

УДК 629.331

**СРАВНЕНИЕ ДИНАМИКИ РАЗГОНА АВТОМОБИЛЯ,
РАБОТАВШЕГО НА РАЗНЫХ ВИДАХ ТОПЛИВА.
ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА УСТАНОВКИ ГАЗОБАЛЛОННОГО
ОБОРУДОВАНИЯ НА АВТОТРАНСПОРТНОЕ СРЕДСТВО**

Коленько Наталья Вячеславовна, студент,
МАДИ, Россия, 125319, Москва, Ленинградский пр., 64, madireg@yandex.ru,

Меркулов Николай Игоревич студент,
МАДИ, Россия, 125319, Москва, Ленинградский пр., 64, madireg@yandex.ru,

Прохожев Михаил Владимирович студент,
МАДИ, Россия, 125319, Москва, Ленинградский пр., 64, madireg@yandex.ru

Шадрин Сергей Сергеевич, д-р техн. наук., проф.,
МАДИ, Россия, 125319, Москва, Ленинградский пр., 64, shadrin@madi.ru

Аннотация. В статье рассматривается методика определения показателя тягово-скоростных свойств автомобиля - время разгона до заданной скорости, а именно разгон от 0 до 100 км/ч при использовании в качестве топлива бензина марки АИ-95 и пропан-бутановой смеси. Предлагается графический анализ полученных результатов. Предложен расчет экономической эффективности установки газобаллонного оборудования на автотранспортное средство.

Ключевые слова: Транспортное средство; тяговая динамика; экономическая оценка; затраты.

**COMPARISON OF DYNAMICS OF ACCELERATION OF THE CAR
WORKING ON DIFFERENT TYPES OF FUEL. ECONOMIC
ASSESSMENT OF INSTALLATION OF GAS CYLINDER EQUIPMENT
ON THE VEHICLE**

Kolenko Natalia V., student,
MADI, 64, Leningradsky Prosp., Moscow, 125319, Russia, madireg@yandex.ru

Merkulov Nikolai I., student,
MADI, 64, Leningradsky Prosp., Moscow, 125319, Russia, madireg@yandex.ru

Prokhozhev Mikhail V. student,
MADI, 64, Leningradsky Prosp., Moscow, 125319, Russia, madireg@yandex.ru

Shadrin Sergey S., Dr. Sc., professor,
MADI, 64, Leningradsky Prosp., Moscow, 125319, Russia, shadrin@madi.ru

Abstract. The article deals with the method of determining the indicator of traction-speed properties of the car-acceleration time to a given speed, namely acceleration from 0 to

100 km/h when using as fuel gasoline AI-95 and propane-butane mixture. A graphical analysis of the results is proposed. Calculation of economic efficiency of installation of the gas-cylinder equipment on the motor vehicle is offered.

Keywords: vehicle; traction dynamics; economic assessment; costs

Введение

Работа посвящена исследованию метода определения показателя тягово-скоростных свойств (разгон автомобиля от 0 до 100 км/ч) при использовании в качестве топлива бензина марки АИ-95 и пропан-бутановой смеси [1]. Решение этой проблемы – компьютерный расчет с применением измерительного оборудования, который позволяет графически проанализировать и сравнить выбранный показатель в заданных условиях заезда. Цель данной работы: определить показатели тяговой динамики автомобиля при разгоне от 0 до 100 км/ч при использовании в качестве топлива бензина марки АИ-95 и пропан-бутановой смеси.

Для достижения поставленной цели сформулируем следующие задачи:

- 1) построение графика функции $V(t)$, построение непрерывной функции;
- 2) построение графиков фактически записанных проекций ускорения в функции пути;
- 3) определение углов поворота координатных осей смартфона для их совмещения с осями, параллельными главным осям автомобиля;
- 4) построение траектории движения в maps.google.ru;
- 5) расчет по географическим данным пройденного пути;
- 6) определение времени разгона до 100 км/ч, пройденный при разгоне путь.

Подготовка и проведение эксперимента

Задание: Разгон автомобиля с места до 100 км/ч при различных видах топлива.

Используемое оборудование: телефон Samsung Galaxy A7

Программа записи данных с датчиков смартфона – AndroSensor

Объекты испытаний: транспортное средство категории M1 –Toyota Camry, 2006 года выпуска, технические характеристики представлены в таблице 1.

Условия испытаний: автомобиль вместе с водителем и оператором находится в неподвижном состоянии с работающим двигателем, одновременно с началом записи данных осуществляется начало разгона автомобиля при степени открытия дроссельной заслонки 90%, Переключение передач осуществляется при 4000 об/мин. Шины летние, температура воздуха +8°C. Первый заезд осуществлялся при использовании в качестве топлива бензин марки АИ-95. Во втором заезде в качестве топлива использовалась пропан-бутановая смесь.

Таблица 1

Технические характеристики объекта испытаний

Параметр	Значение
Колесная формула	4х2
Двигатель	Бензиновый
ДВС: тип, количество цилиндров	4 цилиндра, рядный, 4 клапана на цилиндр
ДВС: система питания	Распределенный впрыск
ДВС: рабочий объем, см ³	2362
ДВС: номинальная мощность, л.с. / об/мин.	167 / 6000
ДВС: максимальный крутящий момент, Н·м / об/мин.	224 / 4000
ДВС: экологический класс	ЕВРО-4
ДВС: применяемое топливо	Бензин/Газ
ДВС: расход топлива в смешанном цикле, л/100 км	9,9
Коробка передач	Механическая, 5 ступенчатая
Тип привода	Передний привод

Передняя подвеска	Независимая McPherson
Задняя подвеска	Независимая, пружинная
Шины	215/60R16
Рулевое управление	Реечный рулевой механизм с гидроусилителем
Рабочая тормозная система	Передние тормозные механизмы – дисковые; задние – дисковые; привод- гидравлический
Стояночная тормозная система	Механическая, с приводом на тормозные механизмы задних колес
Масса автомобиля без нагрузки, кг	1450
Полная масса автомобиля, кг	1985

Записываемые в процессе экспериментов данные:

- ускорения (продольное, боковое, вертикальное);
- долгота;
- широта;
- скорость движения по данным GPS/Glonass.

