

Тышкевич Л.Н., канд. техн. наук, доц.
Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия (СибАДИ)

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ПРОЦЕССА ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ АВТОМОБИЛЕЙ В СУРОВЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

azsibadi@mail.ru

Представленная статья посвящена проблеме, связанная с пуском двигателей внутреннего сгорания в условиях низких отрицательных температур. При эксплуатации автомобилей на территории Российской Федерации эта проблема особенно актуальна, поскольку большая часть территории нашей страны находится в суровых климатических условиях, особенно в зимний период времени.

Ключевые слова: эксплуатация, автомобиль, двигатель внутреннего сгорания, повышение эффективности, эксплуатационные свойства автомобиля.

Введение. Для уверенной эксплуатации автомобилей в суровых климатических условиях необходимо предварительно осуществлять подготовку автотранспортного средства.

Одной из часто возникающих проблем эффективной эксплуатации транспортных средств является бесперебойный пуск двигателя внутреннего сгорания. Как показывает опыт эксплуатации транспортных средств в регионах севера и Сибири, бесперебойный пуск двигателя может существенно повысить эффективность эксплуатации в транспортного средства в целом. Параметрами эффективности пуска двигателя является безотказность пуска, а также продолжительность запуска, не превышающей нормативных показателей, малое значение предельной температуры, небольшой величиной минимальной пусковой частоты вращения коленчатого вала двигателя [1, 2]. Операцией, способной существенно повлиять на облегчение пуска двигателя является дооснащение автомобиля системой предпускового подогрева [3].

Методология. Обеспечение бесперебойного запуска двигателя и исключение самопроизвольной остановки двигателя из-за загустевания дизельного топлива и закупоривания топливных фильтров, выпавшим из топлива парафином и кристаллами льда [4], являются основными проблемами при эксплуатации в условиях низких

отрицательных температур. Для улучшения пусковых и эксплуатационных качеств автомобиля в условиях низких отрицательных температур наиболее эффективен подогрев основных функциональных систем двигателя [5].

Как показал анализ подогревателей, с системой использования внешней энергии, существующие системы предпускового подогрева охлаждающей жидкости и масла, при совместной установке на автомобиль, не предполагают совместного управления процессом нагрева, а это неизбежно приводит к значительному перерасходу электрической энергии [6].

Основная часть. Была разработана математическая модель [7], описывающая процесс нагрева двигателя внутреннего сгорания. Для подтверждения которой, был проведен ряд экспериментов, в ходе которых были получены данные о зависимости температуры охлаждающей жидкости от времени в процессе нагрева с точностью $\pm 0,5$ °C и шагом в 2 секунды, при этом температура окружающей среды считалась неизменной.

Известно, что процесс нагрева имеет экспоненциальную зависимость, важнейшей характеристикой которой является постоянная времени.

Таким образом, обобщенное уравнение экспоненты для нагрева можно выразить:

$$\Theta = \Theta_{\max} \cdot (1 - e^{(-t/\tau)}) + \Theta_{oc} + (\Theta_{нд} - \Theta_{oc}) \cdot e^{(-t/\tau)} \quad (1),$$

где Θ – текущее значение температуры; Θ_{\max} – максимальное значение температуры, при ($\Theta_{oc} = 0$); t – текущее время; τ – постоянная времени; Θ_{oc} – температура окружающей среды, $\Theta_{нд}$ – начальная температура двигателя.

Неизвестными в уравнении являются значения постоянной времени τ и максимальное значение температуры Θ_{\max} или установившейся температурой.

Для определения значений постоянной времени применялся метод корреляционного анализа. Корреляция – статистическая взаимосвязь двух или нескольких случайных величин (либо величин, которые можно с некоторой, до-

пустимой степенью точности считать таковыми). При этом изменения одной или нескольких из этих величин приводят к систематическому изменению другой или других величин. Математической мерой корреляции двух случайных величин служит коэффициент корреляции (ρ), который находится в диапазоне значений от 0 до

1, причём если значение находится ближе к 1, то это означает наличие сильной связи, а если ближе к 0 – слабой.

