

ТЕМПЕРАТУРНЫЕ ПОЛЯ ПОДКАПОТНОГО ПРОСТРАНСТВА АВТОМОБИЛЯ

В статье представлены результаты исследования температурных полей подкапотного пространства легкового автомобиля ВАЗ - 2112. Установлены закономерности изменения температур элементов подкапотного пространства автомобиля при его движении и стационарном состоянии. Результат исследования направлен на оптимизацию температурных условий работы элементов подкапотного пространства.

Ключевые слова: температурные поля, подкапотное пространство, датчик, температурные условия.

Подкапотное пространство автомобиля – сложная система, в которой расположены и функционируют различные подсистемы автомобиля и их составляющие: двигатель, коробка перемены передач, тормозная система, система освещения и т.д. Все эти подсистемы автомобиля расположены в подкапотном пространстве и работают в определенных температурных условиях.

В подкапотном пространстве основным источником тепла является двигатель внутреннего сгорания, при чем тепло выделяется как самим двигателем, так и его системами, в особенности системой охлаждения. Если учесть тот факт, что теплота выделяется несколькими «источниками», которые неравномерно распределены по объему подкапотного пространства, то можно предположить, что в различных областях подкапотного пространства температура будет различна.

У современных двигателей внутреннего сгорания диапазон установившегося температурного режима достаточно велик и составляет от 20 до 30 °С. В окружающую среду выделяется достаточно большое количество тепла, часть из которого тратится на нагрев элементов подкапотного пространства, а часть уносится протекающими в подкапотном пространстве потоками воздуха. Потоки воздуха создают дополнительное аэродинамическое сопротивление [2] и понижают температурный режим работы двигателя, что в отдельных случаях может негативно сказаться на его эксплуатационных характеристиках [5].

Большая часть элементов подкапотного пространства должна работать в определенном диапазоне температур, например, двигатель внутреннего сгорания автомобиля ВАЗ - 2112 при полной нагрузке и со скоростью движения автомобиля 80 км/ч должен работать в диапазоне температур охлаждающей жидкости 92...95

°С. При этой температуре достигаются оптимальные топливно-экономические и тягово-скоростные характеристики двигателя, скорость изнашивания стабилизируется.

Для поддержания температуры двигателя в определенных пределах в системах охлаждения предусматривается термостат, но при определенных условиях эксплуатации его недостаточно: при движении автомобиля при низких температурах окружающей среды и с малой нагрузкой температура двигателя может выходить за пределы установившегося режима.

Для того, чтобы выяснить реальные температурные условия работы подкапотного пространства было проведено ряд экспериментальных исследований в двух режимах: для неподвижного автомобиля и для движущегося автомобиля на различных скоростях. Для этого весь объем подкапотного пространства разделили секущими плоскостями и получили (рисунок 1):

- 8 продольных вертикальных плоскостей (А1...А8);
- 7 поперечных вертикальных плоскостей (В1...В7);
- 5 горизонтальных плоскостей (Г1...Г5).

Поочередно в местах пересечения трех видов секущих плоскостей устанавливали датчики температуры – термопары [2] ДТПЛ011-0,5/5. Данный вид датчиков был выбран не случайно, так как они имеют достаточно низкие значения показателя тепловой инерции – до 3 секунд. Датчики подключали к устройству контроля температуры УКТ38-Щ4.ТП, которое позволяло одновременно снимать показания с 8 каналов. Предел допустимой основной погрешности измерения входного параметра устройством (без учета погрешности датчика) составляет $\pm 0,5\%$.

Устройство контроля температуры подключали к компьютеру, который фиксировал сигналы датчиков. Сигналы датчиков регистрировались с интервалом в 5 секунд, что обусловлено показателем тепловой инерции датчиков и продолжительность цикла опроса 8-ми датчиков.

Для проведения исследования температурных полей стационарного автомобиля его устанавливали в лабораторию, датчики монтировались в описанные выше места, запускался двигатель, и прогревался до рабочей температуры и выше. Начальная температура двигателя составляла около 20 °С. Результаты фиксировались в течение 45 минут. За это время двигатель успевал нагреться, и несколько раз включался вентилятор системы охлаждения. Испытания проводили 28 раз для различных положений датчиков.