Фактическая частота записи данных составила: 2 Гц

Формат записываемых данных – CSV (строчный с разделителями)

Крепление смартфона при испытаниях – неподвижно относительно объекта испытаний (рис.1).



Рис. 1. Внешний вид объекта испытаний

Обработка экспериментальных данных

Обработка экспериментальных данных осуществлялась в MS Excel.

На рисунке 2 изображен обработанный график скорости движения автомобиля в функции времени при разгоне, используемый вид топлива – бензин марки АИ-95.

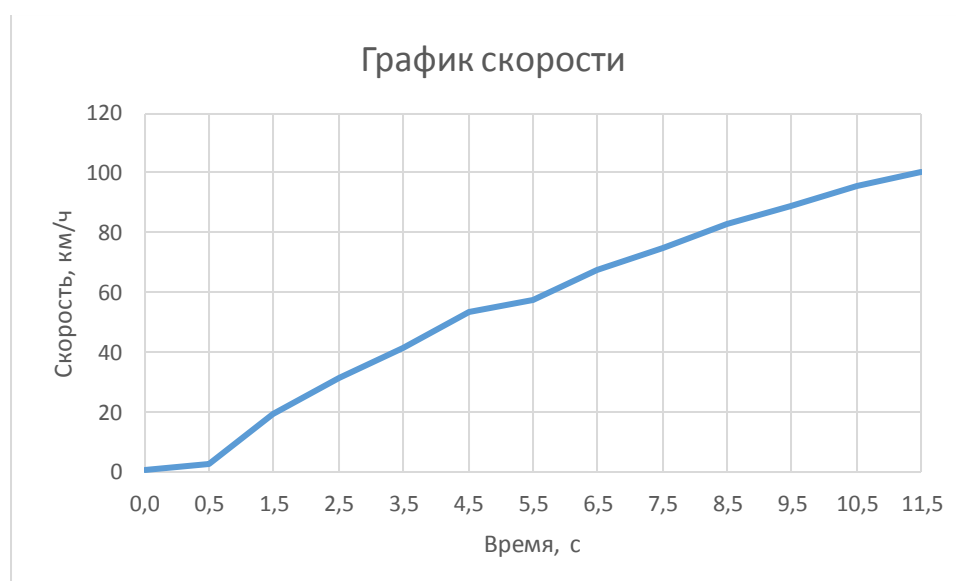


Рис. 2. График скорости движения (вид топлива - бензин марки АИ-95)

На рисунке 3 изображен обработанный график скорости движения автомобиля в функции времени при разгоне, используемый вид топлива – пропан-бутановая смесь + бензин.

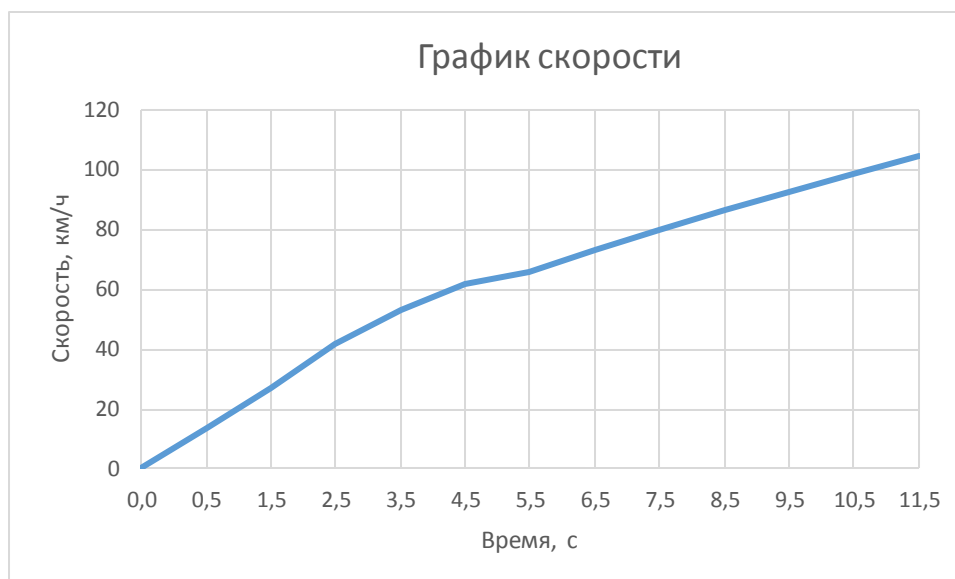


Рис. 3. График скорости движения (вид топлива - пропан-бутановая смесь + бензин)

Графики проекций ускорения в функции времени показаны на рисунке 4. Отметим, что проекции ускорения записывались относительно координатных осей смартфона.

