

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

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТОВ СОПРОТИВЛЕНИЯ ВОЗДУХА И СОПРОТИВЛЕНИЯ КАЧЕНИЮ 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 № 2 от 25 октября 2021 г.*

Автор:

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

Рецензент:

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

Тракторы и автомобили. Определение коэффициентов сопротивления воздуха и сопротивления качению автомобиля : методические указания к лабораторной работе / А. А. Рудашко. – Горки : БГСХА, 2022. – 16 с.

Изложены теоретические основы определения коэффициентов сопротивления воздуха и сопротивления качению автомобиля, описан порядок проведения испытаний по определению сопротивлений движению в дорожных условиях, приведена 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.

© УО «Белорусская государственная
сельскохозяйственная академия», 2022

Цель работы: изучить методику дорожных испытаний по определению коэффициентов сопротивления воздуха и сопротивления качению автомобиля.

Задачи работы:

1. Изучить теоретические основы определения сопротивлений движению.
2. Подготовить автомобиль и приборы для проведения испытаний.
3. Провести дорожные испытания автомобиля по определению сопротивлений движению.
4. Обработать данные испытаний.
5. Проанализировать полученные данные.

Приборы и оборудование: автомобиль, секундомер, рулетка, термометр, анемометр.

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Автомобиль во время движения взаимодействует с окружающим его воздухом, и в каждой точке поверхности автомобиля в результате соприкосновения с воздухом возникают элементарные нормальные (перпендикулярные к поверхности) и касательные силы. Нормальные силы создают давление на поверхность автомобиля, касательные являются силами трения. В результате взаимодействия этих сил на автомобиль действует сопротивление воздуха, или аэродинамическое сопротивление. Для упрощения расчетов элементарные силы сопротивления воздуха заменяют сосредоточенной силой сопротивления воздуха P_B . Точка приложения силы P_B называется центром парусности (ЦП). ЦП является центром площади лобового сопротивления.

Обтекание автомобиля воздушными потоками при его движении носит сложный характер. Основной составляющей силы сопротивления воздуха является лобовое сопротивление, поскольку при движении впереди автомобиля возникает избыточное давление воздуха, а сзади – пониженное. Другими составляющими являются сопротивление воздушного потока при прохождении его через радиатор и подкапотное пространство, сопротивление, создаваемое выступающими поверхностями кузова, завихрение воздуха, трение воздуха о поверхность.

Сила сопротивления воздуха P_B , Н, пропорциональна квадрату скорости движения и определяется по следующей зависимости:

$$P_B = \frac{kFv^2}{13}, \quad (1)$$

где k – коэффициент сопротивления воздуха, $\text{Н} \cdot \text{с}^2 / \text{м}^4$;

F – площадь лобового сопротивления, м^2 ;

v – скорость движения автомобиля, $\text{км}/\text{ч}$.

Коэффициент сопротивления воздуха представляет собой силу сопротивления воздуха, приходящуюся на 1 м^2 площади лобового сопротивления автомобиля, движущегося относительно воздуха со скоростью $1 \text{ м}/\text{с}$. Данный коэффициент характеризует аэродинамические качества поверхности автомобиля и его обтекаемость.

Площадь лобового сопротивления F называют площадь проекции автомобиля на плоскость, перпендикулярную его продольной оси. Определить точное значение лобовой площади довольно сложно, так как для этого нужно обмерить автомобиль, вычертить его наружный контур и определить его площадь (заштрихована на рис. 4). Поэтому при определении F пользуются приближенной формулой:

$$F \approx BH, \quad (2)$$

где B – ширина колеи, м ;

H – габаритная высота, м .

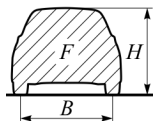


Рис. 4. Схема к определению площади лобового сопротивления автомобиля

Сопротивление качению автомобиля зависит от деформации шин и дороги, потерь на трение внутри шин, трения шин о поверхность, состояния дорожного покрытия и других факторов. В результате на колеса автомобиля в движении действуют моменты сопротивления качению, пропорциональные нормальным реакциям дороги. Сила сопротивления качению автомобиля P_f складывается из приведенных сил от моментов сопротивления качению передних и задних колес. При движении по горизонтальной поверхности сила сопротивления качению P_f , H , определяется по зависимости

$$P_f = fmg,$$

где f – коэффициент сопротивления качению;

m – масса автомобиля, кг ;

g – ускорение свободного падения, $\text{м}/\text{с}^2$.