Исследование температурных полей при движении проводилось в аналогичной последовательности, только при движении автомобиля по дороге с минимальными уклонами и практически при полном штиле. Прежде чем

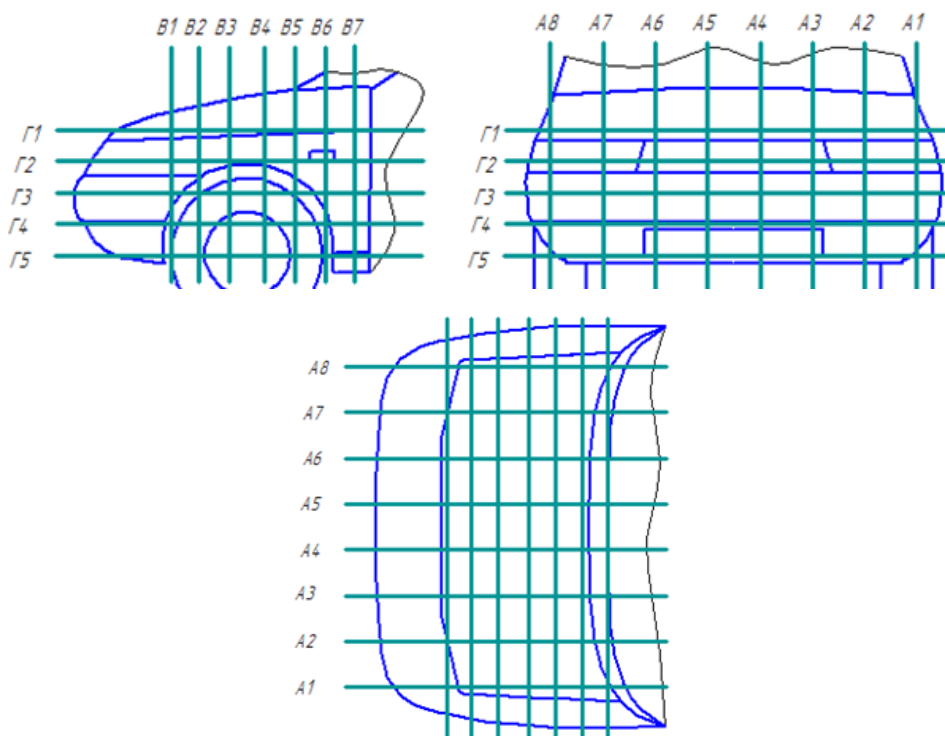
начать движения двигатель автомобиля был прогрет до рабочей температуры. Замеры проводились с шагом скоростей в 20 км/ч на скоростях 20, 40, 60, 80 и 100 км/ч. На каждой скорости запись температур продолжалась приблизительно 120 секунд. Испытания проводили также 28 раз для различных положений датчиков.

По результатам испытаний были построены графики изменения температуры различных областей подкапотного пространства в зависимости от времени и скорости, которые имеют вид, представленный на рисунках 2 и 3.

Подробнее остановимся на рассмотрении особенностей зависимостей полученных при различных режимах испытаний.

Зависимость, представленная на рисунке 2, характерна практически для всех мест установки датчиков при неподвижном автомобиле. Отличия в основном наблюдались в величине колебания температуры ДТ. Кривые зависимостей состоят из:

– плавно изменяющихся кривых (AB_1) до определенного момента времени t_1 – момент времени, когда охлаждающая жидкость двига-



A1...A8 – продольные вертикальные плоскости
B1...B7 – поперечные вертикальные плоскости
Г1...Г5 – горизонтальные плоскости

Рисунок 1. Схема разбиения объема подкапотного пространства секущими плоскостями

теля достигает «предельной» температуры $(99 \pm 2)^\circ\text{C}$ и происходит включение вентилятора системы охлаждения;

- резких скачков температуры ДТ (кривая B_1C_1) до момента времени t_2 – времени отключения вентилятора системы охлаждения (температура охлаждающей жидкости двигателя $(94 \pm 2)^\circ\text{C}$);

- падения температуры по кривой C_1B_2 .

Как видно из графика, с момента времени t_1 происходит повышение температуры подкапотного пространства, при этом одновременно понижается температура двигателя. И, наоборот: с момента времени t_2 происходит снижение температуры воздуха в подкапотном пространстве и одновременно двигатель набирает тепло.

Повышение температуры (кривая B_1C_1) происходит из-за того что в подкапотное пространство вентилятор системы охлаждения подает «новые» порции воздуха, который, проходя сквозь радиатор охлаждения нагревается и повышает температуру в различных областях подкапотного пространства. Скачки температуры доходят до 30°C .