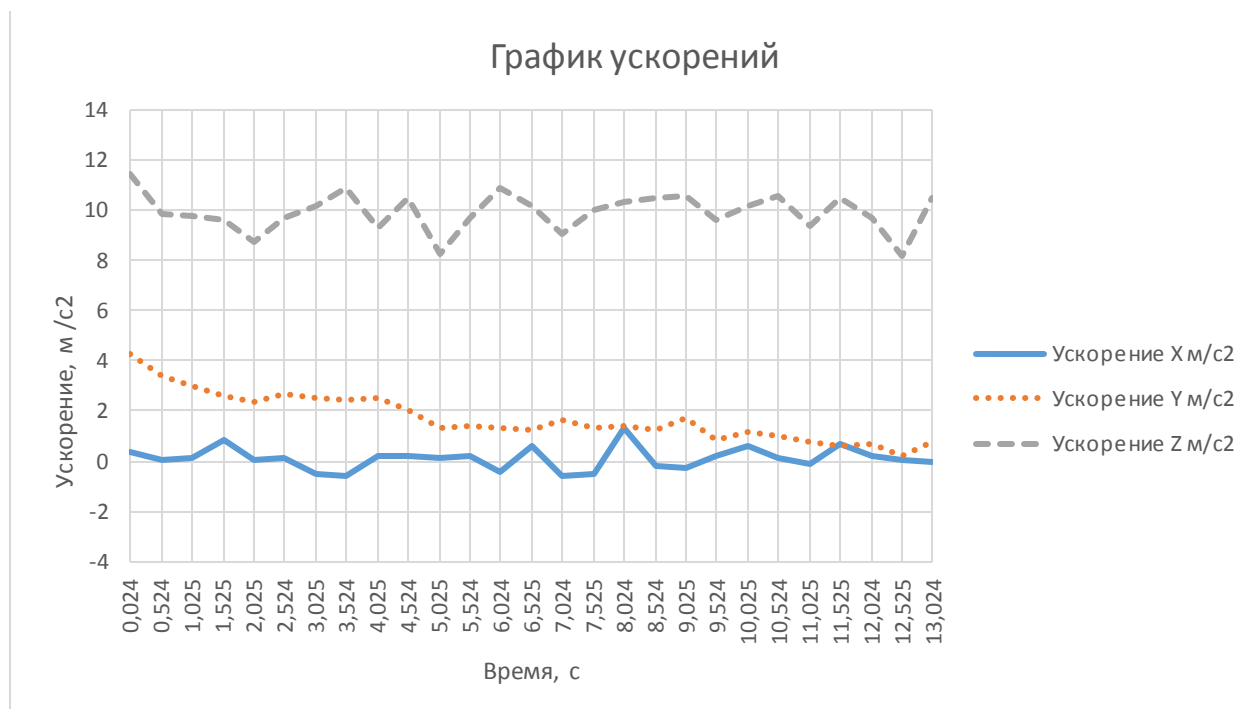


Рис. 4. Графики проекций ускорения в координатных осях смартфона

Определим ориентацию смартфона относительно вектора ускорения свободного падения по данным записи проекций ускорения в первоначальный момент времени, когда транспортное средство было неподвижным. Углы наклона (рис. 5) определим по зависимостям (1.1).

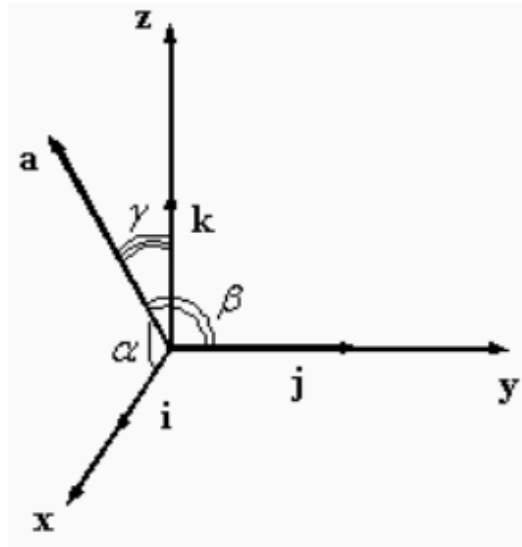


Рис. 5. Углы наклона произвольного вектора к координатным осям

$$\begin{aligned}
 g &= \sqrt{g_x^2 + g_y^2 + g_z^2} \\
 \begin{cases} g_x = g \cdot \cos \alpha \\ g_y = g \cdot \cos \beta \\ g_z = g \cdot \cos \gamma \end{cases} \\
 \begin{cases} \alpha = \arccos\left(\frac{g_x}{g}\right) \\ \beta = \arccos\left(\frac{g_y}{g}\right) \\ \gamma = \arccos\left(\frac{g_z}{g}\right) \end{cases}
 \end{aligned} \tag{1.1}$$

Далее начнем поворачивать координатные оси смартфона до достижения состояния, при котором данные оси (т.е. оси средства измерения) станут параллельны главным координатным осям объекта испытаний (т.е. транспортного средства / автомобиля) [2]. Для этого воспользуемся зависимостью:

$$\begin{bmatrix} a_x^{HCK} \\ a_y^{HCK} \\ a_z^{HCK} \end{bmatrix} = M_i(\theta) \cdot \begin{bmatrix} a_x^{CCK} \\ a_y^{CCK} \\ a_z^{CCK} \end{bmatrix} \quad (1.2),$$

Где:

НСК – новая система координат;

ССК – старая система координат;

a_i – проекция вектора ускорения на соответствующую ось;

$M_i(\theta)$ – матрица поворота вокруг соответствующей оси на угол θ

Матрицы поворота на угол θ вокруг координатных осей x, y, z представлены зависимостями:

$$M_x(\theta) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \theta & -\sin \theta \\ 0 & \sin \theta & \cos \theta \end{bmatrix}$$

$$M_y(\theta) = \begin{bmatrix} \cos \theta & 0 & \sin \theta \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin \theta & 0 & \cos \theta \end{bmatrix}$$

$$M_z(\theta) = \begin{bmatrix} \cos \theta & -\sin \theta & 0 \\ \sin \theta & \cos \theta & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Результаты расчетов представлены в табл. 2.

