

УДК 62-69



Михайловский В.Я.

Михайловский В.Я., Максимук Н.В.

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



Максимук Н.В.

РЕЖИМЫ РАБОТЫ АВТОМОБИЛЕЙ ПРИ ПОНИЖЕННЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ. НЕОБХОДИМОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НАГРЕВАТЕЛЕЙ И РАЦИОНАЛЬНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕРМОГЕНЕРАТОРОВ ДЛЯ ИХ РАБОТЫ

Проанализированы основные причины усложненного запуска двигателей внутреннего сгорания при пониженных температурах окружающей среды. Определены преимущества и недостатки в применении предпускового подогрева для улучшения запуска двигателя автомобиля. Приведен принцип работы и особенности конструкции предпусковых нагревателей. Обоснована рациональность использования термоэлектрических генераторов для работы такого оборудования.

Ключевые слова: двигатель, предпусковой подогрев, отопитель салона, термоэлектрический генератор.

The main reasons for a complicated startup of transport means at low ambient temperatures are analyzed. The benefits and drawbacks of using start heating for a better startup of automobile engine are determined. The operating principle and structural features of starting pre-heaters are described. The rationality of using thermoelectric generators for the operation of such equipment is substantiated.

Key words: engine, start heating, compartment heater, thermoelectric generator.

Введение

На сегодняшний день запуск двигателя внутреннего сгорания (ДВС) при пониженных температурах окружающей среды остается актуальной проблемой для всех без исключения видов транспортных средств [1-6]. Прежде всего, это связано с отрицательным влиянием низких температур на ресурс работы ДВС. Вследствие быстрого нагревания «холодного» двигателя в нем возникают температурные напряжения, которые вместе с механическими нагрузками приводят к быстрому износу деталей и сокращению срока их эксплуатации [1, 3, 4]. Еще одним отрицательным фактором холодного запуска являются большие затраты топлива вследствие его конденсации и пониженной испаряемости [2]. Поэтому перед запуском двигатель необходимо прогревать [5, 6]. На настоящее время существует большое количество различных средств и методов для облегченного запуска двигателей в холодное время года. В общем, их подразделяют на групповые и индивидуальные [7].

Групповые методы осуществляют предпусковой подогрев двигателя разогретыми от внешних источников энергии (электросетей, котельных, переносных газовых генераторов)

теплоносителями: водяным паром, горячим воздухом, инфракрасными лучами и т.д.

Индивидуальные методы включают штатные (предусмотренные конструкцией двигателей) и дополнительные, которые устанавливаются непосредственно на двигатели (жидкостные и воздушные нагреватели, электрофакельные нагреватели воздуха, свечи накаливания). Преимуществом индивидуальных средств подогрева является автономность – их работа не зависит от наличия внешнего источника энергии.

Автономный предпусковой подогрев охлаждающей жидкости является одним из наиболее распространенных и наиболее эффективных индивидуальных методов прогрева двигателя при пониженных температурах. Такие нагреватели подходят практически для всех типов двигателей внутреннего сгорания, поэтому применяются как в легковых и грузовых автомобилях, так и в автобусах, самолетах, яхтах и катерах [8, 9].

Но несмотря на широкие возможности, предпусковые нагреватели все еще не нашли массового применения. Прежде всего, это обусловлено их высокой стоимостью. Очевидно это не единственный сдерживающий фактор: как показывает статистика, даже в экономически развитых странах Скандинавского полуострова автономные предпусковые нагреватели установлены лишь на одном из тысячи автомобилей [10].

Целью данной работы является анализ преимуществ и недостатков предпускового подогрева двигателей автомобилей при пониженных температурах и расширение возможностей практического использования предпусковых нагревателей с помощью термоэлектрических преобразователей энергии.

Недостатки запуска «холодного» двигателя

К основным причинам, усложняющим запуск ДВС при пониженных температурах окружающей среды, относят [11-13]:

1. Увеличение сопротивления при вращении коленчатого вала вследствие повышения вязкости машинного масла. Многолетний опыт эксплуатации транспортных средств показывает, что при температуре $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ сопротивление вращающемуся моменту коленчатого вала возрастает в 2 – 2.5 раза.

2. Уменьшение мощности стартера в результате понижения величины тока холодной прокрутки и емкости аккумулятора. Для полностью заряженной АКБ емкостью 50 – 60 А·час ток холодной прокрутки лежит в пределах 300 – 500 А. Если ток стартера при температуре $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ может достигать 400 А при напряжении 9 В, то при температуре $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ он снизится до 200 А. И с каждой новой попыткой запуска его величина будет уменьшаться. Хотя технологии производства аккумуляторных батарей с каждым днем улучшаются, однако они не влияют на степень понижения стартерного тока при пониженных температурах.