Коэффициент корреляции кривых 3 и 4 равен 0.62363753, а для кривых 1 и 2 этот коэффициент равен 1.

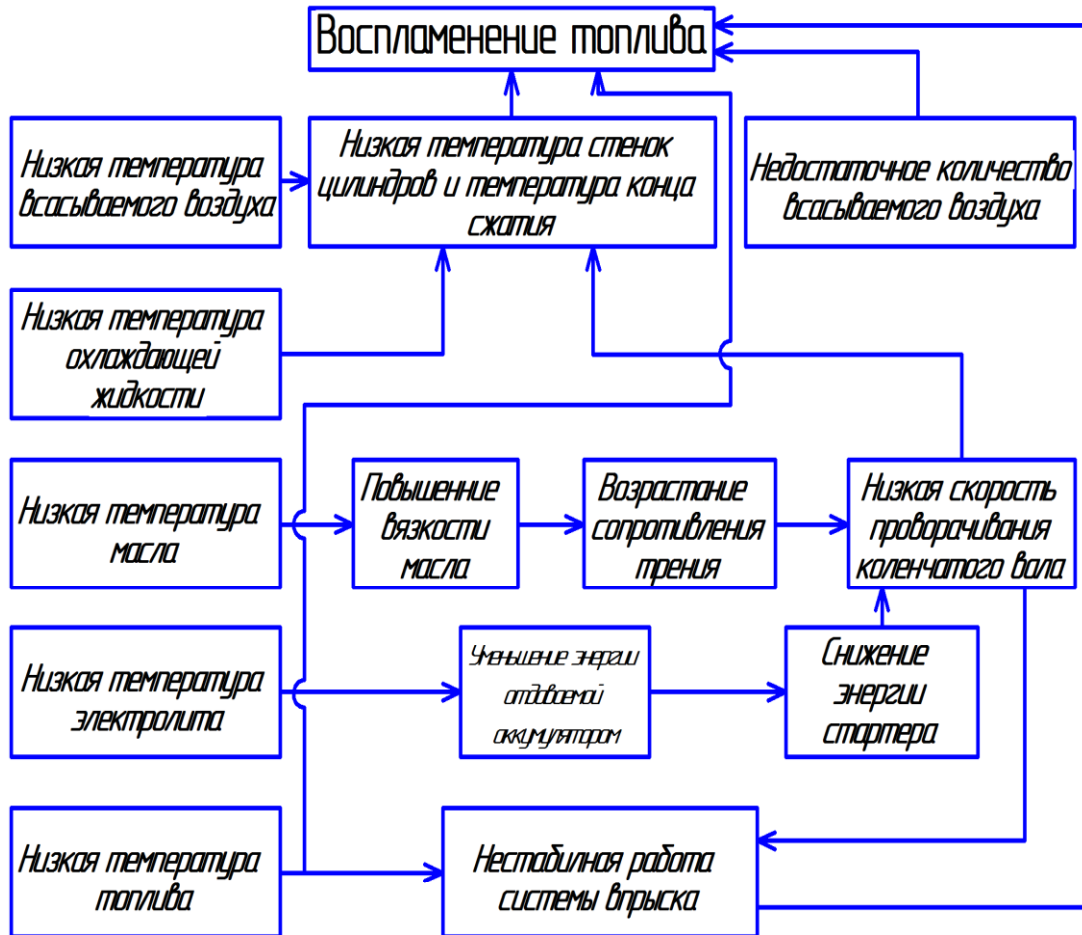


Рис. 1. Схема факторов, влияющих на воспламенение топлива в цилиндре дизеля

На рис. 2 представлена зависимость коэффициента корреляции для кривой нагрева полученной в процессе эксперимента и массива по-

лученного в результате табуляции функции (1) при различных значениях τ .

