аккумулятора к клеммам 10 происходит отключение всех периферийных исполняющих устройств и проверка установленной температуры на регуляторе 7. При установленной температуре ниже 30 °С (зона «отключено») прибор переходит в режим ожидания. При установленной температуре выше 30 °С происходит включение прибора и инициализация горелки по следующему алгоритму.

Блоки 15 и 16 обеспечивают включение помпы и вентилятора управляющим сигналом с центрального процессора 1.

Через 10 секунд осуществляется проверка оборотов вентилятора. Если импульсы с датчика оборотов блока 16 отсутствуют, происходит аварийное отключение нагревателя – отключаются все периферийные устройства и выводится соответствующий сигнал об ошибке на блоке оптических индикаторов 7. Если импульсы поступают – продолжается выполнение алгоритма инициализации: мощность вентилятора уменьшается и осуществляется плавное включение штифта накала блоком коммутации питания штифта накала 13 с помощью управляющего сигнала с блока ЦПУ 1.

Через 40 секунд с помощью блока коммутации питания топливного насоса 14 и управляющего сигнала с блока центрального процессора 1 начинается подача топлива топливным насосом. При этом осуществляется проверка напряжения на клеммах 11 термоэлектрического генератора. Через входную цепь измерителя термоэлектрического

генератора 9 сигнал поступает на вход АЦП блока центрального процессора 1. Если за 5 минут не наблюдается прирост напряжения на клеммах генератора, то происходит аварийное отключение нагревателя. Если за 40 секунд есть прирост напряжения – горелка зажжена, то осуществляется отключение штифта накала и постепенное уменьшение периода подачи топлива от 2.5 до 1 с. После этого система выходит из режима инициализации и переходит в режим стабилизации.

В режиме стабилизации осуществляется постоянный контроль температуры теплоносителя с помощью блока цифрового термодатчика 12.

Если температура теплоносителя меньше чем установлена, то происходит плавное уменьшение периода подачи топлива до 1 с. Если температура отвечает установленной, то поддерживается текущий период подачи топлива и выводится сигнал о стабилизации температуры на блоке оптических индикаторов 6. Если температура теплоносителя больше установленной, то осуществляется постепенное увеличение периода подачи топлива до величины 2.5 с.

Во время работы прибора происходит постоянный контроль напряжения на клеммах 10 аккумулятора через блок входной цепи измерителя напряжения аккумулятора 8. В соответствии с напряжением на клеммах аккумулятора и периоду подачи топлива выставляется необходимая мощность вентилятора блоком 3 коммутации питания аккумулятора и управляющим сигналом с блока центрального процессора 1. При этом осуществляется управление зарядом аккумулятора с помощью блока коммутации заряда аккумулятора 3 и управляющего сигнала с блока центрального процессора 1.

Кроме того, системой осуществляется постоянный контроль наличия пламени путем измерения напряжения на клеммах 11 термоэлектрического генератора. Если убыль напряжения за 15 секунд будет большей чем 0.4 В, то система инициализирует исчезновение пламени, происходит повторный запуск горелки, если не удалось повторно запустить горелку – выводится сигнал об ошибке на блок оптических индикаторов 6.

Через 2 часа работы при отсутствии ручного отключения нагревателя происходит автоматическое отключение – мощность вентилятора возрастает к максимальной и прекращается подача топлива (режим «продувки»).

Через 10 минут прибор переходит в режим ожидания, и повторное включение нагревателя возможно путем перевода положения ручки терморегулятора 7 в положение ниже 30 °С и повторной установки необходимой температуры.

Таким образом, алгоритм работы нагревателя построен на плавном наращивании тепловой мощности источника тепла и постепенном увеличении потребляемых электрических мощностей компонент нагревателя.

Такой автоматический поочередной переход от момента включения компонент к режиму максимальной мощности, через ряд промежуточных режимов [5], позволяет обеспечить надежный запуск и стабильную работу прибора.

Результаты исследования

Алгоритм работы электронного блока в паре с компонентами термоэлектрического автомобильного нагревателя наглядно иллюстрируют результаты стендовых исследований (рис. 4 – 7).