Коэффициент сопротивления качению представляет собой силу, необходимую для перемещения единицы силы тяжести автомобиля по горизонтальной поверхности с постоянной скоростью.

2. МЕТОДЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА СОПРОТИВЛЕНИЯ ВОЗДУХА

Основным методом исследования обтекаемости автомобиля и экспериментального определения коэффициента сопротивления воздуха является продувка автомобиля или его модели в аэродинамической трубе. Аэродинамическая труба (рис. 1) состоит из всасывающей части (конфузора 2), рабочей части 5 с моделью автомобиля 6 и диффузора 7 конической формы, постепенно расширяющегося в направлении к вентилятору 8. Скорость воздушного потока 3 постепенно увеличивается в конфузоре, достигает максимума в рабочей части и снижается в диффузоре. Выпрямляющая решетка 4, состоящая из мелких ячеек, предназначена для снижения завихрений воздуха и направления воздушного потока ровными и параллельными струями на модель автомобиля.

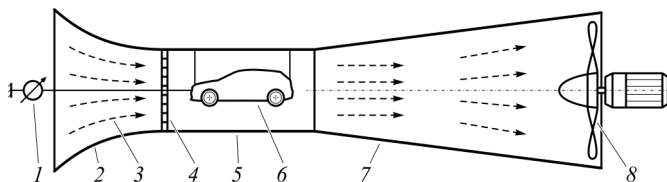


Рис. 1. Схема аэродинамической трубы: 1 – динамометр; 2 – конфузор; 3 – воздушный поток; 4 – выпрямляющая решетка; 5 – рабочая часть; 6 – модель автомобиля; 7 – диффузор; 8 – вентилятор

Зная скорость воздушного потока и показания динамометра 1, можно определить коэффициент сопротивления воздуха, выразив его из уравнения (1):

$$k = \frac{13P_B}{Fv^2}.$$

Свободное подвешивание автомобиля в рабочей части аэродинамической трубы искажает результаты измерения из-за отклонения воздушного потока вниз от передней части автомобиля. Применение

сплошного экрана под автомобилем (рис. 2, *a*) значительно повышает достоверность полученных данных.

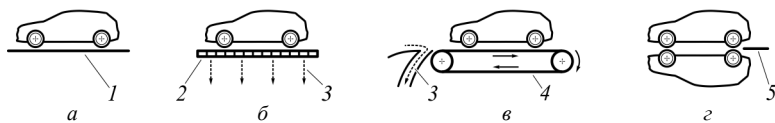


Рис. 2. Способы имитации полотна дороги в аэродинамической трубе: *a* – установка сплошного экрана; *б* – установка щелевого экрана; *в* – установка движущейся ленты; *г* – зеркальная установка; 1 – сплошной экран; 2 – щелевой экран; 3 – отсос пограничного слоя воздуха; 4 – движущаяся резиновая лента; 5 – пластина

Подвеска автомобиля над щелевым экраном (см. рис. 2, *б*) еще больше приближает условия испытаний к действительным, так как пограничный слой воздуха 3, искажающий движение воздушного потока между автомобилем и экраном, отсасывается через отверстия в экране.

Для более точного моделирования условий движения по дороге автомобиль устанавливают над резиновой лентой 4 (см. рис. 2, *в*), движущейся в том же направлении и с той же скоростью, что и воздушный поток. При данном способе тоже производится отсос пограничного слоя воздуха.

Также для учета воздействия дороги на сопротивление воздуха при движении автомобиля в аэродинамической трубе могут подвешиваться две зеркально расположенные модели автомобиля (см. рис. 2, *г*). Пластина 5, расположенная за моделями автомобилей, способствует выравниванию воздушного потока, проходящего между моделями.

Один из методов экспериментального определения коэффициента сопротивления воздуха основан на буксировке испытуемого автомобиля. В этом случае автомобиль буксируется специальным тягачом с помощью троса с динамометром, показывающим силу тяги, затрачиваемую на преодоление сил сопротивления воздуха и сопротивления качению автомобиля. Недостатками данного метода являются влияние завихрений воздуха за тягачом и значительные колебания показаний динамометра при буксировке.