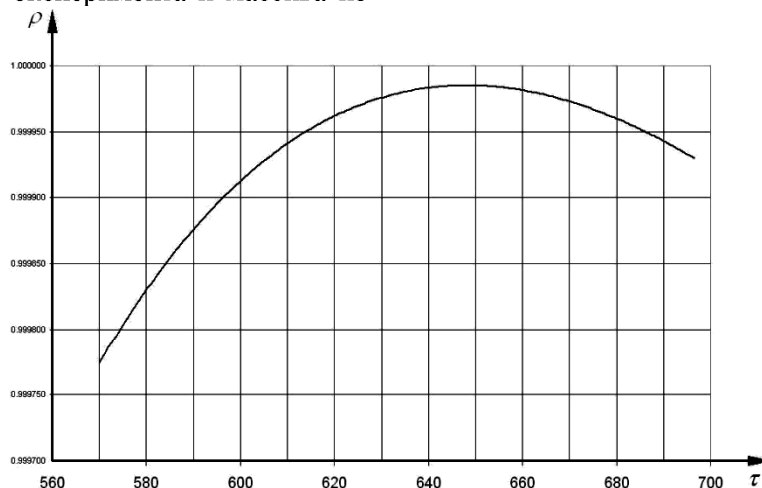


Рис. 2. Зависимость коэффициента корреляции от постоянной времени в процессе нагрева ДВС

Используя методы математического анализа, определено максимальное значение кривой. Полученный результат считаем значением постоянной времени для полученной кривой. Зная

$$\Theta_{\max} = \Theta - \Theta_{oc} - (\Theta_{HD} - \Theta_{oc}) \cdot e^{(-t/\tau)} / (1 - e^{(-t/\tau)}) \quad (2)$$

Таким образом, зная значения τ и Θ_{\max} (при $\Theta_{oc} = 0$) можно отобразить функцию нагрева (1) графически (рис. 3).

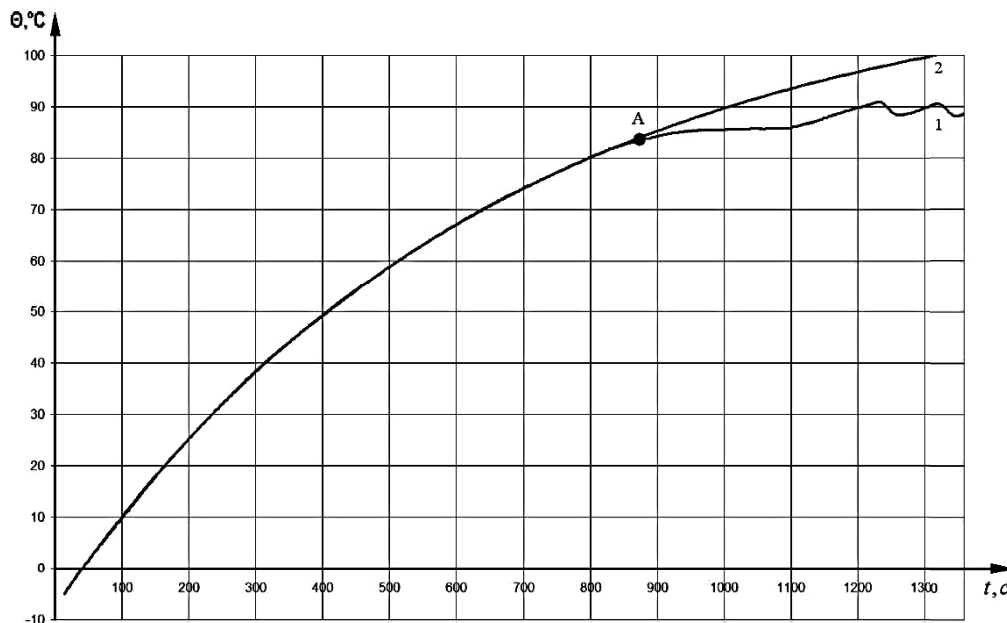


Рис. 3. Расчетная и экспериментальная кривые нагрева ДВС

На графике (рис. 3) в точке А видно расхождение экспериментальной (1) и теоретической (2) кривых нагрева охлаждающей жидкости. Это можно объяснить тем, что вследствие открытия термостата охлаждающая жидкость из малого контура охлаждения смешивается с охлаждающей жидкостью из большого контура охлаждения. Таким образом, получен метод, позволяющий аппроксимировать экспериментальные данные аналитическим выражением.

