

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА  
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ,  
НАУКИ И КАДРОВОЙ ПОЛИТИКИ

Учреждение образования  
«БЕЛОРУССКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ  
ОРДЕНОВ ОКТЯБРЬСКОЙ РЕВОЛЮЦИИ  
И ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ  
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ»

Кафедра тракторов, автомобилей и машин  
для природообустройства

*А. А. Рудашко*

# **ТРАКТОРЫ И АВТОМОБИЛИ**

## **ТОПЛИВНАЯ ЭКОНОМИЧНОСТЬ АВТОМОБИЛЯ**

*Методические указания к лабораторной работе  
для студентов, обучающихся по специальностям  
1-74 06 01 Техническое обеспечение процессов сельскохозяйственного  
производства, 1-74 06 04 Техническое обеспечение мелиоративных  
и водохозяйственных работ*

Горки  
БГСХА  
2022

УДК 629.331(072)

*Рекомендовано методической комиссией  
факультета механизации сельского хозяйства.  
Протокол № 8 от 26 апреля 2021 г.*

Автор:

кандидат технических наук, доцент *А. А. Рудашко*

Рецензент:

кандидат технических наук, доцент *В. И. Коцуба*

#### СОДЕРЖАНИЕ

1. Общие сведения .....	3
2. Испытания автомобиля на топливную экономичность.....	4
2.1. Общие требования к проведению испытаний.....	4
2.2. Приборы и оборудование для проведения испытаний.....	5
2.3. Порядок проведения испытаний .....	6
2.4. Обработка экспериментальных данных .....	7
3. Порядок выполнения работы .....	10
4. Отчет по работе.....	11
5. Контрольные вопросы .....	11
Библиографический список .....	12

**Тракторы и автомобили. Топливная экономичность автомобиля** : методические указания к лабораторной работе / А. А. Рудашко. – Горки : БГСХА, 2022. – 12 с.

Приведена номенклатура показателей топливной экономичности автомобиля, описаны приборы и оборудование для проведения испытаний автомобиля на топливную экономичность, приведены порядок проведения испытаний в дорожных условиях, методика обработки экспериментальных данных, порядок выполнения лабораторной работы.

Для студентов, обучающихся по специальностям 1-74 06 01 Техническое обеспечение процессов сельскохозяйственного производства, 1-74 06 04 Техническое обеспечение мелиоративных и водохозяйственных работ.

**Цель работы:** изучить методику дорожных испытаний автомобиля на топливную экономичность, устройство и работу приборов и аппаратуры, применяемых при испытаниях автомобилей, овладеть анализом теоретических и экспериментальных данных.

**Задачи работы:**

1. Изучить номенклатуру показателей топливной экономичности автомобиля и требования к проведению испытаний.
2. Подготовить автомобиль, приборы и оборудование для проведения испытаний.
3. Провести дорожные испытания автомобиля на топливную экономичность.
4. Обработать данные испытаний и построить топливную характеристику установившегося движения.
5. Проанализировать полученные данные.

**Приборы и оборудование:** автомобиль, экспериментальная установка, секундомер.

## 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Топливная экономичность автотранспортных средств (автомобилей) в значительной степени определяет себестоимость транспортных работ. Методы оценки топливной экономичности автомобилей основываются на топливно-экономических характеристиках двигателя, полученных экспериментальным путем, и на результатах испытаний самих автомобилей. По результатам оценки выявляются и предусматриваются возможные изменения некоторых параметров, позволяющих повысить топливную экономичность.

В соответствии с ГОСТ 20306–90 при испытаниях автотранспортных средств на топливную экономичность установлена следующая номенклатура показателей:

- 1) контрольный расход топлива;
- 2) расход топлива в магистральном цикле на дороге;
- 3) расход топлива в городском цикле на дороге;
- 4) расход топлива в городском цикле на стенде;
- 5) топливная характеристика установившегося движения;
- 6) топливно-скоростная характеристика на магистрально-холмистой дороге.

В лабораторной работе предусматривается определение номенклатурного показателя № 5, т. е. топливной характеристики установившегося движения.

Топливная характеристика установившегося движения – это график зависимости путевого расхода топлива (в литрах на 100 км пути) от скорости установившегося движения автомобиля в заданных дорожных условиях. Экспериментально ее определяют на горизонтальном ровном участке дороги с усовершенствованным покрытием при различной степени загрузки автомобиля.