Для определения коэффициента сопротивления воздуха при свободном движении автомобиля используется метод движения на уклоне, на котором автомобиль свободно скатывается, пока не достигнет постоянной скорости (рис. 3, *a*). Уклон дороги при этом должен быть постоянным на достаточно длинном участке дороги, а коэффици-

ент сопротивления качению f измерен с высокой точностью. Используя уравнение тягового баланса для случая равномерного движения со скоростью v под уклон (угол $\alpha < 0$), коэффициент сопротивления воздуха определяют по зависимости

$$k = \frac{13mg(\sin \alpha - f \cos \alpha)}{Fv^2}.$$

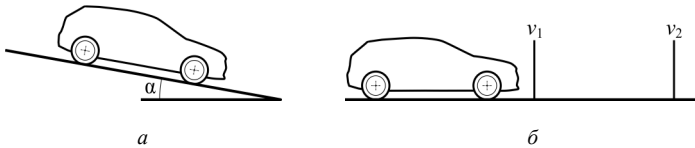


Рис. 3. Определение коэффициента сопротивления воздуха автомобиля:
а – при движении на уклоне; б – методом затухающего движения

Наиболее простым методом определения коэффициента сопротивления воздуха является метод затухающего движения автомобиля.

Если коэффициент сопротивления качению f на измерительном участке известен, то, разогнав автомобиль до скорости, несколько большей v_1 (см. рис. 3, б), отпускают педаль газа и выключают передачу, тем самым давая автомобилю возможность двигаться за счет силы инерции. В момент достижения скорости v_1 включают секундомер. Когда скорость упадет на 5...10 км/ч до величины v_2 , выключают секундомер и записывают время движения t .

Среднее замедление (среднее отрицательное ускорение) $j_{\text{ср}}$, м/с², на участке падения скорости с v_1 до v_2 определяют по формуле

$$j_{\text{ср}} = \frac{v_1 - v_2}{3,6t}, \quad (3)$$

где t – время движения при снижении скорости с v_2 до v_1 , с.

Средняя скорость движения $v_{\text{ср}}$, км/ч, на этом участке определяется как среднеарифметическое между скоростями v_1 и v_2 :

$$v_{\text{ср}} = \frac{v_1 + v_2}{2}. \quad (4)$$

Сила инерции P_j , Н, расходуется на преодоление сил сопротивления качению и воздуха:

$$P_j = m j_{\text{cp}} = fmg + \frac{kFv_{\text{cp}}^2}{13}.$$

При известном коэффициенте сопротивления качению f на данном участке пути коэффициент сопротивления воздуха определяется как

$$k = \frac{13m(j_{\text{cp}} - fg)}{Fv_{\text{cp}}^2}.$$

Опыт повторяется в двух противоположных направлениях движения («Прямое» и «Обратное»), и рассчитывается среднее значение k_{cp} .

Если коэффициент сопротивления качению f неизвестен, то метод затухающего движения используется при движении автомобиля в двух зонах скорости – высокой и низкой. Это позволяет определять одновременно два коэффициента – сопротивления воздуха k и сопротивления качению f .

3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТОВ СОПРОТИВЛЕНИЯ ВОЗДУХА И СОПРОТИВЛЕНИЯ КАЧЕНИЮ

3.1. 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. Распределение массы по осям (колесам) должно соответствовать требованиям ТДА.

Перед началом испытаний все агрегаты автомобиля должны быть прогреты до рабочей температуры, что достигается при его пробеге по участку дороги длиной около 50 км в течение 0,5...1 ч. Давление воздуха в шинах колес должно соответствовать требованиям ТДА.

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 достаточной для разгона до заданной скорости движения и замедления до полной остановки автомобиля. Использование измери-

тельного участка предполагает наличие с обеих сторон подъездных участков с аналогичным покрытием и длиной.

Дорожные испытания проводятся при соблюдении следующих условий: отсутствие осадков; скорость ветра – не более 3 м/с (допускаются порывы до 5 м/с); температура воздуха – в пределах +5...25 °С; атмосферное давление – в пределах 730...770 мм. рт. ст; относительная влажность воздуха – не выше 95 %. Наличие даже небольшого ветра приводит к значительному увеличению погрешности при определении сопротивлений движению автомобиля.

3.2. Порядок проведения испытаний

После подготовки автомобиля к проведению испытаний взвешивают автомобиль и рулеткой измеряют ширину колеи и габаритную высоту. После выезда на измерительный участок термометром измеряют температуры воздуха и анемометром скорость ветра. Результаты измерений заносят в табл. 1.