При дальнейшей работе двигателя колебания температуры продолжают (вентилятор включается и отключается), при этом величина скачка температуры уменьшается, так как температура элементов подкапотного пространства и окружающего их воздуха возрастает.

Полученные данные по изменению температур были занесены в программу Microsoft Excel и обрабатывались с помощью пакета анализа. При проведении обработки кривая AB_1 не рассматривалась. Было установлено, что данной зависимости более всего удовлетворяет степенная функция, которая имеет вид:

$$T = a \cdot t^b,$$

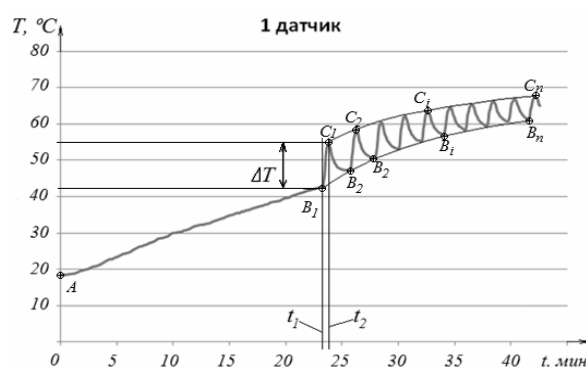
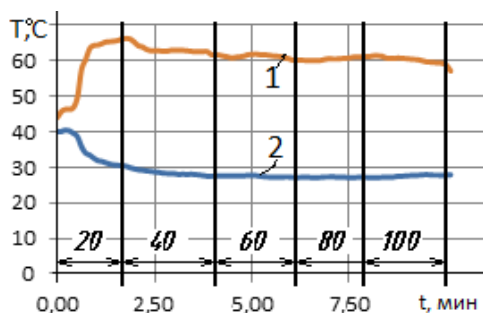


Рисунок 2. Пример графика зависимости изменения температуры от времени при неподвижном автомобиле

где T – температура воздуха в подкапотном пространстве, $^\circ\text{C}$;

a, b – коэффициенты;

t – время, мин.

Так для графика на рисунке 2 было установлено, что вероятность зависимости температуры воздуха T в подкапотном пространстве от времени прогрева t составляет более 86 %, при этом вес фактора времени составляет порядка 74 % (остальные 26% приходятся на другие факторы).

Коэффициенты a и b могут быть как постоянными, так и характеризовать начальные условия (температуру окружающей среды, температуры охлаждающей жидкости и т.д.). Значения коэффициентов для выше рассмотренной степенной зависимости для рисунка 3 составляют $a=10,73$ и $b=0,485$.

Выше были рассмотрены показания только одного датчика (рисунок 2), который располагался в месте пересечения плоскостей $A1, \Gamma 1$ и $B1$ (рисунок 1). Отличительными особенностями остальных графиков являются амплитуды колебаний, величины температур, зависимости температуры воздуха от времени до первого включения вентилятора (рисунок 4) и т.д.

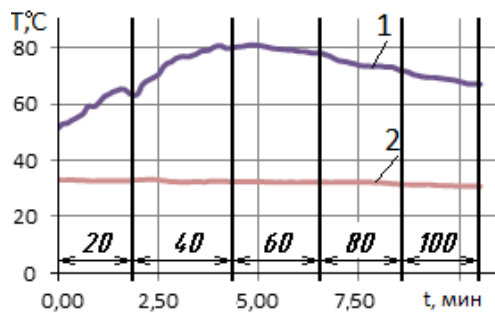


Рисунок 3. Пример графиков зависимости изменения температуры от времени и скорости движения автомобиля

При анализе зависимостей, полученных при движении автомобиля можно выделить несколько групп:

– I группа: вначале происходит резкое увеличение температуры (на скорости 20 км/ч), а затем плавное ее снижение, причем при повышении скорости на каждые 20 км/ч происходит небольшой перегиб графика (график 1 на рисунке 3, а);

– II группа: вначале происходит резкое снижение температуры (на скорости 20 км/ч), а затем скорость уменьшения температуры снижается плавно (график 2 на рисунке 3, а);

– III группа: до определенной скорости происходит постепенное возрастание температуры, а затем так же постепенно она падает (график 1 на рисунке 3, б);

– IV группа: на всем протяжении при увеличении скорости движения происходит снижение температуры (график 2 на рисунке 3, б).