Таблица 2.

Расчет углов поворота координатных осей смартфона

	АКСЕЛЕРОМЕТ P X (m/s ²)	АКСЕЛЕРОМЕТ P Y (m/s ²)	АКСЕЛЕРОМЕТ P Z (m/s ²)
Начальные данные, м/с ²	0,04	3,36	9,87
Абсолютное значение вектора g, м/с ²	10,42		
Угол наклона вектора g к осям смартфона, град.	89,78	71,18	18,82
Будем вращать оси координат смартфона, рад.	0,33		
Проекции ускорений в новой системе координат, м/с ²	0,04	0,00	10,42
Угол наклона вектора g к осям смартфона, град.	89,78	90,00	0,22

Будем вращать оси координат смартфона, рад.		0,00	
Проекция ускорений в новой системе координат, м/с ²	0,00	0,00	10,42

Исходя из полученных данных, пересчитаем все значения проекций ускорения, записанных в координатных осях смартфона, в новую систему координат с осями, параллельными главным координатным осям автомобиля (транспортного средств). В нашем случае будем оперировать зависимостью:

$$\begin{bmatrix} a_x^{HCK} & a_y^{HCK} & a_z^{HCK} \end{bmatrix}^T = M_x(0,43) \cdot M_y(0,25) \cdot \begin{bmatrix} a_x^{CCK} & a_y^{CCK} & a_z^{CCK} \end{bmatrix}^T$$

Графики проекций ускорения в координатных осях первого и второго заезда, параллельных главным осям автомобиля (транспортного средства), показаны на Рисунке 6,7 соответственно.

Во время проведения испытаний географическое положение транспортного средства определялось по данным спутниковой навигации GPS/Глонасс: происходила запись в реальном времени параметров широты, долготы, эллиптической высоты и других. Графическое пояснение к системе общепринятого геопозиционирования представлено на рис. 8.

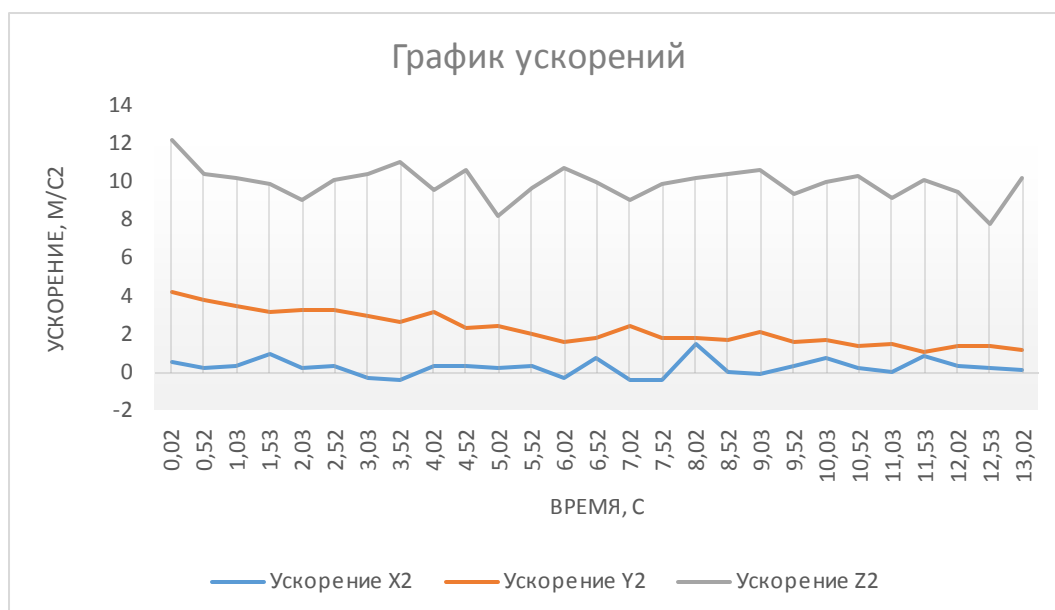


Рис.6. Графики проекций ускорения в координатных осях объекта испытаний (вид топлива - бензин марки АИ-95)