3. Конденсация топлива и уменьшение его испаряемости. Качество воздушно-топливной смеси зависит от испаряемости топлива. Например, испарение бензинового топлива происходит в основном в интервале от $35\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $200\text{ }^{\circ}\text{C}$. Причем испаряются «легкие» фракции, которые наиболее необходимы в период пуска холодного двигателя. Однако, согласно стандартам, содержание в бензиновом топливе таких фракций ограничено, поскольку большое их количество в горячем двигателе приведет к образованию в топливной системе паровых пробок, вызывающих перебои в работе ДВС. В связи с этим предусмотрен «зимний» бензин, испаряемость которого почти в три раза выше «летнего», что должно обеспечивать надежный запуск двигателя при $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ – $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Но использование «зимнего» бензина уже при температуре $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$ приводит к образованию паровых пробок. Запуск двигателя с «летним» сортом бензина

усложняется при $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$, а при $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ становится невозможным.

Влияние приведенных факторов при пониженных температурах проявляется одновременно и приводит к сокращению ресурса работы двигателя и увеличению затрат топлива при его запуске [13]. Как показывают исследования, с каждым «холодным» стартом ДВС (запуск при температуре ниже $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$) потеря его моторесурса составляет около 400 – 600 км. Учитывая, что в течение года наблюдается 100 – 120 дней с температурой ниже $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, потеря моторесурса за год будет представлять ~80000 км [11].

4. Увеличение нормы выбросов токсичных веществ с выхлопными газами. Как констатируют медики, высокий уровень токсичных веществ, выделяющихся в окружающую среду с выхлопными газами автомобилей, приводит к распространению различных аллергических и астматических заболеваний, и как следствие, к сокращению продолжительности жизни как минимум на 4 – 5 лет.

Установлено, что величина выбросов токсичных веществ в легковых автомобилях в первые километры после пуска с непрогретым двигателем составляет 70 – 80% от суммарного объема выбросов автомобиля за этот период. Это связано с низкой эффективностью работы катализатора в условиях низких температур. В зависимости от температуры окружающей среды автомобиль должен проехать несколько километров прежде чем катализатор разогреется и начнет эффективно очищать выхлопные газы.

Исследования Норвежской автомобильной ассоциации показали, что объем выбросов при одном «холодном» запуске двигателя автотранспортных средств составляет 100 – 300 г. Если в течение года осуществлять 500 таких запусков (в среднем 2 раза в день), то годовой средний выброс одного автомобиля с учетом пусковой эмиссии составляет 69 кг. При этом суммарная величина годовых выбросов всех автомобилей, например, для города с населением ~ 1 млн. жителей, будет составлять 20000 тонн.

Принцип работы и особенности конструкции предпусковых нагревателей

Автономные предпусковые нагреватели для предварительного прогрева двигателей транспортных средств при пониженных температурах окружающего среды серийно производятся рядом заграничных предприятий: Eberspacher, Webasto, Truma (Германия), Ateso (Чехия), Mikuni (Япония), Теплостар (Россия) [14 – 17]. Предпусковые нагреватели в основном классифицируют:

– по виду топлива на дизельные, бензиновые и газовые. Разделение нагревателей по виду топлива и необходимость создания соответствующих конструкций обусловлены тем, что нагреватели устанавливаются на автомобиле с дизельными, бензиновыми двигателями и двигателями, работающими на сжиженном газу. С точки зрения удобства эксплуатации, для нагревателей целесообразно использовать топливо, на котором работает двигатель.

– по типу нагрева теплоносителя на жидкостные и воздушные.

На рис. 1 приведена схема и внешний вид предпускового жидкостного нагревателя Hydronic (Eberspacher) тепловой мощностью 4 кВт.