## **2. ИСПЫТАНИЯ АВТОМОБИЛЯ НА ТОПЛИВНУЮ ЭКОНОМИЧНОСТЬ**

### **2.1. Общие требования к проведению испытаний**

Автомобиль, предназначенный для испытаний, должен соответствовать требованиям технической документации на автомобиль (ТДА). Автомобиль должен быть загружен балластом в соответствии с его номинальной грузоподъемностью. Масса груза для автомобилей полной массой до 3,5 т – половина полной массы груза, но не менее 180 кг; для автомобилей полной массой свыше 3,5 т – полная масса груза. У грузовых автомобилей в качестве груза используется негигроскопичный балласт или натуральные грузы, а у легковых и автобусов – манекены или балласт (мешки с сыпучим наполнителем). Распределение массы по осям (колесам) должно соответствовать требованиям ТДА.

Новые автомобили (опытные, серийные) подвергают испытаниям после завершения обкатки, предусмотренной ТДА, и общего пробега в пределах 5 000...10 000 км. Допускается снижение предела пробега до 2 500 км при проведении кратких контрольных испытаний.

Применяемые топлива и смазочные материалы, а также их количество в узлах и агрегатах должны соответствовать требованиям ГОСТов и ТУ. Приборы и механизмы (дополнительный ведущий мост, коробка отбора мощности и др.), не применяемые во время движения по дороге с усовершенствованным покрытием, отключаются.

Окна и вентиляционные люки при проведении дорожных испытаний закрываются. Устройства для подогрева воздуха системы питания, не имеющие автоматического управления, должны быть в положении «Лето». Системы отопления салона (кабины) и кондиционирования воздуха выключаются.

Давление воздуха в шинах колес доводится до соответствующего требованиям ТДА, измеряется и регулируется на «холодных шинах».

Измерительный участок для испытаний должен быть прямолинейным, горизонтальным, с цементно- или асфальтобетонным гладким покрытием. Допускаются неровности с уклонами не более 0,5 % на участках длиной не более 50 м. Длина измерительного участка выбирается в зависимости от определяемого номенклатурного показателя. Для определения топливной экономичности при установившемся движении допускается использование измерительного участка длиной 1 000 м при наличии с обеих сторон подъездных участков с аналогичным покрытием и длиной, достаточной для разгона и стабилизации заданной скорости движения.

Дорожные испытания проводятся при соблюдении следующих условий: отсутствие осадков; относительная влажность воздуха – не выше 95 %; скорость ветра – не более 3 м/с (допускаются порывы до 5 м/с); атмосферное давление – в пределах 730...770 мм рт. ст.; температура воздуха – в пределах 5...25 °С. Допускаются другие значения температуры при проведении одновременных сравнительных испытаний.

Перед началом испытаний все агрегаты автомобиля должны быть прогреты до рабочей температуры, что достигается при его пробеге по участку дороги длиной не менее 50 км в течение 0,5...1 ч.

## 2.2. Приборы и оборудование для проведения испытаний

Для замера расхода топлива во время испытаний автомобиль оборудуется экспериментальной установкой, включающей в себя трехходовой кран и мерный сосуд (рис. 1). Трехходовой кран включается в топливную магистраль системы питания двигателя между топливным насосом и фильтром тонкой очистки топлива.

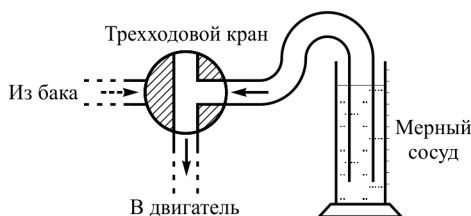


Рис. 1. Схема экспериментальной установки

Трехходовой кран имеет три положения – «Выключено», «Заправка» и «Работа». Установка крана в положение «Выключено» (рис. 2, а)

приводит к отсоединению мерного сосуда от топливной магистрали, при этом двигатель напрямую соединяется с топливным баком.

