

УДК 629.06

Э.С. АППАЗОВ

Херсонский национальный технический университет

## ПРИМЕНЕНИЕ ПРЕПУСКОВОЙ ТЕПЛОВОЙ ПОДГОТОВКИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

В статье рассмотрены основные проблемы холодного пуска двигателя внутреннего сгорания и способы реализации предпусковой тепловой подготовки. Предложена конструкция предпускового электрического подогревателя, позволяющая минимизировать негативные последствия неподготовленного пуска. В результате проведенных экспериментов показана техническая и экономическая эффективность применения предложенной конструкции.

Ключевые слова: предпусковой подогрев, тепловая подготовка двигателя.

E.S. APPAZOV

Kherson National Technical University, Kherson, Ukraine

## THE APPLICATION OF PRE-HEAT TO IMPROVE THE EFFICIENCY OF INTERNAL COMBUSTION ENGINES

### Abstract

In the article the basic problems of cold start-up of internal combustion engine and the ways of realization of pre-launch heat training. It is shown, that ecological and fuel - economic characteristics of the cold engine adversely affect the operation of the vehicle. Considered are the main design devices preheating combustion engine. Based on the analysis, the design of the glow of the electric heater, low-cost, simplicity of installation, allowing to minimize the negative consequences unprepared start. The experiments determined the characteristics of the engine, the last pre-heating. Shows the reduction in the average fuel consumption in urban operation, reduce emissions, increase the comfort of beginning of the trip in winter. Proven technical and economic efficiency of application of the proposed design.

Keywords: pre-heating, thermal preparation of the engine.

Проблема холодного пуска и эксплуатации непрогретого двигателя внутреннего сгорания (ДВС) сопровождает людей на протяжении всего периода развития конструкции автомобиля. Пуск непрогретого двигателя влечет ряд неудобств и негативных последствий:

- увеличение пускового тока стартера;
- задержка начала движения транспортного средства;
- повышение расхода топлива;
- сокращение ресурса ДВС;
- снижение эффективности работы ДВС и трансмиссии;
- снижение комфорта начала движения в зимний период;
- увеличение содержания вредных веществ в выхлопных газах автомобиля.

Повышенная токсичность двигателя внутреннего сгорания связана с нарушением условий смесеобразования и горения топливоздушная смеси. Снижение уровня вредных выбросов при пуске и прогреве двигателя осложняется низкой температурой двигателя и необходимостью обогащения смеси для поддержания устойчивого воспламенения. Ситуация не меняется при наличии нейтрализатора отработанных газов, поскольку для эффективной работы он также должен иметь рабочую температуру.

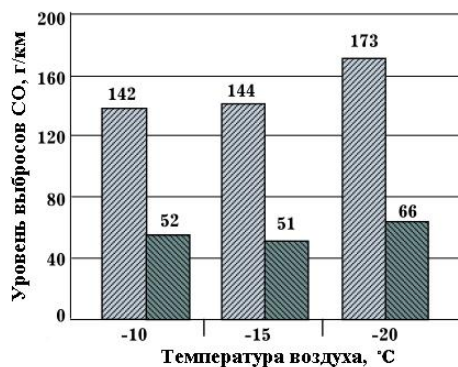


Рис. 1. Влияние предпусковой тепловой подготовки на количество выбросов CO [1]

При недостаточной температуре двигателя возрастают тепловые потери и уменьшается индикаторный КПД двигателя. Часть топлива поступает в цилиндры в виде неиспарившихся капель и не успевает сгореть. Все это приводит к увеличению расхода топлива и ухудшению топливной экономичности автомобиля. При температуре двигателя  $+75^{\circ}\text{C}$  расход топлива увеличивается на 6...7 %, а при  $+65^{\circ}\text{C}$  – почти на 25 % по отношению к расходу топлива при полностью прогревом двигателя ( $+95^{\circ}\text{C}$ ) (рис. 2).