Предпусковой нагреватель объединяет в одном корпусе теплообменник 1, камеру сгорания 2 со штифтом накаливания 3, жидкостный циркуляционный насос 4, вентилятор 5 и помпу 6 для подачи воздуха и топлива в камеру сгорания. Принцип работы состоит в нагревании охлаждающей жидкости (теплоносителя) двигателя автомобиля. Для этого нагреватель через патрубки 7 и 8 подсоединяют к контуру системы охлаждения двигателя,

который, в свою очередь, соединен с радиаторами отопления автомобиля. Циркуляция жидкости в системе охлаждения и радиаторам отопления обеспечивается жидкостным насосом. Топливо в нагреватель поступает прямо из бака автомобиля или же отбирается из отдельной, специально предназначенной для этого, емкости. Наличие пламени в камере сгорания контролируется датчиком 9. Датчики 10 и 11 осуществляют контроль температуры теплоносителя. Система диагностики в электронном блоке 12 руководит работой нагревателя и осуществляет его аварийное отключение в экстренных случаях. Запуск устройства осуществляется вручную или таймером, который программируется на конкретное время из пульта дистанционного управления. Для обеспечения бесшумности во время работы нагреватель дополнительно комплектуется глушителем 13.

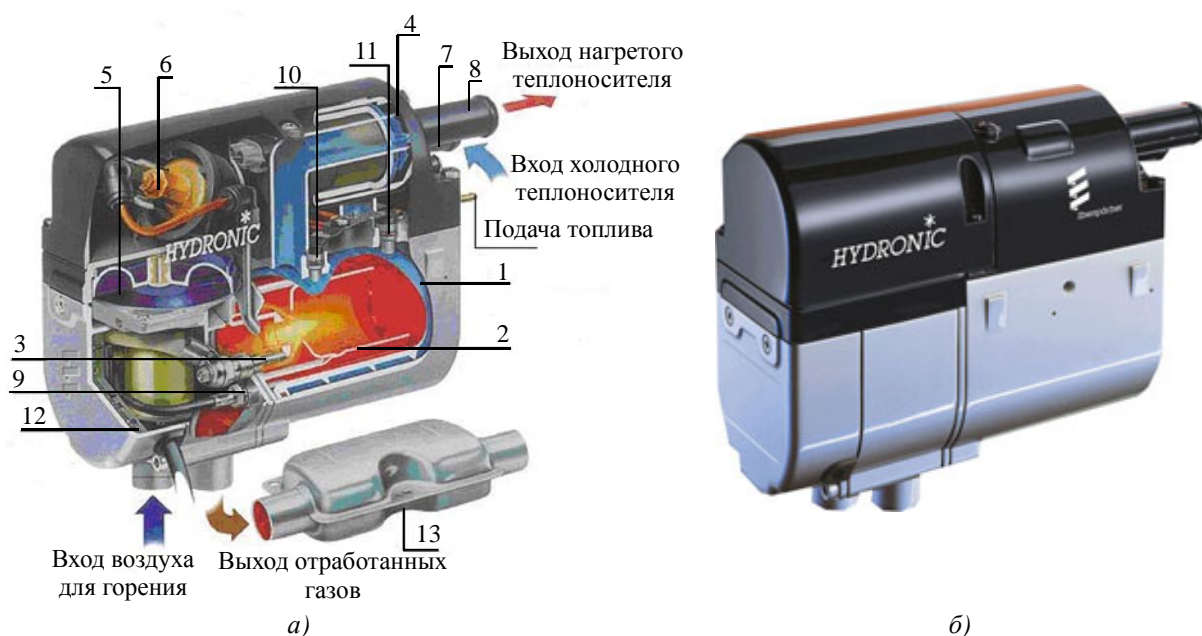


Рис. 1. Схема (а) и внешний вид (б) жидкостного предпускового нагревателя Hydronic:

- 1 – теплообменник; 2 – камера сгорания; 3 – штифт накаливания;
- 4 – жидкостный циркуляционный насос, 5 – вентилятор; 6 – топливный насос;
- 7, 8 – входной и выходной патрубки; 9 – датчик пламени; 10 – датчик температуры;
- 11 – датчик перегрева; 12 – электронный блок; 13 – глушитель [15].

Таким образом жидкостные предпусковые нагреватели обеспечивают не только прогрев двигателя при пониженных температурах, а и обогрев кабин, салонов транспортных средств.

В некоторых случаях применение жидкостных предпусковых нагревателей невозможно (автомобиль с воздушным охлаждением двигателя) или нецелесообразно – например для обогрева салонов автобусов, кают яхт, кабин грузовых автомобилей во время стоянок, автокемпингов. Для таких случаев созданы автономные воздушные отопители салонов (рис. 2).