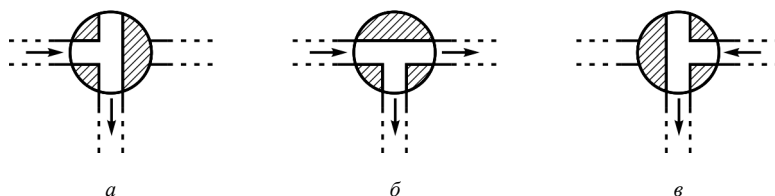


Рис. 2. Положения трехходового крана: *а* – «Выключено»; *б* – «Заправка»; *в* – «Работа»

В положении «Заправка» (рис. 2, *б*) происходит заправка мерного сосуда топливом из бака при одновременной подаче топлива в двигатель. В положении «Работа» (рис. 2, *в*) топливный бак отключается от двигателя, а топливо в двигатель подается из мерного сосуда.

Время движения автомобиля по измерительному участку определяется секундомером.

### 2.3. Порядок проведения испытаний

Топливная характеристика установившегося движения определяется на высшей передаче. Необходимость определения данного показателя на других передачах устанавливается программой испытаний.

Для определения каждой точки топливной характеристики производят заезды по измерительному участку длиной 1 000 м с заданными постоянными скоростями движения. Экспериментальные данные получают, начиная с максимальной скорости автомобиля и снижая ее последовательно до минимальной. Все скорости движения (кроме минимальной и максимальной) должны быть кратны десяти.

Испытательные заезды на дороге проводят в двух взаимно противоположных направлениях при движении не менее двух раз в каждом направлении. На кольцевой дороге допускается проводить заезды в одном направлении. В каждом направлении определяется время прохождения измерительного участка и количество израсходованного топлива. Измерения повторяют, если разница между полученными результатами в любых двух заездах превышает 5 %. За результаты измерений принимают среднее арифметическое зачетных заездов.

После подготовки автомобиля к проведению испытаний и выезда на измерительный участок испытуемую машину разгоняют на подъ-

ездном участке до требуемой скорости. Заданную скорость движения в заезде устанавливают до выезда на измерительный участок не менее чем за 200 м.

Трехходовой кран ставится в положение «Работа» (см. рис. 2, в). При достижении первой границы измерительного участка оператор включает секундомер. Водитель при этом поддерживает заданную скорость движения, контролируя ее по спидометру. Когда автомобиль пересекает вторую границу измерительного участка, секундомер останавливают и переключатель переводят в положение «Выключено» (см. рис. 2, а). По разности уровней топлива в мерном сосуде в начале и конце опыта определяют расход топлива за время движения по измерительному участку.

Затем заезд с той же скоростью производится в противоположном направлении. Далее выполняются заезды на других скоростях движения в диапазоне скоростей от минимальной до максимальной.

По мере расходования топлива мерный сосуд периодически заполняют в промежутках между заездами путем установки трехходового крана в положение «Заправка» (см. рис. 2, б).

Данные, полученные при испытаниях, заносят в табл. 1.

Таблица 1. Экспериментальные данные

№ опыта	Заданная скорость движения $v_0$ , км/ч	1-е направление движения			2-е направление движения		
		Время движения $t_1$ , с	Действительная скорость движения $v_1$ , км/ч	Расход топлива $Q_1$ , см <sup>3</sup>	Время движения $t_2$ , с	Действительная скорость движения $v_2$ , км/ч	Расход топлива $Q_2$ , см <sup>3</sup>
1							
...							

## 2.4. Обработка экспериментальных данных

Действительная скорость движения автомобиля  $v_i$ , км/ч ( $v_1$  или  $v_2$  в зависимости от направления движения) определяется по зависимости

$$v_i = \frac{3,6S}{t_i}, \quad (1)$$

где  $S$  – длина измерительного участка, м;

$t_i$  – время прохождения измерительного участка в одном из направлений движения ( $t_1$  или  $t_2$ ), с.

Средняя скорость движения  $v_{cp}$ , км/ч, в каждом опыте определяется как среднее арифметическое между скоростями  $v_1$  и  $v_2$ :

$$v_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n v_i}{n}, \quad (2)$$

где  $n$  – число измерений в каждом опыте.

Для  $n = 4$  средняя скорость движения  $v_{cp}$  определяется по зависимости

$$v_{cp} = \frac{v_{1-1} + v_{1-2} + v_{2-1} + v_{2-2}}{4}, \quad (3)$$

где  $v_{1-1}$ ,  $v_{1-2}$ ,  $v_{2-1}$ ,  $v_{2-2}$  – действительная скорость движения в двух заездах по каждому из направлений.