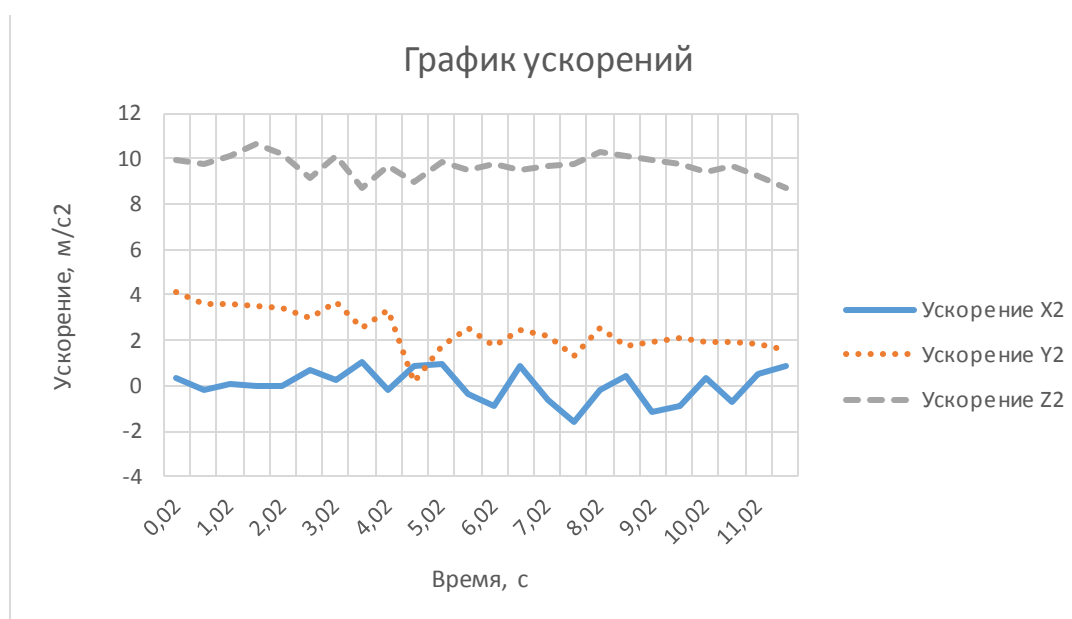


Рис. 7. Графики проекций ускорения в координатных осях объекта испытаний (вид топлива - пропан-бутановая смесь + бензин)

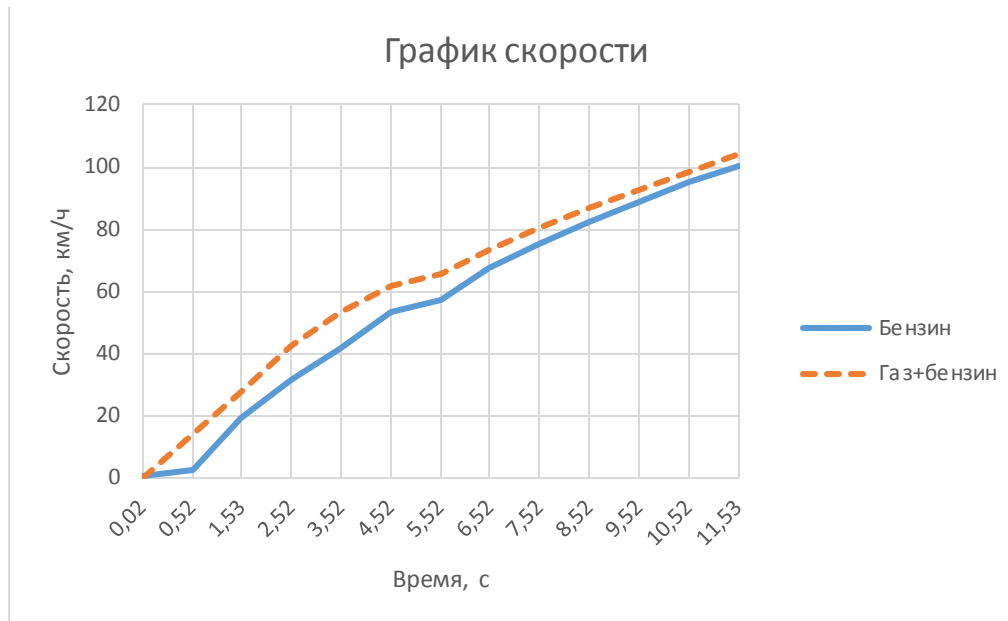


Рис. 8. Сравнение графиков скоростей

Учитывая то обстоятельство, что заезды выполнялись на площадке не соизмеримо меньшей по размерам с масштабами поверхности Земли, пренебрежем сферической составляющей поверхности, построив траекторию рассматриваемого заезда, приняв за координаты по оси абсцисс значения измеренной долготы, а за координаты по оси ординат – значения географической широты, скорректированные соответствующими масштабными коэффициентами [3]:

$$\begin{cases} \mu_x = 63234 \text{ м} / ^\circ \\ \mu_y = 111110,4 \text{ м} / ^\circ \end{cases} \quad (1.3)$$

Результат построения траектории движения на плоскости по географическим координатам с использованием масштабных коэффициентов (1.3) показан на рис. 9.

На Рисунке 10 показан результат сопоставления построенной траектории движения с картой местности maps.google.ru.