Форма зависимости определяется в основном наличием различного рода препятствий на пути движения воздушного потока. Так, например, если поток встречает радиатор системы охлаждения и термостат открыт частично или полностью, то вначале будет наблюдаться относительно небольшой рост температуры, а затем ее падение.

Приведенные зависимости являются характерными и в той или иной степени к ним можно отнести и все остальные. Проведя анализ всех зависимостей, можно сделать следующий вывод: чем выше скорость движения автомобиля, тем температура в различных областях подкапотного пространства приближается к температуре окружающей среды. Конечно, если учесть летний период, когда температура окружающей сре-

ды высока и элементы подкапотного пространства прогреваются до еще большей температуры, такое «продувание» подкапотного пространства, в результате которого понижается температуры, будет полезным, но в зимних условиях, отрицательная температура негативно скажется на работе отдельных агрегатов и элементов, например на аккумуляторной батарее.

Сопоставляя полученные зависимости в двух режимах исследования можно сказать, что практически ни одна «свободная» точка подкапотного пространства не сохраняет свою температуру постоянной даже в рамках одного режима исследования. В реальных условиях будет наблюдаться «смесь» описанных выше зависимостей. Так в городском цикле движения, которому характерные частые остановки на перекрестках, сменяющиеся движением с относительно малыми скоростями будут больше соответствовать зависимости эксперимента при неподвижном автомобиле, а при движении по трассе – второго.

Достаточно большое количество элементов подкапотного пространства выполнены из резинотехнических или полимерных материалов, для которых решающую роль на ресурс оказывают процессы старения. Главными факторами старения являются время и температура. Поэтому перепады температуры могут привести к снижению ресурса данных изделий. Конечно, колебания температур воздуха не могут привести к таким же колебаниям температур различных элементов подкапотного пространства по всему их объему, но поверхностный слой испытывает эти перепады в полной мере.

Так же воздух будет оказывать негативное влияние и на двигатель: воздух, подогретый

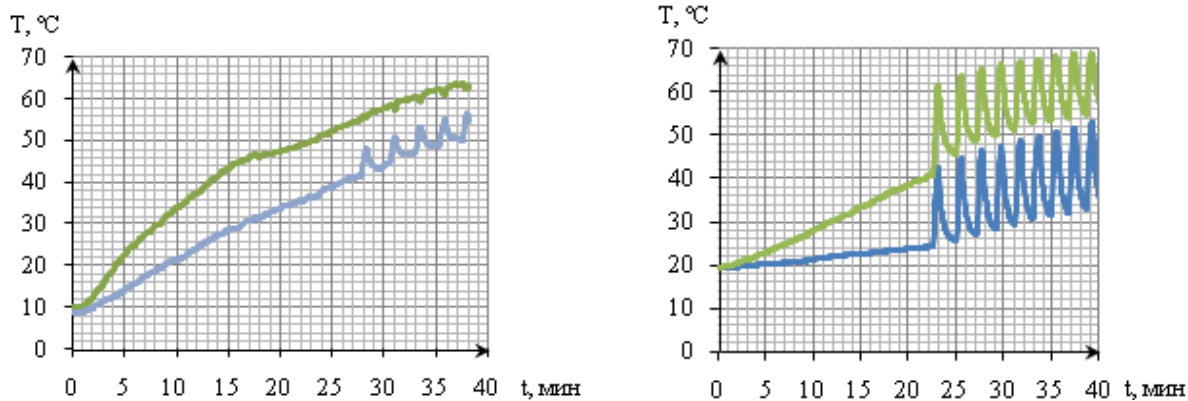


Рисунок 4. Примеры различных экспериментальных зависимостей

радиатором, обдувает двигатель и его элементы, при этом температура поверхности двигателя (поверхностного слоя), которая находится ближе к радиатору, понижается, а с противоположной стороны двигатель подогревается от выпускного коллектора, температура которого выходит за пределы рабочей температуры двигателя. В результате разницы температур в материале деталей двигателя могут возникать напряжения, которые, накапливаясь, негативно скажутся на их работе.

На основании результатов экспериментального исследования можно сделать следующие выводы:

1) температурные поля в каждой точке подкапотного пространства, свободной от деталей, не постоянны и меняются во времени;

2) с уменьшением скорости движения температура во всех точках подкапотного пространства увеличивается;

3) с увеличением скорости температура в каждой точке подкапотного пространства стремиться принять значение близкое к температуре окружающей среды, поэтому при отрицательных температурах может происходить переохлаждение двигателя внутреннего сгорания;

4) при повышенных температурах окружающей среды и двигателя кратковременные колебания температуры доходят до 30 °C (из-за включения вентилятора системы охлаждения двигателя).