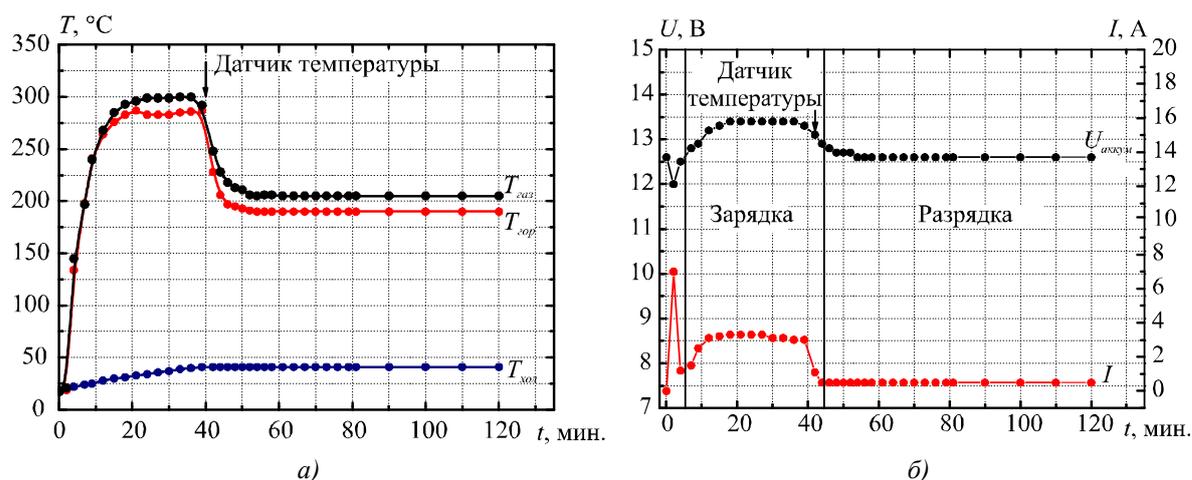


Рис. 4. Результаты исследований работы термоэлектрического автомобильного нагревателя с электронным блоком управления:

$T_{\text{газ}}$ – температура исходных газов;

$T_{\text{гор}}$ – температура горячего теплообменника;

$T_{\text{хол}}$ – температура холодного теплообменника;

$U_{\text{аккумулятор}}$ – напряжение аккумулятора;

I – ток в цепи «нагреватель» – «аккумулятор».

Установленная температура теплоносителя 40°C .

Из приведенных данных следует, что поведение как температурных, так и электрических зависимостей являются практически идентичными. После включения прибора и к моменту достижения заданной температуры теплоносителя электронный блок, согласно «прописанному» в микропроцессоре алгоритму, постепенно наращивает тепловую мощность источника тепла до максимальной. При этом, соответственно, наблюдается рост температурных характеристик $T_{\text{хол}}$, $T_{\text{гор}}$, $T_{\text{газ}}$ и переход из режима питания компонент от аккумулятора в режим автономной работы. По мере увеличения исходной электрической мощности генератора электронный блок направляет излишек электрической энергии на подзарядку аккумуляторной батареи.

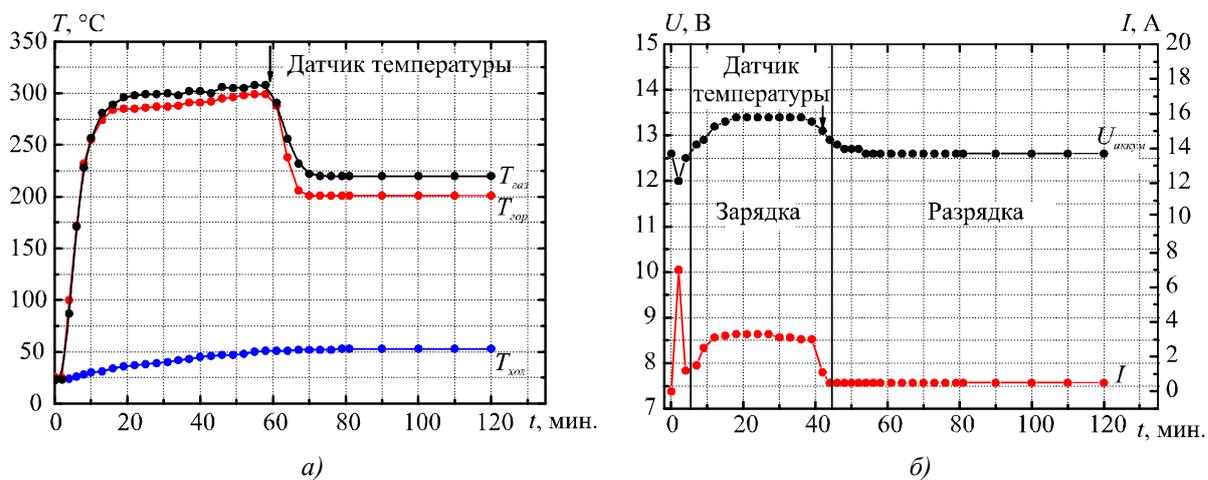


Рис. 5. Результаты исследований работы термоэлектрического автомобильного нагревателя с электронным блоком управления.