Как и для жидкостных нагревателей, основными элементами конструкции автономных отопителей является теплообменник 1 и камера сгорания 2. Воздух, нагнетаемый вентилятором 4, смешивается с топливом, подаваемым в камеру сгорания дозирующим насосом 5. Возгорание топливно-воздушной смеси осуществляется керамическим штифтом накаливания 3. Воздушный поток, создаваемый с помощью еще одного вентилятора 6, проходит через внешнюю ребренную часть теплообменника, где сжигается дизельное или бензиновое топливо и нагревается. После этого горячий воздух подается в салон или кабину автомобиля. На

корпусе теплообменника находится индикатор перегрева 7, а датчик температуры воздуха (на рис. 2 не указан), необходимый для контроля теплового режима, расположен в потоке холодного воздуха непосредственно перед теплообменником. Блок управления 8 поддерживает заданную температуру воздуха в салоне, меняя количество оборотов вентиляторов и затраты топлива, которое поступает в камеру сгорания. Выхлопная система обеспечивает выброс продуктов сгорания за границы кабины или салона автомобиля.

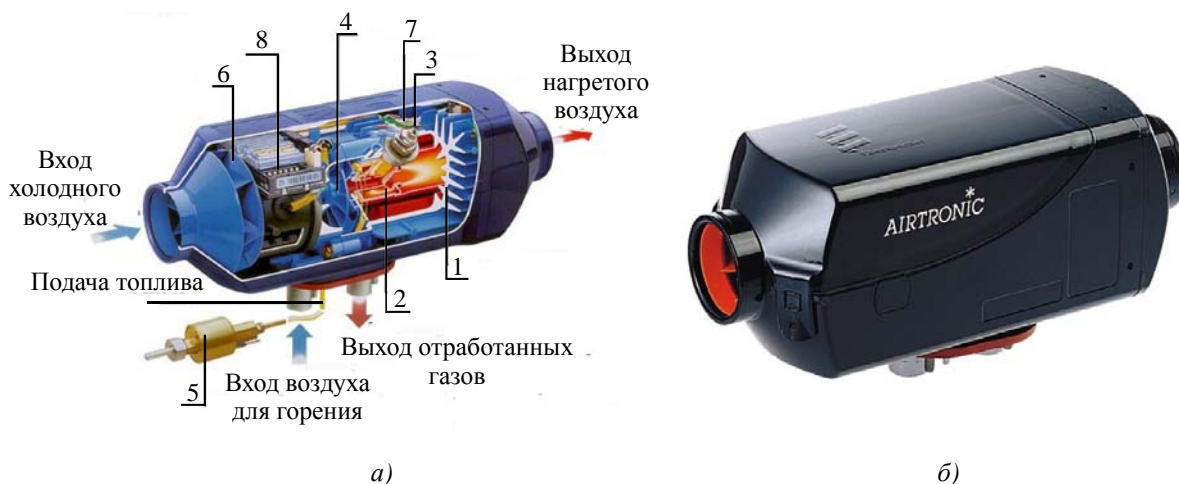


Рис. 2. Схема (а) и внешний вид (б) автономного воздушного отопителя салона Airtronic (Eberspacher) тепловой мощностью 4 кВт:

- 1 – теплообменник; 2 – камера сгорания; 3 – итифт накаливания;
 4 – вентилятор подачи воздуха в камеру сгорания; 5 – топливный дозирующий насос;
 6 – вентилятор подачи холодного воздуха; 7 – датчик перегрева; 8 – электронный блок [15].

Кроме того, данный тип нагревателей можно использовать и летом – для продувки салонов, когда не работает кондиционер.

Альтернативой автономным воздушным отопителем автобусов, микроавтобусов, внедорожников и специальной техники являются неавтономные воздушные нагреватели (рис. 3). Такие приборы состоят из радиатора, который прогревается теплоносителем двигателя, и вентилятора, подающего тепло от нагретого радиатора в салон. При подаче теплоносителя в радиатор обогреватель напрямую, через дефлекторы или воздуховоды, дует горячий воздух в салон. Прокачка теплоносителя осуществляется штатной помпой автомобиля, поэтому нагреватель работает только при включенном двигателе.



Рис. 3. Неавтономный воздушный обогреватель Xerox-4000 (Eberspacher):
 1 – радиатор; 2 – входной и выходной патрубки; 3 – вентилятор [15].

Особенность данного типа приборов заключается в том, что они используются в транспортных средствах с большими внутренними объемами, как приложение к штатной системе отопления.

