

Иванов И.И., д-р техн. наук, проф., Петров П.П.

**УЛУЧШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ  
ХАРАКТЕРИСТИК ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ, ЗА СЧЕТ  
ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕПЛОТРАБОТАВШИХ ГАЗОВ**

Институт машиностроения, энергетики и транспорта (г. Вологда, РФ)  
ФГБОУ Вологодский государственный технический университет,  
(г. Вологда, РФ)

***Аннотация.** В статье рассматриваются возможности использования тепловой энергии отработавших газов тепловых машин для улучшения их полезных свойств. Оценивается эффективность и расчет тепловой мощности экономайзера тепла отработавших газов, а также задачи, которые необходимо решить при его создании.*

***Ключевые слова:** транспорт, отработавшие газы, теплообмен, прогрев двигателя, отопитель салона, теплообменник.*

Ivanov I.I., Petrov P.P.

**IMPROVEMENT OF OPERATIONAL CHARACTERISTICS OF  
VEHICLES WITH THE HELP OF USING THE HEAT OF EXHAUST  
GASES**

Institute of Mechanical Engineering, Energy and Transport (Vologda, RF)  
Vologda State University, (Vologda, RF)

***Annotation.** The article discusses the possibility of using thermal energy of exhaust gas heat engines to improve their useful properties. Assesses the effectiveness and the calculation of thermal power economizer heat of exhaust gases, as well as problems to be solved when it is created.*

***Keywords:** transport, waste gases, heat, warm the engine, compartment heater, heat exchanger.*

***Введение.** Одним из главных требований, предъявляемых к транспортному, средству является обеспечение комфортных условий движения водителя и пассажиров. К последнему обычно относят благоприятную температуру в салоне в летний и зимний периоды года. Для легковых автомобилей, используемых для поездок на работу или в качестве такси, в регионах с холодным климатом важным также является быстрый прогрев салона и оттаивание стёкол, на что в среднем может уходить 7-20 минут времени. В другом случае, как например, в пассажирских автобусах, тепла выделяемого системой охлаждения двигателя и вовсе не хватает, автозапуск, и тепловые аккумуляторы здесь не помогут.*

Автономные автомобильные отопители обеспечивают надежный пуск двигателя и поступление дополнительного тепла в пассажирский салон. Они незаменимы для прогрева салона во время стоянки. Запотевшие стекла оттаивают, повышается безопасность движения, т.к. нагретое ветровое стекло не запотевает, экономится время, что важно для делового человека. Однако, они имеют немалую стоимость, затраты на установку самого устройства обойдутся более 30 тыс. руб., расход топлива при ежедневном использовании увеличивается на 10-15%. Например, отопление салонов пассажирских автобусов в холодный период года осуществляется с помощью одного

или нескольких автономных отопителей, расход топлива которых регламентируется Методическими рекомендациями "Нормы расхода топлив и смазочных материалов на автомобильном транспорте". В соответствии с нормами дополнительный расход топлива на обогрев салона автобуса Ikarus-280 (с прицепом) составляет 3,5 л/ч, автобуса ЛиАЗ-5256 – 2,5 л/ч. За месяц отопления затраты по нормативу составят 29 и 20 тыс. руб. Можно ли экономить, не замораживая пассажиров?

Вместе с тем, современные экологические требования к выбросу вредных веществ автомобильного транспорта предусматривают снижения расхода топлива и кратковременные отключения двигателя во время остановки, что дополнительно ставит задачу быстрого его прогрева и выхода на рабочий режим после очередного пуска. Вместе с тем существует возможность использования дополнительного тепла, отводимого в систему выпуска отработавших (выпускных) газов. Если обратиться к истории автомобилестроения, то такая идея не нова. На первых легковых автомобилях зачастую использовалась воздушная система охлаждения ДВС, а часть системы выпуска проходила через теплообменник в пассажирском салоне. Аналогичные конструкции применялись и в сельском хозяйстве: одним из вариантов отопления кабины здесь также являлось использование тепла отработавших газов. Что касается современных транспортных средств, то среди производителей наиболее активно над утилизацией тепла работают специалисты немецкого концерна BMW. Также теплообменники в системе выпуска отработавших газов встраиваются и в систему охлаждения гибридных автомобилей Toyota, Lexus, Audi и др. Однако на автобусах и других транспортных средствах, эксплуатируемых в регионах с холодным климатом, где дополнительная тепловая энергия бывает необходимой, подобные устройства не нашли широкого применения.

**Постановка задачи.** Встает закономерный вопрос: «Действительно ли в системе выпуска автомобиля достаточно тепловой энергии для ее утилизации в полезных целях»? Чтобы ответить на него были произведены экспериментальные исследования и сделаны расчеты на примере легкового автомобиля с ДВС объемом 1,6 литров, в котором традиционно часть тепловой энергии сгорания топлива выбрасывается с отработавшими газами в атмосферу.