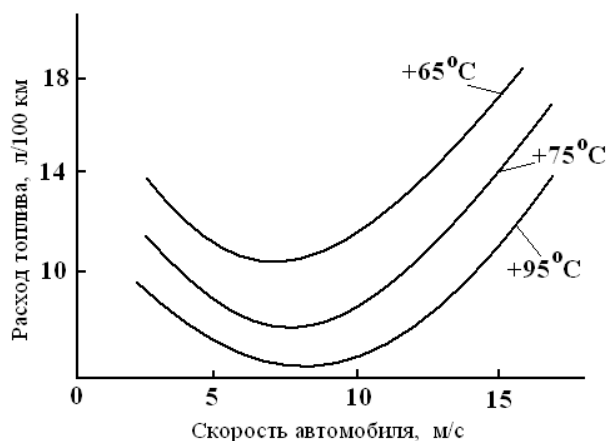


Рис. 2. Зависимость топливно-экономической характеристики автомобиля от рабочей температуры двигателя [2]

Ситуация усугубляется при эксплуатации автомобиля в городских условиях, сопровождаемых частыми пусками – остановками двигателя, малыми интервалами поездок. В ходе эволюции автомобилей данная проблема решалась применением различных технических средств – термостатов, жалюзей радиаторов, утеплением моторных отсеков, применением вискомуфт или электроприводов лопастей вентилятора и т.д. Однако постоянное повышение требований к эксплуатационным характеристикам автомобилей в целом и отдельных узлов в частности вынуждает разрабатывать новые технические решения, позволяющие сократить время прогрева двигателя и деталей трансмиссии до рабочей температуры [3].

Одним из таких решений, позволяющих минимизировать негативные последствия холодного пуска, является предпусковая тепловая подготовка двигателя, реализуемая при помощи предпусковых подогревателей [4].

В зависимости от принципа работы, можно выделить несколько типов подогревателей.

1. Электрические подогреватели 220В. Наиболее простой и распространенный тип подогревателей. Однако может эксплуатироваться при наличии источника питающего напряжения.

2. Электрические подогреватели 12В. Принцип действия аналогичен нагревателям 220В, однако ввиду их автономности (питания от бортовой аккумуляторной батареи) обладают незначительной мощностью (не более 150 Вт). Применяются в основном для нагрева масла.

3. Автономные подогреватели (бензиновые, дизельные). Выполняются в виде отдельного модуля и представляют собой отопитель, в котором тепловая энергия, выделяемая при сгорании топлива, нагревает охлаждающую жидкость или воздух в салоне автомобиля. Отличаются высокой тепловой мощностью (от 2 до 10 кВт), универсальностью, сложностью конструкции, установки, высокой ценой.

4. Тепловые аккумуляторы. Представляют собой устройства для аккумулирования паразитного тепла, выделяемого при работе двигателя в виде нагретой жидкости в контуре охлаждения или тепловой энергии выхлопных газов. Наименее распространенный тип предпусковых подогревателей ввиду сравнительно высокой стоимости, низкой теплоемкости, значительного саморазряда аккумулятора.

Электрические нагреватели, в зависимости от типоразмера и функционального назначения, обладают мощностью от 60 до 3000 Вт. На сегодняшний день существуют устройства нагрева охлаждающей жидкости автомобиля, масляной ванны двигателя, трансмиссии (коробки передач, редукторов), аккумулятора (в виде чехлов), воздушные нагреватели салона автомобиля.

В зависимости от способа монтажа выпускаются в виде трубчатых и пленочных элементов. Трубчатые нагреватели, как правило, встраиваются в блок цилиндров двигателя, в разрез трубопровода охлаждающей жидкости, вместо сливной пробки масляного картера двигателя, смонтированы в собственном корпусе. Пленочные нагреватели наклеиваются на внешнюю поверхность двигателя, коробки переключения передач, редуктора, аккумулятора. Применение пленочных нагревателей приводит к прогреву области контакта, а соседних областей посредством теплопроводности материала детали. Поэтому мощность такого нагревателя выбирается исходя из площади контакта, материала

(удельной теплопроводности) детали и ее толщины. Повышенная мощность приводит к локальному перегреву и местной температурной деформации детали.