Таблица 1. Параметры автомобиля и окружающей среды

Параметр	Значение
Автомобиль	
Масса m , кг	
Ширина колеи B , м	
Габаритная высота H , м	
Площадь лобового сопротивления F , м ²	
Температура воздуха $t_{в}$, °С	
Скорость ветра $v_{в}$, м/с	

На измерительном участке испытания проводят в два этапа с использованием двух зон скорости – высокой и низкой (рис. 5). Оба этапа испытаний следует проводить одновременно, за один заезд автомобиля, что позволит исключить появление дополнительной погрешности измерений из-за изменения условий испытаний.



Рис. 5. Определение коэффициентов сопротивления воздуха и сопротивления качению автомобиля методом затухающего движения

Перед измерительным участком автомобиль разгоняют до скорости, несколько большей скорости $v_{1в}$, и выключают передачу. При этом автомобиль движется за счет силы инерции и замедляется за счет силы сопротивления воздуха и силы сопротивления качению.

При достижении скорости $v_{1в}$ включают секундомер и засекают время t_1 падения скорости на 5...10 км/ч до величины $v_{2в}$ в зоне высокой скорости. После этого автомобиль продолжает двигаться с замедлением по направлению к зоне низкой скорости. Когда скорость упадет до величины $v_{1н}$, аналогично измеряют время t_2 падения скорости с $v_{1н}$ до $v_{2н}$ в зоне низкой скорости.

Испытательные заезды проводят в двух противоположных направлениях – «Прямое» и «Обратное». Для увеличения достоверности полученных данных опыты повторяют три раза. Результаты измерений заносят в табл. 2.

Таблица 2. Экспериментальные и расчетные данные

№ опыта	Направление движения	Зона высокой скорости				Зона низкой скорости				f	$k, \text{Н} \cdot \text{с}^2/\text{М}^4$	
		$v_{1в}, \text{км/ч}$	$v_{2в}, \text{км/ч}$	$t_1, \text{с}$	$v_{ср1}, \text{км/ч}$	$j_{ср1}, \text{М/с}^2$	$v_{1н}, \text{км/ч}$	$v_{2н}, \text{км/ч}$	$t_2, \text{с}$			$v_{ср2}, \text{км/ч}$
1	Прямое											
	Обратное											
2	Прямое											
	Обратное											
3	Прямое											
	Обратное											

3.3. Обработка экспериментальных данных

После проведения испытаний, пользуясь уравнением (4), определяют средние скорости движения в зоне высокой скорости $v_{ср1}$ и в зоне низкой скорости $v_{ср2}$. По уравнению (3) определяют средние замедления $j_{ср1}$ и $j_{ср2}$ при движении в этих зонах.

Измерение в двух зонах скорости позволяет составить два уравнения движения, с помощью которых определяют две неизвестные величины – коэффициенты сопротивления воздуха k и сопротивления качению f :

$$mj_{ср1} = fmg + \frac{kFv_{ср1}^2}{13}; \quad (5)$$

$$mj_{cp2} = fmg + \frac{kFv_{cp2}^2}{13}. \quad (6)$$

Вычитая (6) из (5), получим

$$m(j_{cp1} - j_{cp2}) = \frac{kF}{13}(v_{cp1}^2 - v_{cp2}^2).$$

Отсюда коэффициент сопротивления воздуха определится как

$$k = \frac{13m(j_{cp1} - j_{cp2})}{F(v_{cp1}^2 - v_{cp2}^2)}. \quad (7)$$

Подставив значение k в уравнение (5), получим

$$mj_{cp1} = fmg + \frac{13m(j_{cp1} - j_{cp2})}{F(v_{cp1}^2 - v_{cp2}^2)} \cdot \frac{kFv_{cp1}^2}{13},$$

откуда выразим коэффициент сопротивления качению:

$$f = \frac{1}{g} \left(j_{cp1} - \frac{j_{cp1} - j_{cp2}}{v_{cp1}^2 - v_{cp2}^2} v_{cp1}^2 \right). \quad (8)$$

Результаты расчетов заносят в табл. 2.