Установленная температура теплоносителя 50°C . Обозначения аналогичны рис. 4.

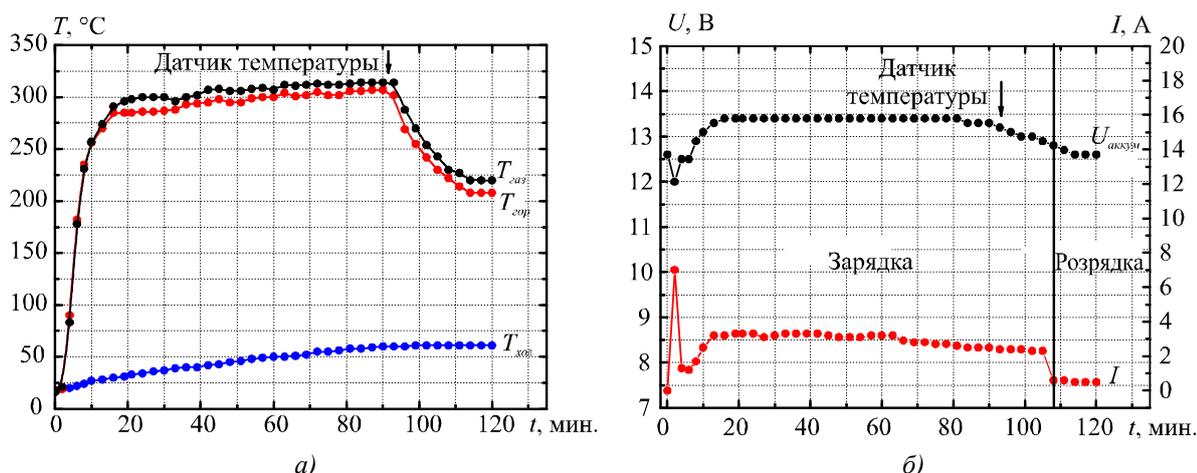


Рис. 6. Результаты исследований работы термоэлектрического автомобильного нагревателя с электронным блоком управления. Установленная температура теплоносителя 60 $^{\circ}\text{C}$. Обозначения аналогичны рис. 4.

При достижении заданной температуры теплоносителя электронный блок в соответствии с исходным сигналом цифрового термодатчика, который находится на одном из жидкостных теплообменников нагревателя, увеличивает период подачи топлива к горелке – нагреватель начинает работать в режиме поддержки заданной температуры. При этом температура горячего теплообменника и температура абгазов падают, а температура на холодных теплообменниках стабилизируется. Следует отметить, что в таком режиме работы генерированной термоэлектрическими модулями мощности недостаточно для подзарядки аккумулятора, поэтому электронный блок, путем изменения направления тока в цепи нагреватель-аккумулятор, переключает питание компонент от модулей обратно к аккумулятору. Как видно из рис. 4 – 6, в этих условиях ток разрядки аккумулятора составляет всего ~ 0.2 А, что в сравнении с его емкостью является безусловно очень незначительной величиной (для примера, ток разрядки при работе жидкостного предпускового нагревателя Webasto Thermo Top C на порядок больший – $3 \div 5$ А). Поэтому можно утверждать, что в режиме поддержки температуры теплоносителя нагреватель фактически работает без использования энергии аккумулятора.