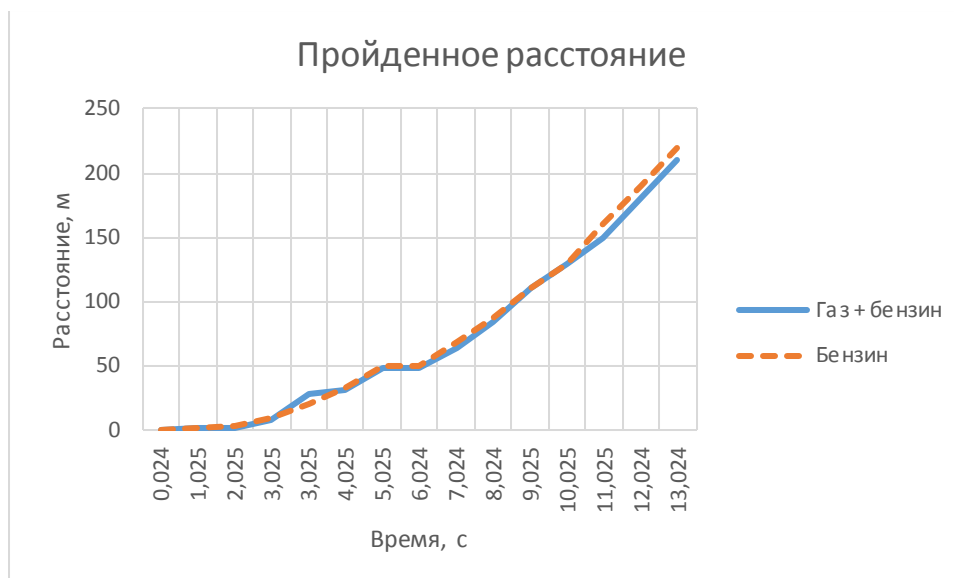


Рис. 9. График зависимости пути от времени первого и второго заездов

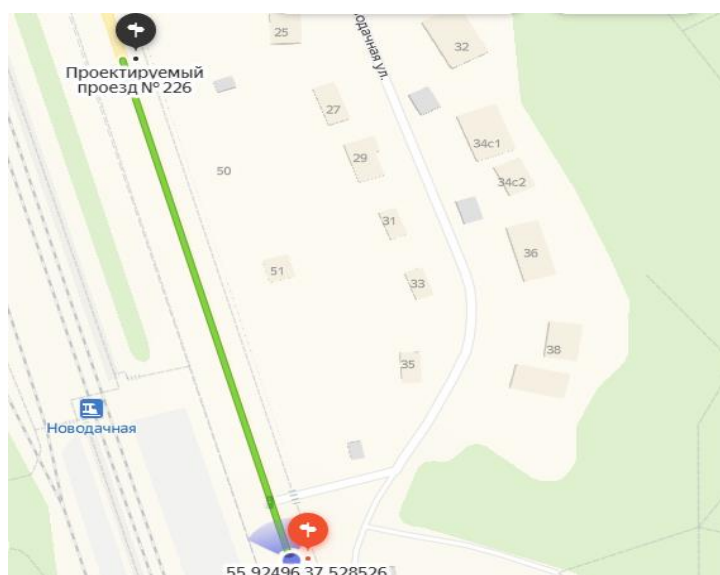


Рис. 10. Построение траектории движения на карте местности

Пройденный путь S в каждый момент времени i будем определять по полученным при построении траектории координатам X и Y с помощью зависимости:

$$S_i = \sqrt{(X_i - X_{i-1})^2 + (Y_i - Y_{i-1})^2} + S_{i-1}$$

Таким образом, результаты расчетов основных оценочных показателей при выполнении испытания по заданию приведены в таблице 3.

Выборку положительных значений ускорений будем осуществлять по зависимости: $a^+ = (a + |a|) / 2$

Соответственно выборку отрицательных значений определим следующим образом: $a^- = (a - |a|) / 2$

Таблица 3.

Результаты расчетов оценочных показателей

Оценочный показатель	Бензин	Газ + бензин
время разгона до 100 км/ч, с	11,5	11
пройденный при разгоне путь, м	160	150
максимальное ускорение при разгоне, м/с ²	4,23	4,32
среднее значение ускорения при разгоне, м/с ²	2,27	2,45

Анализ динамики движения автомобиля в продольном направлении.

Ускорения, м/с²	Бензин	Газ + бензин
среднее значение ускорения	2,27	2,45
максимальное значение ускорения	4,23	4,32
минимальное значение ускорения	1,07	0,13

Экономическая оценка установки газобаллонного оборудования на автотранспортное средство. Расчет полных затрат на установку газобаллонного оборудования

Цель данной работы заключается в расчете стоимости установки газобаллонного оборудования (ГБО) на автомобиль и его дальнейшее обслуживание. ГБО состоит из выносного заправочного устройства (ВЗУ), газового баллона, мультиклапана, рампы, газового редуктора, электронного блока управления, газового фильтра, газовых трубопроводов.

Полные затраты на установку ГБО найдем из формулы

$$C_{п.з.} = C_{б} + C_{взу} + C_{мк} + C_p + C_{2p} + C_{эб} + C_{ф} + C_{ст} + C_2 + C_{np}$$

где

$C_{б}$ - стоимость газового баллона, 1шт., 6400 руб.

$C_{взу}$ - стоимость выносного заправочного устройства, 1шт. 1120 руб.

C_{mk} - стоимость мультиклапана, 1 шт., 1700 руб.

C_p - стоимость рампы, 1шт., 3800 руб.

$C_{гр}$ - стоимость газового редуктора, 1шт., 3500 руб.

$C_{эб}$ - стоимость электронного блока управления, 1шт., 7100 руб.

$C_{ф}$ - стоимость газового фильтра, 1шт., 850 руб.

$C_{тр}$ - стоимость газовых трубопроводов, 10шт.*180 = 1800 руб.

C_r - стоимость гаек крепления, 25шт. * 15 = 375 руб.

$C_{пр}$ - стоимость переходников для установки, 20шт. * 50 = 1000 руб.

$C_{раб}$ - стоимость установки газобаллонных компонентов, 7000 руб.

$$C_{н.з.} = 6400 + 1120 + 1700 + 3800 + 3500 + 7100 + 850 + 1800 + 375 + 1000 + 7000 = 34645 \text{ руб.}$$

Техническое обслуживание ГБО заключается в ежедневном осмотре (ЕО), техническом обслуживании (ТО-1, ТО-2).

Ежедневное обслуживание проводится каждый день, проверяется герметичность и исправная работа ГБО.

Первое техническое обслуживание (ТО-1) заключается в проверке герметичности установки, замене фильтрующих элементов и смазки штоков.

Затраты на ТО-1 рассчитаем по формуле

$$C_{ТО-1} = C_{ф.р.} + C_{ф.г.} + C_{с.ш.} + C_{раб.}$$

где

$C_{ф.р.}$ - стоимость фильтра редуктора, 420 руб.

$C_{ф.г.}$ - стоимость газового фильтра, 850 руб.