Абсолютный расход топлива  $Q_T$ , см<sup>3</sup>, определяется как среднее арифметическое между расходами  $Q_1$  и  $Q_2$ , полученными при испытаниях:

$$Q_T = \frac{\sum_{i=1}^n Q_i}{n}, \quad (4)$$

где  $Q_i$  – расход топлива в каждом из измерений.

Для  $n = 4$  абсолютный расход топлива  $Q_T$  определяется по зависимости

$$Q_T = \frac{Q_{1-1} + Q_{1-2} + Q_{2-1} + Q_{2-2}}{4}, \quad (5)$$

где  $Q_{1-1}$ ,  $Q_{1-2}$ ,  $Q_{2-1}$ ,  $Q_{2-2}$  – абсолютный расход топлива в двух заездах по каждому из направлений.

Путевой расход топлива  $Q_S$ , л/100 км, приведенный к температуре 20 °С, вычисляется по зависимости

$$Q_S = \frac{Q_T [1 + \alpha(T_0 - T)]}{10^{-2} S}, \quad (6)$$

где  $\alpha$  – коэффициент объемного расширения топлива,  $\alpha = 0,001$  град<sup>-1</sup>;  
 $T_0$  – нормальная температура топлива,  $T_0 = 20$  °С;

$T$  – фактическая средняя температура топлива при испытаниях (определяется как среднее арифметическое температур топлива, измеренных в начале и конце испытательных заездов), °С.

Относительная погрешность измерений  $\Delta$ , %, вычисляется по формуле

$$\Delta = \frac{K\sigma}{Q_T \sqrt{n}} 100, \quad (7)$$

где  $K$  – поправочный коэффициент, зависящий от числа измерений  $n$  (табл. 2);

$\sigma$  – стандартное отклонение, см<sup>3</sup>, определяемое по зависимости

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Q_T - Q_i)^2}{n-1}}. \quad (8)$$

Таблица 2. Значения поправочного коэффициента  $K$

$n$	4	5	6	7	8	9	10
$K$	1,60	1,25	1,06	0,94	0,85	0,77	0,73

Для  $n = 4$  стандартное отклонение  $\sigma$  определяется по зависимости

$$\sigma = \sqrt{\frac{(Q_T - Q_{1-1})^2 + (Q_T - Q_{1-2})^2 + (Q_T - Q_{2-1})^2 + (Q_T - Q_{2-2})^2}{4}}. \quad (9)$$

При этом относительная погрешность измерений

$$\Delta = \frac{80\sigma}{Q_T}. \quad (10)$$

Результаты расчетов заносят в табл. 3.

Таблица 3. Результаты расчетов

№ опыта	Средняя скорость движения $v_{ср}$ , км/ч	Абсолютный расход топлива $Q_T$ , см <sup>3</sup>	Путевой расход топлива $Q_S$ , л/100 км	Стандартное отклонение $\sigma$ , см <sup>3</sup>	Относительная погрешность измерения $\Delta$ , %
1					
...					

По данным табл. 3 строится топливная характеристика установившегося движения (рис. 3).

После построения топливной характеристики установившегося движения автомобиля необходимо произвести анализ полученной характеристики и определить наиболее экономичную скорость для условий движения, имеющих место во время дорожных испытаний.

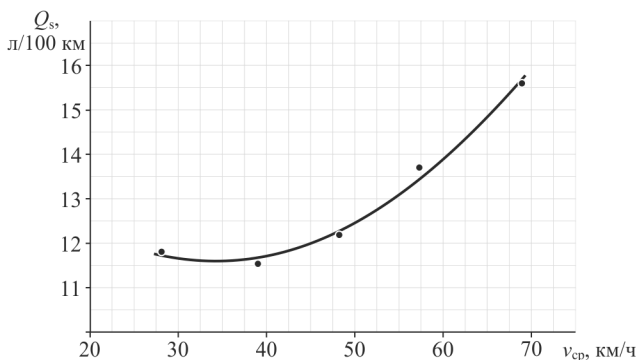


Рис. 3. Топливная характеристика установившегося движения (пример)

### 3. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Ознакомиться с испытуемым автомобилем, экспериментальной установкой, методикой испытаний.