Преимущества предпускового подогрева двигателя

С технической точки зрения предпусковой прогрев двигателя при пониженных температурах окружающей среды в сравнении с «холодным» стартом обеспечивает [11, 18]:

- запуск двигателя с 1–2 попыток вследствие уменьшения в 2–3 раза времени прокрутки стартера;

- уменьшение вязкости моторного масла и увеличение скорости его прокачки;

- увеличение частоты вращения коленчатого вала;

- снижение затрат топлива на 0.1–0.5 л в расчете на один пуск. Исследования, выполненные в Технологическом институте Осло (Норвегия), показывают, что при использовании предпускового подогрева затраты топлива при запуске уменьшаются на 15–30% для бензиновых двигателей и 8–12% для дизельных. Причем, уже после прохождения расстояния в 3–4 км двигатель полностью прогревается, и затраты топлива практически не зависят от того, был ли проведен предпусковой подогрев. Таким образом, наиболее заметная экономия топлива при подогреве двигателя происходит в процессе самого запуска и при пробеге первых 2–3 км пути. Это дает возможность на протяжении одного зимнего сезона сэкономить 90–150 литров горючего;

- уменьшение затрат моторесурса двигателя. На рис. 4 показаны результаты исследования моторного масла автомобиля после 30 пусков при температуре окружающей среды -20°C с предпусковым подогревом и без него.

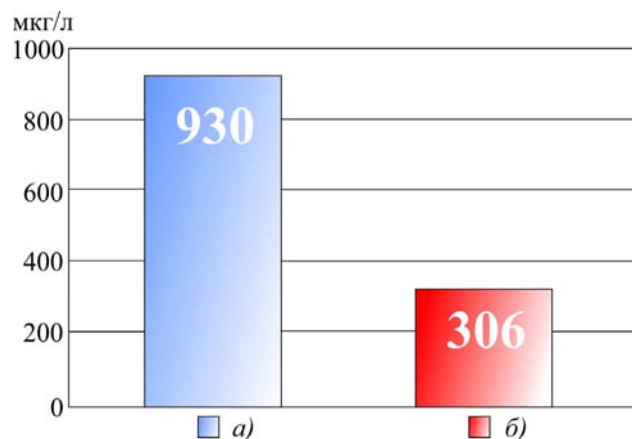


Рис. 4. Содержание количества металла, мкг в 1 л моторного масла автомобиля:
а) без предпускового подогрева; б) с предпусковым подогревом.

Как видно из приведенных данных, содержание металлов в масле автомобиля, для которого использовали предпусковой подогрев, более чем в 3 раза меньше чем для автомобиля, где предварительный подогрев отсутствовал. Это обусловлено тем, что при низких температурах текучесть масла уменьшается, и оно не может эффективно смазывать поверхности деталей, что приводит к их быстрому износу вследствие трения и к сокращению моторесурса двигателя в целом. Предпусковой подогрев двигателя позволяет увеличить срок эксплуатации ДВС и существенно сэкономить его моторесурс. Например, в условиях средней

климатической зоны и Севера, где на протяжении полугода температура не поднимается выше +5 °С, при ежедневном использовании предварительного подогрева экономия моторесурса двигателя составляет 50 – 60 тыс. км;

- снижение уровня выбросов токсичных веществ в окружающую среду с выхлопными газами. На рис. 5, рис. 6 приведены результаты исследований по определению уровня токсичных выбросов с выхлопными газами для автомобиля с предварительно прогретым и холодным двигателем.

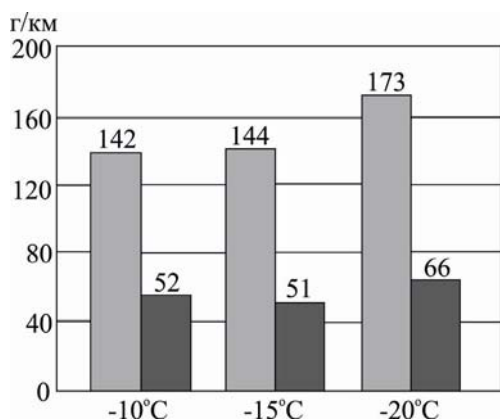


Рис. 5. Уровень монооксида углерода CO в выхлопе автомобиля при холодном и предварительно прогретом двигателе.

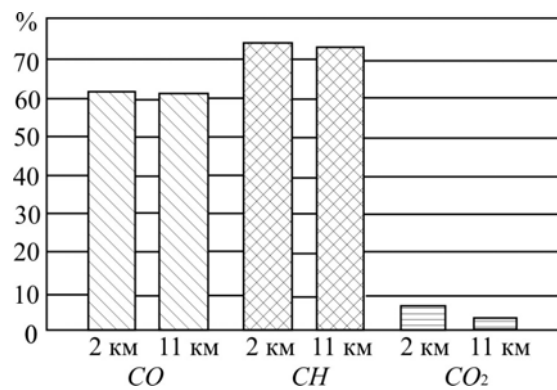


Рис. 6. Относительное уменьшение выбросов в выхлопе автомобиля при предварительно прогретом двигателе.