$C_{с.ш.}$ - стоимость смазки штоков, 280 руб.

$C_{раб.}$ - стоимость работ, 1000 руб.

$$C_{ТО-1} = 420 + 850 + 280 + 1000 = 2550 \text{ руб.}$$

Второе техническое обслуживание (ТО-2) заключается в замене газового фильтра, фильтра редуктора, чистке газового испарителя, проверке герметичности, проверки работы двигателя на разной частоте вращения, смазке штоков, проверке датчика уровня топлива, регулирование токсичности ОГ.

Затраты на ТО-2 можно рассчитать по формуле:

$$C_{ТО-2} = C_{ф.р.} + C_{ф.г.} + C_{с.ш.} + C_{раб.} + C_{ч.и} + C_{рег.}$$

где

$C_{ф.р.}$ - стоимость фильтра редуктора, 420 руб.

$C_{ф.г.}$ - стоимость газового фильтра, 850 руб.

$C_{ч.и.}$ - стоимость чистки испарителя, 390 руб.

$C_{рег}$ - стоимость регулировки токсичности ОГ, 1200 руб.

$C_{с.ш.}$ - стоимость смазки штоков, 280 руб.

$C_{раб.}$ - стоимость работ, 1400 руб.

$$C_{ТО-2} = 420 + 850 + 390 + 280 + 1200 + 1400 = 4540 \text{ руб.}$$

Полные затраты на обслуживание:

$$C_{об} = C_{ТО-1} + C_{ТО-2}$$

$$C_{об} = 2550 + 4540 = 7090 \text{ руб.}$$

Полные затраты на установку и обслуживание найдем по формуле:

$$C_{пол} = C_{п.з.} + C_{об}$$

$$C_{пол} = 34645 + 7090 = 41735 \text{ руб.}$$

Перечень срока окупаемости ГБО

Данное ГБО с обслуживанием будет стоить 41735 руб. Для того, что бы понять выгодно ли ставить данное оборудование или нет, необходимо рассчитать срок окупаемости.

Срок окупаемости ГБО рассчитывается по формуле

$$(100 * C_{кон}) / ((C_1 + C_2 * 1,7) * И * Р) = O_k$$

где

$C_{кон}$ - затраты на установку ГБО и его обслуживание, руб.

C_1 - цена за 1 литр бензина (40 руб.)

C_2 - цена за 1 литр газа (16 руб.)

1,7 - переводной коэффициент.

И - суточный пробег автомобиля, км/день.

Р - средний расход бензина на 100 км, литры.

O_k - срок окупаемости, дни.

По статистике за день автомобиль проезжает около 60 - 65 км, а средний расход топлива составляет 8-18 литров.

Исходя из этих данных, получим срок окупаемости по формуле:

$$(100 * 41735) / ((40 - 16 * 1,7) * 63 * 15) = 345 \text{ дней.}$$

Из полученных данных видно, что ГБО окупится через 345 дней, или примерно 11,5 месяцев.

Сравнительная характеристика финансовых затрат при эксплуатации транспортного средства на разных видах топлива.

Автомобили, работавшие на газу, наносят меньший вред окружающей среде, чем автомобили, которые работают на бензине. Это связано с тем, что

в газе не содержится вредных веществ и тяжелых частиц, следовательно, они не загрязняют атмосферу. Большим плюсом ГБО является экономия топлива, так как стоимость газа меньше чем бензина или дизеля. Легковой автомобиль в год проезжает 20000-25000 км и потребляет около 10-16 (8-14) л. бензина (ДТ) на 100 км, а грузовой 130000-160000 км, и потребляет 17-25 л. на 100 км.

Произведем сравнение одного легкового автомобиля, который в год проезжает 22000 км, а также грузового, который в год проезжает 140000 км. Сравним газ с бензином и газ с ДТ, тогда мы получим следующие затраты, которые рассчитываются по формулам:

$$C_{бен.л.} = C_{пр} * C_{рас} * C_{цен.л.}$$

$$C_{диз.л.} = C_{пр} * C_{рас} * C_{цен.д.}$$

$$C_{диз.г.} = C_{пр} * C_{рас} * C_{цен.д.}$$

$$C_{газ.л/б} = C_{пр} * C_{рас} * C_{цен.г.}$$

$$C_{газ.л/д.} = C_{пр} * C_{рас} * C_{цен.г.}$$

$$C_{газ.г.} = C_{пр} * C_{рас} * C_{цен.г.}$$

где

$C_{бен.л.}$ - общие затраты на топливо для легковых бензиновых двигателей, руб.

$C_{диз.л.}$ - общие затраты на топливо для легковых дизельных двигателей, руб.

$C_{диз.г.}$ - общие затраты на топливо для грузовых дизельных двигателей, руб.

$C_{газ.л/б.}$ - общие затраты на топливо для легковых бензиновых ТС, работающих газу, руб.

$C_{газ.л/д.}$ - общие затраты на топливо для легковых дизельных ТС, работающих газу, руб.

$C_{газ.г.}$ - общие затраты на топливо для грузовых дизельных ТС, работающих газу, руб.

$C_{пр.}$ - среднегодовой пробег автомобиля, тыс.км/год.

$C_{рас.}$ - средний расход топлива автомобиля, л/100 км.

$C_{цен.б.}$ - средняя цена бензина АИ-95, руб/л.

$C_{цен.д.}$ - средняя цена ДТ, руб/л.

$C_{цен.г.}$ - средняя цена газа метан/пропан-бутан, руб/л.