2. Выехать на измерительный участок. Отметить начало (вешка № 1) и конец (вешка № 2) измерительного участка. Вешки должны быть установлены на расстоянии 1 000 м.

3. Заправить мерный сосуд топливом, переключив трехходовой кран в положение «Заправка», затем в положение «Выключено».

4. Водителю перед измерительным участком разогнать автомобиль до максимальной заданной скорости (70 км/ч). Выдерживать по спидометру эту скорость. Переключить кран в положение «Работа».

5. Студенту при прохождении вешки № 1 включить секундомер и зафиксировать уровень топлива в мерном сосуде.

6. Студенту при прохождении вешки № 2 выключить секундомер и вновь зафиксировать уровень топлива в мерном сосуде.

7. Водителю развернуть автомобиль и разогнать его до той же заданной скорости перед измерительным участком.

8. Студенту записать в табл. 1 показания секундомера (время  $t_1$ ) и разницу уровней топлива в мерном сосуде при прохождении вешек № 1 и № 2 (расход топлива  $Q_1$ ). Сбросить показания секундомера.

9. Студенту при прохождении вешки № 2 включить секундомер и зафиксировать уровень топлива в мерном сосуде.

10. Студенту при прохождении вешки № 1 выключить секундомер и вновь зафиксировать уровень топлива в мерном сосуде.

11. Водителю развернуть автомобиль.

12. Студенту записать в табл. 1 показания секундомера (время  $t_2$ ) и разницу уровней топлива в мерном сосуде при прохождении вешек № 2 и № 1 (расход топлива  $Q_2$ ). Сбросить показания секундомера.

13. Выполнить пункты 3...12 для второго заезда при той же заданной скорости.

14. Задаться скоростью на 10 км/ч меньше предыдущей (60 км/ч) и выполнить пункты 3...13.

15. Пункты 3...14 выполнять до достижения минимальной скорости 20 км/ч.

16. Вернуться в учебную лабораторию.

17. Используя данные табл. 1, по формулам (1), (3), (5), (6), (9), (10) рассчитать показатели топливной экономичности автомобиля.

18. Результаты расчетов занести в табл. 3.

19. По данным табл. 3 построить топливную характеристику установившегося движения (см. рис. 3).

#### **4. ОТЧЕТ ПО РАБОТЕ**

1. Привести номенклатуру показателей топливной экономичности автотранспортных средств.

2. Изобразить схему экспериментальной установки.

3. Подготовить табл. 1 и 3 для пяти скоростей движения.

4. Привести расчетные формулы (1), (3), (5), (6), (9), (10).

5. Обработать результаты испытаний и заполнить таблицы.

6. Построить топливную характеристику установившегося движения автомобиля.

7. Проанализировать построенный график.

#### **5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

1. Назовите номенклатуру показателей топливной экономичности автотранспортных средств.

2. Перечислите требования к проведению испытаний автотранспортных средств на топливную экономичность.

3. Изложите методику испытаний автомобиля на топливную экономичность при установившемся движении.

4. С какой целью производится подсчет погрешностей измерений?

5. Назовите наиболее экономичную скорость движения автомобиля по результатам анализа полученной графической зависимости.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Автомобили: Испытания : учеб. пособие / В. М. Беляев [и др.]; под ред. А. И. Гришкевича. – Минск : Выш. шк., 1991. – 187 с.
2. Карташевич, А. Н. Теория автомобилей и двигателей : учеб. пособие / А. Н. Карташевич, Г. М. Кухаренок, А. А. Рудашко. – Минск : РИПО, 2018. – 307 с.
3. Кравченко, В. А. Испытания автомобилей и тракторов : лаб. практикум / В. А. Кравченко, В. А. Оберемок. – Черноград : ФГБОУ ВПО АЧГАА, 2016. – 169 с.
4. Литвинов, А. С. Автомобиль: Теория эксплуатационных свойств : учебник / А. С. Литвинов, Я. Э. Фаробин. – Москва : Машиностроение, 1989. – 240 с.
5. Автотранспортные средства. Топливная экономичность. Методы испытаний : ГОСТ 20306–90. – Введ. 01.01.92. – Москва : Гос. комитет СССР по управлению качеством продукции и стандартам, 1991. – 34 с.