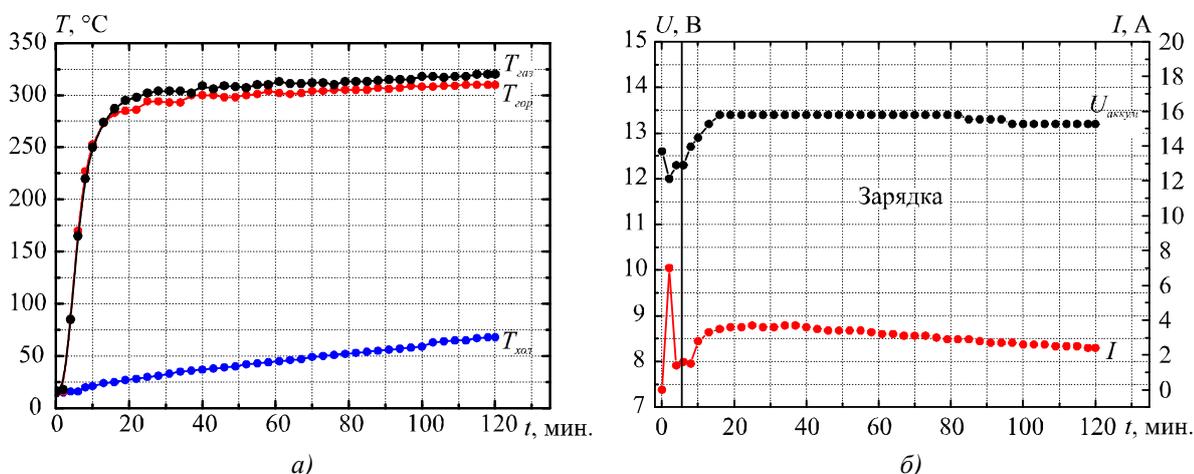


Рис. 7. Результаты исследований работы термоэлектрического автомобильного нагревателя с электронным блоком управления. Установленная температура теплоносителя 70 $^{\circ}\text{C}$. Обозначения аналогичны рис. 4.

При установленной температуре теплоносителя 70 °С (рис. 7) цифровой термодатчик не срабатывает в связи с тем, что теплоноситель прогревается до заданной температуры практически в момент выключения нагревателя. Однако в этом есть свои преимущества, поскольку аккумуляторная батарея автомобиля заряжается постоянно.

Нужно также заметить, что в ходе исследований искусственно создавалась аварийная ситуация при работе нагревателя путем поочередного отключения от питания топливного насоса, вентилятора, циркуляционного насоса. Результаты подтверждают рациональность предложенного алгоритма для защиты системы от перегрева и других опасных ситуаций: электронный блок инициализирует ошибку в работе нагревателя (исчезновение пламени в камере сгорания, перегрев холодной стороны модулей и др.) и останавливает его работу, а нагреватель переходит в режим продувки. При этом, как отмечалось раньше, на панели управления отображается сигнал о соответствующем типе ошибки.

Выводы

1. Создана принципиально новая конструкция электронного блока управления работой термоэлектрическим предпусковым нагревателем, где в качестве датчика пламени использован термоэлектрический преобразователь, а термоэлектрические модули преобразователя – для собственного питания системы и подзарядки автомобильного аккумулятора.
2. Показано, что управление работой нагревателя осуществляется интеллектуальным алгоритмом контроля пламени, подачи воздуха и топлива и заряда аккумулятора, который обеспечивает стабильную работу прибора и создает надежную систему защиты в случае возникновения аварийных ситуаций.
3. В результате экспериментальных проверок подтверждена рациональность избранной конструкции электронного блока и заложенного в нем алгоритма работы нагревателя.

Литература

1. Найман В.С. Все о предпусковых обогревателях и отопителях. Москва: АСТ, 2007. 213 с.
2. Михайловский В.Я., Максимук Н.В. Режимы работы автомобилей при пониженных температурах. Необходимость использования нагревателей и рациональность применения термогенераторов для их работы. *Термоэлектричество*. 2015. №3. С. 20 – 30.
3. Михайловский В.Я., Максимук Н.В. Рациональные мощности термогенераторов для предпусковых нагревателей транспортных средств. *Термоэлектричество*. 2015. №4. С. 65 – 73.
4. Михайловский В.Я., Максимук Н.В. Компьютерное проектирование термоэлектрического автомобильного предпускового нагревателя на дизельном топливе. *Термоэлектричество*. 2016. №1. С. 55 – 68.
5. Анатычук Л.И., Михайловский В.Я., Максимук Н.В., Андрусак И.С. Экспериментальные исследования термоэлектрического автомобильного предпускового нагревателя на дизельном топливе. *Термоэлектричество*. 2016. №4. С. 87 – 97.
6. Автомобільний обігрівач з термоелектричним джерелом живлення: пат. 02055 Україна: МПК F01N 5/00; H01L35/00. № 72304; заявл. 23.02.2012; опубл. 10.08.2012, бюл. № 15.
7. Термоелектричне джерело живлення для автомобіля: пат. 13957 Україна: МПК F01N 5/00 H01L 35/00. № 102303; заявл. 28.11.2011; опубл. 25.06.2013, бюл. № 12.
8. Система керування передпусковим рідинним нагрівачем для двигунів внутрішнього згорання: пат. 15422 Україна: МПК F02N 19/00 № 90764; заявл. 30.12.2013; опубл. 10.06.2014, бюл. № 11.

Поступила в редакцию 29.09.2016