**Методы решения.** На этапе прогрева двигателя (или во время движения) при среднем часовом расходе топлива  $Q = 3 \text{ л/ч}$  ( $9-10 \text{ л/100км}$ ) количество тепловой энергии, отводимой в систему выпуска в час, составляет:

$$W_{\text{ч}} = Q_{\text{ч}} \times \rho \times H_{\text{У}} \times \eta_{\text{т}} = 3 \times 0,7 \times 43500 \times 0,4 = 36540, \text{ кДж}$$

что эквивалентно тепловой мощности:

$$P = \frac{W_{\text{ч}}}{3600} = \frac{36540}{3600} = 10,15 \text{ кВт}, \quad (1)$$

где  $Q_{\text{ч}}$  – часовой расход топлива, л/ч;  $\rho$  – плотность бензина марки Аи-95;  $H_{\text{У}}$  – удельная теплота сгорания, кДж/кг;  $\eta_{\text{т}}$  – доля энергии, отводимой в систему выпуска в виде тепла.

Отсюда следует, что тепловая мощность отработавших газов, образующихся в процессе сгорания топлива, составляет примерно  $10 \text{ кВт}$ . Тем не менее, это не совсем так, на этапе прогрева ее значительно меньше ввиду того, что детали двигателя и системы выпуска сильно поглощают тепло.

На вышеупомянутом участке системы выпуска произведён замер температуры отработавших газов с интервалом 10 секунд сразу после запуска холодного двигателя,

до момента достижения температуры охлаждающей жидкости  $50^{\circ}\text{C}$ . На графике (рис. 1) показано изменение температуры отработавших газов. За 8 минут работы двигателя на холостом ходу их температура на указанном участке увеличивалась до  $380^{\circ}\text{C}$ .

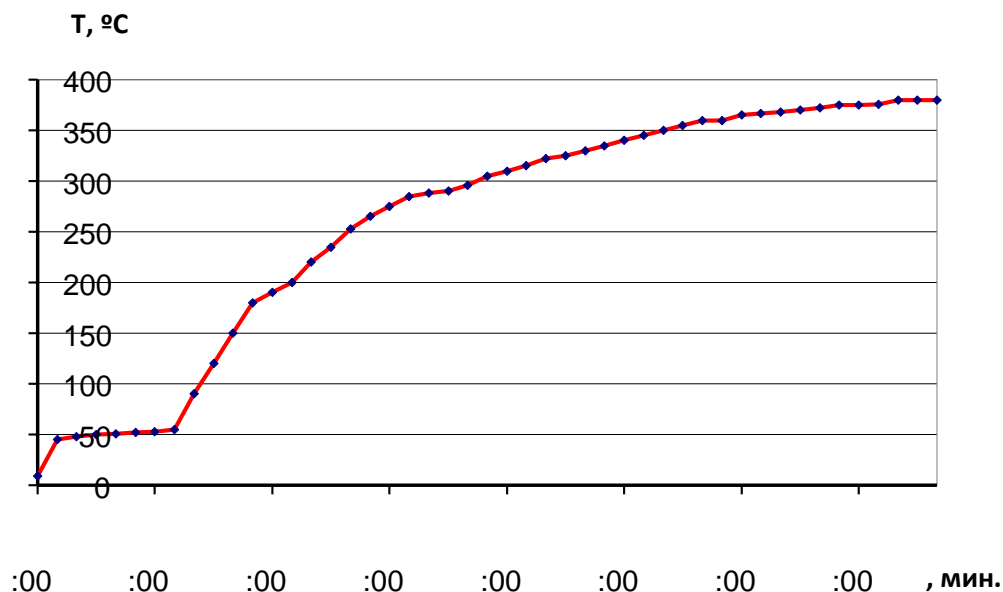


Рисунок 1 — Изменение температуры отработавших газов после запуска ДВС

**Выводы.** Предложенное техническое решение может быть использовано для повышения эффективности работы любых тепловых двигателей, котлов и других устройств, побочным продуктом работы которых является тепловая энергия.

Использование тепла отработавших газов является весьма перспективным направлением исследований, как для ускорения прогрева ДВС, так и для отопления пассажирского салона, однако оно сопряжено с рядом трудностей. В первую очередь, — с необходимостью обеспечения обмена тепла между отработавшими газами и теплоносителем системы охлаждения. Другая проблема — необходимость управления процессом теплообмена, т.к. температура отработавших газов значительно выше температуры кипения жидкого теплоносителя. При реализации подобных устройств особое внимание следует уделить вопросам надежности и соответствию, существующим требованиям безопасности.

#### **Список литературы:**

1. Теплотехника: Учеб. для вузов / Под ред. А.П. Баскакова. — 2-е изд., перераб. — М.: Энергоатомиздат, 1991. — 224 с.
2. Автомобильный справочник: Пер. с англ. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: ЗАО «КЖИ «За рулем», 2004. — 992 с.
3. Раков, В.А. Математическое моделирование рекуператоров тепловой энергии системы охлаждения ДВС / В.А. Раков // Автомобильная промышленность. — 2014. — № 11. — С. 7–9.