В зависимости от условий работы, трубчатые нагреватели могут использовать принцип естественной конвекции (нагретая жидкость или масло перемещается вверх относительно ее холодной части) или комплектоваться насосом принудительной циркуляции охлаждающей жидкости. Правильный выбор мощности нагревателя обеспечивает безопасную и эффективную работу всей системы. Обычно выбирается исходя из рабочего объема двигателя, его массы, объема масла.

Эффективность работы определяется скоростью и равномерностью нагрева двигателя автомобиля. При нагревании жидкости ее циркуляция приводит к последовательному прогреву деталей, имеющих с ней непосредственный контакт. Излишне высокая мощность трубчатого нагревателя приводит к локальному перегреву жидкости в близкой к нагревателю области, и, как следствие, разложению охлаждающей жидкости, приводящему к сокращению срока ее службы. Кроме того, перегрев нагревателя также негативно влияет на его ресурс. Поэтому мощность нагревателя должна быть согласована со скоростью движения жидкости внутри контура. Это влечет необходимость увеличения диаметров подводящих трубопроводов или применения циркуляционного насоса. Одновременно с нагреванием происходит конвективный теплообмен между поверхностью двигателя и окружающей средой, снижающий общий к.п.д. системы, причем скорость конвективного теплообмена повышается при увеличении градиента температур. Поэтому недостаточная мощность нагревателя приводит к тому, что система при определенной температуре двигателя входит в состояние термодинамического равновесия, при котором количество теплоты, подводимое нагревателем, соответствует количеству теплоты, теряемой поверхностью. При этом дальнейшая работа не приводит к увеличению температуры системы, и экономическая эффективность применения таких нагревателей снижается.

Исследования проводились с использованием бензинового двигателя МеМЗ 307 с попарно – параллельной системой впрыска топлива с электронной системой управления Микас 7.6. В качестве нагревателя был выбран трубчатый элемент с установленной мощностью в 1,25 кВт, напряжением питания 220В. Для упрощения монтажа в подкапотном пространстве был выполнен в собственном корпусе диаметром 56 мм и длиной 210 мм. Применение подводящих трубопроводов диаметром 25 мм позволило отказаться от принудительной циркуляции, что значительно снизило себестоимость изготовления и упростило подключение нагревателя. Для минимизации тепловых потерь нагреватель был подключен в разрыв малого контура циркуляции охлаждающей жидкости двигателя. Было проведено несколько серий испытаний при различных температурах окружающей среды. Определялась скорость нагрева охлаждающей жидкости, основных деталей двигателя, потребляемая электрическая мощность, эксплуатационные характеристики автомобиля.

Как и предполагалось, эффективность применения предпускового подогревателя повышалась с уменьшением температуры окружающей среды в связи с увеличением разницы основных эксплуатационных характеристик двигателя.

В результате проведенных испытаний при температуре окружающей среды  $-5^{\circ}\text{C}$  было установлено, что:

- температура наружной поверхности блока цилиндров и головки блока цилиндров изменялась непропорционально времени работы нагревателя (рис. 3.);
- температура масла через 40 мин работы нагревателя увеличилась до  $10^{\circ}\text{C}$ ;
- температура фронтального радиатора двигателя увеличилась до  $10^{\circ}\text{C}$ ;
- пусковой ток стартера при температуре охлаждающей жидкости  $70^{\circ}\text{C}$  снизился на 10 %;
- уменьшилось время прогрева двигателя до рабочей температуры с 8 до 2 мин;
- средний расход в режиме городской езды при температуре воздуха  $-5^{\circ}\text{C}$  сократился в среднем на 9 % за счет экономии топлива во время прогрева и сокращения времени выхода двигателя на номинальный температурный режим.

Неравномерность изменения температуры наружной поверхности деталей двигателя объясняется величиной коэффициента теплопроводности головки блока (АЛ 4) и блока цилиндров (СЧ 18). Расположение подводящих патрубков двигателя вызывает возникновение застойных зон в блоке цилиндров двигателя (без принудительной циркуляции). Кроме того, благодаря конструктивной особенности деталей, головка блока цилиндров расположена сверху и имеет более развитые каналы для прохождения охлаждающей жидкости.