5) необходимо предусмотреть возможность регулирования температуры в подкапотном пространстве во время эксплуатации автомобиля в зависимости от времени года, климатических условий и режима эксплуатации, т.е. обеспечить такое прохождение воздуха через подкапотное пространство, которое стабилизирует температурные условия работы его элементов и при этом создаст минимальные сопротивления потоку.

28.09.2011

Список литературы:

1. Бахмат, Г.В. Коэффициент приспособленности автомобиля к зимним условиям эксплуатации / Г.В. Бахмат, В.А. Тюлькин // Известия ВУЗов. Нефть и газ, 1999. Вып. 3. – С.92-101.
2. Аэродинамика автомобиля / Под ред. В.-Г. Гухо; Пер. с нем. Н.А. Юниковой; Под ред. С.П. Загородникова. - М.: Машиностроение, 1987. - 424 с: ил.
3. Берк, К. Анализ данных с помощью Microsoft Excel.: Пер. с англ. / К. Берк, П. Кэйри. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2005. – 560 с.: ил. - ISBN 5-8459-0712-8
4. Конвективный тепло- и массоперенос: Пер. с нем / В. Каст, О. Кришер, Г. Райние, К. Винтермантель. – М.: Энергия, 1980. – 49 с.
5. Эртман, С.А. Приспособленность автомобилей к зимним условиям эксплуатации по температурному режиму двигателей: дис. ... канд. техн. наук : 05.22.10 / С.А. Эртман. - Тюмень, 2004. - 180 с.
6. Хмельницкий, Э.Е. Проблемы подачи охлаждающего двигателя воздуха и аэродинамика автомобиля / Э.Е. Хмельницкий // Автомобильная промышленность, 1984. Вып. 4. – С.11-12.
7. Михайловский, Е. В. Аэродинамика автомобиля / Е. В. Михайловский. - М.: «Машиностроение», 1973. - 224 с.

Сведения об авторе:

Трунов Владислав Владимирович, старший преподаватель кафедры технической эксплуатации и ремонта автомобилей факультета промышленности и транспорта
Бузулукского гуманитарно-технологического института (филиала ОГУ)

461047, Оренбургская область, г. Бузулук, ул. Локомотивная 9, тел. (35342) 5-94-63; 8-922-888-40-22

UDC 629.13

Trunov V.V.

TEMPERATURE FIELDS OF UNDERCOWLING SPACE OF MOTOR CAR

The article is informed about analysis of research results of temperature fields of undercowling space of VAZ 2112 motor car produced domestically. The research was performed by two stages: on a stationary car and when driving it. To fix temperatures modern equipment was used that can give more accurate results.

Key words: temperature fields, motor car, transducer, temperature conditions, car resource.

Bibliography:

1. Bahmat G.V. Koeffitsient of fitness of the car to winter service conditions / G.V.Bahmat, V.A.Tyulkin//News of HIGH SCHOOLS. Oil and gas, 1999. Bull. 3. – p.92-101.
2. Aerodynamics of the car / Under the editorship of Century - Guho; the Lane with it. N.A.Junikovoj; Under the editorship of S.P.Zagorodnikova. - M: Mechanical engineering, 1987. - 424 p.
3. Berk K.Analiz of the data by means of Microsoft Excel.: the Lane with English / K.Berk, P.Kejri. – M: the publishing house «Williams», 2005. – 560 p. - ISBN 5-8459-0712-8
4. Convective warmly: the Lane with it / V.Kast, O.Krisher, G.Rajnie, K.Vintermantel. – M: Energy, 1980. – 49 p.
5. Ertman S.A. Fitness of cars to winter service conditions on a temperature mode of engines: Cand.Tech.Sci.: 05.22.10 / S.A.Ertman. - Tyumen, 2004. - 180 p.
6. Khmel'nitskiy E.E. Problem of giving of air cooling the engine and aerodynamics of the car / E.E.Khmel'nitskiy // Motor industry, 1984. Bull. 4. – p.11-12.
7. Mihajlovsky E.V. Aerodynamics of the car / E.V. Mihajlovsky. - M: «mechanical engineering», 1973. - 224 p.