Из анализа представленных данных следует, что в зависимости от количества холодных пусков в течение года предварительный подогрев двигателя позволяет уменьшить уровень токсичных выбросов автомобиля в первые километры пробега на 60 – 80%. Кроме того при запуске предварительно прогретого двигателя содержание вредных газов в выхлопе уменьшается в 5 раз, что, в свою очередь, позволяет снизить годовое количество выбросов одного автомобиля на 80%. Ниже приведены данные по снижению годовых выбросов при использовании предпускового подогрева двигателя автомобиля при условии его пробега 10000 км за год (таблица 1).

Таблица 1

Понижение годовых выбросов автомобиля при использовании предпускового подогрева

Уровень выбросов	Без предпускового подогрева	С предпусковым подогревом
Окись углерода (CO), кг	63	12.6
Углеводород (CH) + оксиды азота (NO _x), кг	6	1.25
Суммарный выброс, кг	69	13.8

Следует также отметить, что на сегодняшний день нормы выбросов токсичных веществ с выхлопными газами регулируют международные стандарты ЕВРО-4 – для легковых и ЕВРО-5 – для грузовых автомобилей. Согласно этим стандартам кроме суммарной нормы выбросов для прогретого двигателя, частично регламентируется величина выбросов при его пуске.

Еще одно преимущество предпускового подогрева двигателя состоит в повышении безопасности поездки. Психологи отмечают существенное влияние холода на человека.

Действия замерзшего человека замедлены, а внимание ослаблено. Этими факторами объясняется статистика аварий, согласно которой 15% всех ДТП происходит в первые 15 минут поездки. При комфортных условиях, которые обеспечиваются предпусковым подогревом двигателя и салона, такие отрицательные признаки полностью исключаются.

Использование термоэлектрических генераторов для предпускового подогрева двигателя

Несмотря на ряд положительных свойств автомобильные нагреватели, как отмечалось ранее, не используются массово, в частности на легковых автомобилях и микроавтобусах.

Главной причиной этого является необходимость в электрической энергии для питания компонентов предпусковых нагревателей: топливного насоса, вентилятора для подачи воздуха в камеру сгорания, циркуляционного насоса для прокачки жидкого теплоносителя.

Исследования показали, что при работе жидкостного нагревателя тепловой мощностью 4 кВт и потребляемой электрической мощностью 37 – 40 Вт, а со штатным вентилятором системы отопления автомобиля – до 60 Вт, аккумулятор емкостью 60 А·час за 4.5 часа теряет 50% емкости. Следует учесть и тот факт, что в условиях пониженных температур емкость автомобильного аккумулятора дополнительно снижается еще на 15 – 20% [19]. Поэтому жидкостные предпусковые нагреватели рекомендуют использовать не больше 40 минут для автомобилей с двигателем до 3-х литров, и не больше 1 ч для других автомобилей, чего может быть недостаточно для прогрева ДВС до рабочей температуры [20]. При этом работу штатной системы отопления автомобиля следует подготовить так, чтобы ток электродвигателя вентилятора не превышал 2.5 А.

Как показывает практика, в сильные морозы (-10 – -30 °С) проблема прогрева салона становится неактуальной. Значительно острее стоит вопрос о возможности эксплуатации автомобиля в принципе. Существенно повысить температуру салона в таких условиях с помощью предпускового подогрева практически невозможно. Несмотря на то, что воздушные обогреватели хоть и позволяют прогревать в первую очередь салон, на прогрев двигателя емкости АКБ не хватает. Чтобы не допустить «глубокой» разрядки аккумулятора, рекомендуется в сильные морозы не только отключить функцию обогрева салона полностью, но и отказаться от использования дополнительно установленного в автомобиле оборудования (аудио- и видео комплексов, GPS-навигаторов, сигнальных систем). Водителям, которые в течение дня ездят на автомобиле меньше 30 минут (дом-работа-дом) и при этом перед каждым запуском двигателя по 20 – 30 минут работает обогреватель, не избежать еженедельной зарядки аккумулятора.