Благодаря выбранному расположению и конструктивной особенности подогревателя температура охлаждающей жидкости в районе подогревателя не поднималась выше  $97^{\circ}\text{C}$ . Были проведены исследования на устойчивость двигателя к перегреву. После 3 часов работы температура наружной поверхности блока цилиндров не превышала  $90^{\circ}\text{C}$ , поскольку после открытия термостата увеличилась скорость конвективного теплообмена с окружающей средой. Одновременно повышалась температура узлов и агрегатов, непосредственно контактирующих с двигателем.

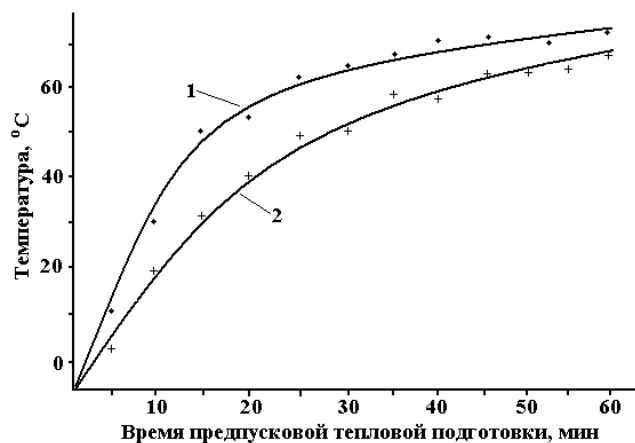


Рис. 3. Зависимость температуры двигателя от времени работы нагревателя:  
1 – головка блока цилиндров; 2 – блок цилиндров

По результатам проведенной работы можно сделать следующие выводы:

- предпусковая тепловая подготовка двигателя позволяет значительно минимизировать негативные последствия холодного старта двигателя и повысить комфорт начала движения;
- целесообразность применения предпусковой тепловой подготовки двигателя возрастает со снижением температуры окружающей среды и уменьшением интервалов поездок;
- оптимальное время прогрева составляет 40-50 мин;
- необходима модернизация конструкции, направленная на повышение мобильности, обеспечение энергонезависимости.

#### Литература

1. [www.calix.se](http://www.calix.se)
2. Автомобили: Теория и конструкция автомобиля и двигателя: Учебник для студ. учреждений сред. проф. образования / [В.К. Вахламов, М.Г. Шатров, А.А. Юрчевский]; Под ред. А.А. Юрчевского. – М.: Издательский центр «Академия», 2003. – 816 с.
3. Вашуркин И.О. Тепловая подготовка и пуск ДВС мобильных транспортных и строительных машин зимой. – СПб.: Наука, 2002. – 145 с.
4. Косенков И.А. Результаты экспериментальных исследований системы предпусковой подготовки двигателей / А.П. Картошкин, И.А. Косенков, Д.С. Агапов // Сб. науч. трудов Международной научно-технической конференции «Улучшение эксплуатационных показателей автомобилей, тракторов и двигателей», СПбГАУ. – СПб, 2010. – С. 302 - 310.

#### References

1. [www.calix.se](http://www.calix.se)
2. Avtomobili: Teorija i konstrukcija avtomobilja i dvigatelja: Uchebnik dlja stud. uchrezhdenij sred. prof. obrazovanija / [V.K. Vahlamov, M.G. Shatrov, A.A. Jurchevskij]; Pod red. A.A. Jurchevskogo. - M.: Izdatel'skij centr «Akademija», 2003. – 816 s.
3. Vashurkin I.O. Teplovaja podgotovka i pusk DVS mobil'nyh transportnyh i stroitel'nyh mashin zimoj. – SPb.: Nauka, 2002. – 145 s.
4. Kosenkov I.A. Rezul'taty jeksperimental'nyh issledovanij sistemy predpuskovoju podgotovki dvigatelej / A.P. Kartoshkin, I.A. Kosenkov, D.S. Agapov // Sb. nauch. trudov Mezhdunarodnoj nauchno-tehnicheskoi konferencii «Uluchshenie jeksplu-atacionnyh pokazatelej avtomobilej, traktorov i dvigatelej», SPbGAU. – SPb, 2010. – S. 302 - 310.