Рассчитаем затраты на топливо для ТС, работавших на бензине и дизеле при помощи формул, средняя цена бензина АИ-95 = 46,60 руб/л, а дизеля = 46,52 руб/л.

$$C_{бен.л.} = 22 * 10^3 * \frac{11}{100} * 46,6 = 112772 \text{ руб/год}$$

$$C_{\text{диз.л.}} = 22 * 10^3 * \frac{10}{100} * 46,52 = 102344 \text{ руб/год}$$

$$C_{\text{диз.г.}} = 140 * 10^3 * \frac{20}{100} * 46,52 = 1302560 \text{ руб/год}$$

Теперь посчитаем затраты на топливо для ТС работающих на газе метан и пропан-бутан при помощи формул, средняя цена метана = 17,3 руб/л, пропан-бутана = 18,5 руб/л.

Рассчитаем затраты на топливо для газа метан:

$$C_{\text{газ.л/б.}} = 22 * 10^3 * \frac{11}{100} * 17,3 = 41866 \text{ руб/год}$$

$$C_{\text{газ.л/д.}} = 22 * 10^3 * \frac{10}{100} * 17,3 = 38060 \text{ руб/год}$$

$$C_{\text{газ.г.}} = 140 * 10^3 * \frac{20}{100} * 17,3 = 484400 \text{ руб/год}$$

Теперь рассчитаем затраты на топливо для газа пропан-бутан:

$$C_{\text{газ.л/б.}} = 22 * 10^3 * \frac{11}{100} * 18,5 = 44770 \text{ руб/год}$$

$$C_{\text{газ.л/д.}} = 22 * 10^3 * \frac{10}{100} * 18,5 = 40700 \text{ руб/год}$$

$$C_{\text{газ.г.}} = 140 * 10^3 * \frac{20}{100} * 18,5 = 518000 \text{ руб/год}$$

Таблица 4

Сравнение затрат на топливо

Наименование	Бензин/дизель, руб./год	Метан, руб./год	Пропан-Бутан, руб./год
Всего затрат на легковое ТС бензиновое	112772	41866	44770
Всего затрат на легковое ТС дизельное	102344	38060	40700

Всего затрат на грузовое ТС дизельное	1302560	484400	518000
---	---------	--------	--------

Из таблицы 4 видно, что альтернативное топливо намного экономичнее и дешевле традиционного более чем в два раза. С учетом затрат на установку ГБО и полный комплекс его обслуживания, экономия на содержании ТС уменьшится более чем на 50%. Переводить ТС на газовое топливо экономически выгодно.

Заключение.

При проведении испытаний выявления динамики разгона автомобиля от 0 до 100 км/ч при использовании различных видов топлива, а именно: первое – бензин марки АИ-95, второе - пропан-бутановая смесь + бензин, было установлено, что на данном автомобиле вид топлива играет незначительную роль на показатель динамики разгона. Разница в 0,5 секунды не является значимой, но является небольшим плюсом.

Также использование в качестве топлива пропан-бутановой смеси экономически выгоднее. Стоимость различается практически в два раза по отношению к бензину марки АИ-95. А также затраты на эксплуатацию снижаются на 50%. К тому же с экологической точки зрения, использование пропан-бутановой смеси снижает содержание токсичных веществ в отработавших газах.

Литература

1. Иванов А.М. Разработка дополнительных сервисов с использованием интерфейса Vehicle-to-Person (V2P) / А.М. Иванов, С.С. Шадрин // Автотранспортное предприятие. - 2014. - № 9. - С. 16-18.
2. Шадрин, С.С. Использование смартфонов в образовательном процессе МАДИ при проведении дорожных испытаний автотранспортных средств / С.С. Шадрин, А.М. Иванов // Известия ВолгГТУ. Серия «Наземные транспортные системы». Вып. 9: Межвуз. сб. науч. ст. / Волгоград: ВолгГТУ, 2014. - № 19 (146). - С. 81-85.
3. Shadrin, S.S. Usage of smartphones in the education process of madi during vehicle road tests conduction / S.S. Shadrin, A.M. Ivanov, V. M. Prikhodko // Modern Applied Science. - 2015. - Vol. 9, No. 1. - P. 83-88.
4. Литвинов, А.С. Автомобиль: теория эксплуатационных свойств / А.С. Литвинов, Я.Е. Фаробин. - М.: Машиностроение, 1989. - 240 с.: ил.

5. Испытания колёсных транспортных средств: учебное пособие / А.М. Иванов, С.Р. Кристальный, Н.В. Попов, А.Р. Спинов. –М.: МАДИ, 2018.

References

1. Ivanov A.M., SHadrin S.S. *Avtotransportnoe predpriyatie*, 2014, no 9, pp. 16-18.
2. SHadrin S.S., Ivanov A.M. *Izvestiya VolgGTU. Seriya «Nazemnye transportnye sistemy»*. Vyp. 9: *Mezhvuz. sb. nauch. st.*, 2014, no 19 (146), pp. 81-85.
3. Shadrin S.S., Ivanov A.M., Prikhodko V. M. Usage of smartphones in the education process of madi during vehicle road tests conduction // *Modern Applied Science*. - 2015. - Vol. 9, No. 1. - P. 83-88.
4. Litvinov A.S., Farobin YA.Ye. *Avtomobil': teoriya ekspluatatsionnykh svoystv* (Car: theory of operational properties), **Moscow**, Mashinostroyeniye, 1989, 240 p.
5. Ivanov A.M., Kristal'nyy S.R., Popov N.V., Spinov A.R. *Ispytaniya kolosnykh transportnykh sredstv* (Tests of wheeled vehicles), **Moscow**, MADI, 2018.