Следует заметить, что в настоящее время ни одна из известных моделей предпусковых нагревателей не решает проблему разрядки аккумуляторной батареи. Наиболее распространенными способами прогреть холодный двигатель автомобиля без использования энергии аккумулятора является электроподогрев и подогрев с помощью тепловых аккумуляторов. Однако в этом случае водитель постоянно привязан к внешнему источнику энергии.

Обозначенная проблема может быть решена использованием термоэлектрического генератора, работающего от тепла обогревателя и обеспечивающего автономное питание электрической энергией его компонентов [21, 22]. Схема термоэлектрического автомобильного нагревателя приведена на рис. 7.

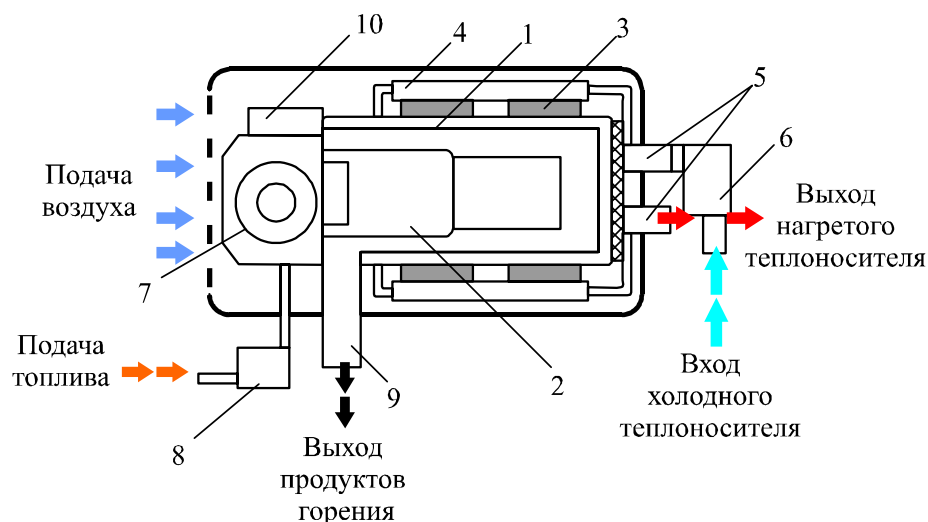


Рис. 7. Схема термоэлектрического автомобильного предпускового обогревателя:

- 1 – горячий радиатор; 2 – источник тепла; 3 – термоэлектрические модули;
 4 – жидкостные холодные теплообменники; 5 – входной и выходной штуцеры;
 6 – жидкостный циркуляционный насос; 7 – вентилятор; 8 – топливный насос;
 9 – выхлопная труба; 10 – электронный блок.

Конструктивно такой термоэлектрический нагреватель состоит из горячего радиатора 1, во внутреннем объеме которого расположен источник тепла 2. На внешней поверхности радиатора находятся термоэлектрические модули 3, тепло от которых отводится жидкостными теплообменниками 4. Жидкостные теплообменники объединены в один гидравлический контур, который штуцерами 5 подключен к системе охлаждения двигателя. Циркуляция жидкого теплоносителя в контуре нагреватель-двигатель осуществляется насосом 6. Кроме того, обогреватель должен содержать вентилятор 7 и топливный насос 8 – для подачи воздуха и топлива в камеру сгорания. Продукты сгорания отводятся в окружающую среду выхлопной трубой 9. Запуск и управление работой нагревателя осуществляется электронным блоком 10.

Нагреватель будет работать следующим образом. Тепловая энергия, полученная вследствие сгорания топлива, нагревает горячий теплообменник, проходит через термоэлектрический преобразователь и отводится жидким теплоносителем, который циркулирует в теплообменнике нагревателя и системе охлаждения двигателя. Вследствие различия температур между горячей и холодной сторонами термопреобразователя генерируется электрический ток. Тепловая энергия, отведенная теплоносителем от термопреобразователя, используется для прогрева двигателя и отопления салона автомобиля.

Кроме предварительного прогрева двигателя и обогрева салонов, кабин транспортных средств при пониженных температурах окружающей среды термоэлектрический обогреватель обеспечит питание электрической энергией:

- собственных компонент: топливного и циркуляционного насосов, вентилятора, электронного блока;
- аккумулятора во время прогрева двигателя;
- штатного вентилятора системы отопления автомобиля;
- сигнальных систем автомобиля;
- автомобильной аудио- и видеоаппаратуры.

Также термоэлектрические предпусковые нагреватели могут найти широкое

практическое применение на автомобилях скорой помощи для поддержки стабильного температурного режима в салоне и питание медицинской техники (кардиографов, дефибриляторов и др.) и в транспортных средствах военного назначения – для дополнительного питания систем связи во время прогрева двигателя.