При выполнении стендовых испытаний и экспериментов на реальном автомобиле, по нагреву охлаждающей жидкости и масла, получены и обработаны зависимости температуры масла и охлаждающей жидкости от времени для нагревательных элементов при различных мощностях. Коэффициент корреляции экспериментальных и теоретических кривых изменяется незначительно, τ было практически одинаковым. Для охлаждающей жидкости кривые выглядят также, хотя значения τ и мощности были иными. Таким образом, τ не зависит от мощности, а Θ_{\max} пропорционально мощности нагревателя.

значение τ , Θ_{\max} можно выразить из функции (1):

Полученные закономерности можно использовать для оптимизации процессов нагрева охлаждающей жидкости и масла. С точки зрения энергетической эффективности наиболее оптимальным можно считать такой предпусковой подогрев, при котором достигается одинаковая температура моторного масла и охлаждающей жидкости.

Выводы. Таким образом, разработанный метод позволяет определить температуру нагрева для заданного времени и наоборот, либо невозможность выполнения поставленной задачи. В качестве средства практической реализации на автомобиле можно предложить микроконтроллер, реализующий управление мощности нагрева.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Семенов Н.В. Эксплуатация автомобилей в условиях низких температур. / Сост.: Н.В. Семенов; Под ред. С.И. Белоцерковской. М.: Транспорт, 1993. 190 с.
2. Робустов В.В. Системный анализ факторов влияния на успех пуска ДВС в условиях

низких отрицательных температур // Омский научный вестник. 2006. №3 С. 100–104.

3. Вашуркин И.О. Тепловая подготовка и пуск ДВС мобильных транспортных и строительных машин зимой. С-Петербург, «Наука», 2002. 145 с.

4. Васильева Л.С. Автомобильные и эксплуатационные материалы. Учебник для ВУЗов. М. : Транспорт, 1986. 279 с. Библиогр.: с. 273. Предм. указ.: С. 274-277

5. Квайт С.М., Менделевич Я.А., Чижков Ю.П. Пусковые качества и системы пуска тракторных двигателей. М.: Машиностроение, 1990. 256 с.

6. Акимов С.В., Чижков Ю.П. Электрооборудование автомобилей. Учебник для ВУЗов. М.: ЗАО «КЖИ «За рулем», 2004. 384 с.

7. Патент РФ №: 2013101433, 10.11.2013. Киселева Л.Н., Журавский Б.В., Жигadlo А.П. Автоматизированная система предпусковой тепловой подготовки двигателя внутреннего сгорания // Патент № 134248. 2013 Бюл. № 27

8. Робустов В.В. Анализ методов повышения работоспособности топливных систем дизелей в зимних условиях. «Значение технических регламентов в решении проблем создания и эксплуатации автомобилей в условиях Сибири и Крайнего Севера». Материалы внеочередной конференции-семинара Ассоциации автомобильных инженеров. Омск: Полиграфический центр КАН, 2005. С. 13–16

Tyshkevich L.N.

MATHEMATICAL DESCRIPTION OF THERMAL PROCESSES THE MOTOR WHEN DRIVING IN SEVERE CLIMATIC CONDITIONS

Presented article deals with the problem associated with the start-up of internal combustion engines at low negative temperatures. When operating the vehicle on the territory of the Russian Federation, this problem is particularly relevant, since most of the territory of our country is in severe climatic conditions, especially in winter.

Key words: *operation of the car, an internal combustion engine efficiency, performance properties of the vehicle.*

Тышкевич Лариса Николаевна, кандидат технических наук, доцент кафедры «Эксплуатация и ремонт автомобилей».

Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия (СибАДИ).

Адрес: Россия, 644080, г. Омск, проспект Мира, д. 5.

E-mail: azsibadi@mail.ru