Итак, благодаря тому, что работа термоэлектрического нагревателя не будет зависеть от наличия аккумулятора или другого внешнего источника электрической энергии, открываются широкие перспективы для использования таких приборов в различных сферах деятельности.

Выводы

Обоснована возможность создания и рациональность использования термоэлектрического генератора для преодоления проблемы разрядки аккумулятора автомобиля во время работы предпусковых нагревателей. С помощью термоэлектричества процесс предпускового подогрева становится полностью автономным, без использования электрической энергии аккумулятора. Кроме того, излишек электроэнергии термогенератора может использоваться для подзарядки аккумулятора и питания другого автомобильного оборудования. Это открывает широкие перспективы термоэлектрическим предпусковым нагревателям в различных сферах деятельности.

Литература

1. Антошків О.В. Засоби полегшеного пуску двигуна під час зимової експлуатації та оцінка можливості їх застосування для автомобілів Peugeot J9 Karsan // Вісн. Держ. ун-ту «Львівська політехніка». – 2000. – №396. – С. 3-7.
2. Якушенко С.О., Будяцький А.М., Кузьмяк Р.Р. Вплив температури палива на техніко-економічні показники двигуна // Інноваційні технології в освіті, науці та виробництві. – 2014. – №5(10). – С. 56-62.
3. Пономарев А.И., Сидоров В.Н., Ванюшин С.Б. Анализ главных качеств предпусковых жидкостных подогревателей // Мат-лы рег. н.-техн. конф. «Научное развитие технологий в приборостроении и развитии инновационной деятельности в вузе». – 2015. – Т.2. – С. 4-7.
4. Матюхин Л.М. Теплотехнические устройства автомобилей: учеб. пособие / Л.М. Матюхин, – М.: МАДИ, 2009. – С.89.
5. Деркач В.Л. Аналіз використання передпускового підігріву для автомобільного транспорту // Міжвуз. збірник «Наукові нотатки». – 2013. – №43. – С. 75-78.
6. Гнатов А.В. Передпусковий підігрівач для бензинового двигуна. Особливості застосування // Вісник НТУ «ХП». – 2015. – №8(1117). – С. 58-63.
7. <http://stroy-technics.ru/article/klassifikatsiya-sredstv-i-sposobov-bezgarazhnogo-khraneniya-avtomobilei>
8. <http://avtoexperts.ru/article/predpuskovoipodogrevatel/>
9. <http://oooksis.ru/Podogrevobzor.htm>
10. http://5koleso.ru/articles/Tehnika/Predpuskovie_podogrevateli_dvigatelya
11. Найман В.С. Все о предпусковых обогревателях и отопителях. – В.С. Найман // Москва: АСТ, 2007. – С. 213.
12. <http://auto.potrebitel.ru/data/11/14/p55podogr.shtml>
13. Сітовський О.П. Дослідження паливної економічності автомобіля при пуску холодного

- двигуна і його прогріві під час руху автомобіля // Міжвуз. збірник «Наукові нотатки». – 2011. – №35. – С. 166-170.
14. <http://www.webasto.com/ua/>
 15. <http://www.eberspaecher.ua>
 16. <http://www.mikuni.co.jp/e/>
 17. <http://www.trumatic.ru>
 18. <http://www.lpg.ru/auto/heating/>
 19. Бубнов Ю.И., Орлов С.Б. Герметичные химические источники тока: Элементы и аккумуляторы. Оборудование для испытаний и эксплуатации. – Справочник. – Санкт-Петербург: ХИМИЗДАТ. – 2005.
 20. <http://autosiga.ru/gidronik/175-akkumulyator-sovmestnaya-rabota-akkumulyatora-i-predpuskovogo-podogrevatelya>
 21. Патент (UA) № 72304. МПК: F01N 5/00; H01L35/00. Автомобільний обігрівач з термоелектричним джерелом живлення / Анатичук Л.І., Михайловський В.Я. – Опубл. 10.08.2012, бюл. № 15, Заявка u2012 02055 від 23.02.2012.
 22. Патент (UA) на винахід № 102303 МПК F01N 5/00 H01L 35/00. Термоелектричне джерело живлення для автомобіля / Анатичук Л.І., Михайловський В.Я. – Опубл. 25.06.2013, бюл. № 12, Заявка u2011 13957 від 28.11.2011.

Поступила в редакцію 17.07.15.