Средний коэффициент сопротивления качению f_{cp} определяется по зависимости:

$$f_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n f_i}{n}, \quad (9)$$

где f_i – значение коэффициента f в каждом из измерений;

n – число измерений (для текущих испытаний $n = 6$);

Аналогично определяется средний коэффициент сопротивления воздуха k_{cp} :

$$k_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n k_i}{n}, \quad (10)$$

где k_i – значение коэффициента k в каждом из измерений;

Относительная погрешность измерений Δ , %, при определении коэффициента сопротивления качению вычисляется по формуле

$$\Delta_f = \frac{K_n \sigma_f}{f_{\text{cp}} \sqrt{n}} 100, \quad (11)$$

где K_n – поправочный коэффициент, зависящий от числа измерений n (табл. 3);

σ_f – стандартное отклонение, определяемое по зависимости

$$\sigma_f = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (f_{\text{cp}} - f_i)^2}{n-1}}. \quad (12)$$

Таблица 3. Значения поправочного коэффициента K_n

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

Аналогично рассчитывается относительная погрешность измерений при определении коэффициента сопротивления воздуха:

$$\Delta_k = \frac{K_n \sigma_k}{k_{\text{cp}} \sqrt{n}} 100, \quad (13)$$

где σ_k – стандартное отклонение, определяемое по зависимости

$$\sigma_k = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (k_{\text{cp}} - k_i)^2}{n-1}}. \quad (14)$$

Результаты расчетов средних значений и величин погрешностей заносят в табл. 4.

Таблица 4. Средние значения коэффициентов и погрешность измерений

Среднее значение		Стандартное отклонение		Относительная погрешность	
f_{cp}	$k_{\text{cp}}, \text{H}\cdot\text{c}^2/\text{M}^4$	σ_f	$\sigma_k, \text{H}\cdot\text{c}^2/\text{M}^4$	$\Delta_f, \%$	$\Delta_k, \%$

Испытания автомобиля повторяют, если относительная погрешность измерения коэффициентов сопротивления воздуха и сопротивления качению превышает 5 %

4. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Изучить теоретические основы определения коэффициентов сопротивления воздуха и сопротивления качению автомобиля.

2. Ознакомиться с испытуемым автомобилем, приборами и методикой испытаний.

3. Взвесить автомобиль, измерить ширину колеи и габаритную высоту автомобиля.

4. Выехать на измерительный участок.

5. Замерить скорость ветра и температуру окружающего воздуха. Принять решение о проведении испытаний.

6. Водителю, ориентируясь на показания спидометра, разогнать автомобиль до заданной скорости (свыше 70 км/ч). Выключить передачу.

7. Студенту, находящемуся на пассажирском сиденье при достижении скорости $v_{1в}$ (70 км/ч) включить секундомер.

8. Студенту при достижении скорости $v_{2в}$ (60 км/ч) выключить секундомер. Занести в табл. 2 значение времени t_1 для направления движения «Прямое». Сбросить показания секундомера.

9. Студенту при достижении скорости $v_{1н}$ (30 км/ч) включить секундомер.

10. Студенту при достижении скорости $v_{2н}$ (20 км/ч) выключить секундомер. Занести в табл. 2 значение времени t_2 . Сбросить показания секундомера.

11. Водителю развернуть автомобиль для движения в направлении «Обратное». Разогнать автомобиль до заданной скорости (свыше 70 км/ч) и выключить передачу.

12. Студенту выполнить пункты 6...10 для направления движения «Обратное».

13. Выполнить пункты 6...12 три раза.

14. Вернуться в учебную лабораторию.

15. Используя данные табл. 1...3, по формулам (2)...(4) и (7)...(14) рассчитать необходимые показатели.

16. Результаты расчетов занести в табл. 1, 2 и 4.

5. ОТЧЕТ ПО РАБОТЕ

1. Привести определение коэффициента сопротивления воздуха.
2. Изобразить схему движения автомобиля (см. рис. 5).
3. Подготовить табл. 1, 2 и 4 для выполнения опытов.
4. Привести расчетные формулы (2)...(4) и (7)...(14).
5. Обработать результаты испытаний и заполнить таблицы.
6. Проанализировать полученные данные.

6. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Перечислите факторы, влияющие на сопротивление воздуха автомобиля.
2. Дайте определение коэффициенту сопротивления воздуха.
3. Какие факторы влияют на сопротивление качению автомобиля?
4. С какой целью при испытаниях автомобиля применяют анемометр?
5. Для чего в методе затухающего движения используется две зоны скорости?
6. Какие показатели регистрируются в ходе испытаний?
7. Какие показатели определяются по результатам испытаний?

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. Кушвид, Р. П. Испытания автомобиля : учебник / Р. П. Кушвид. – Москва : МГИУ, 2011. – 351 с.
4. Литвинов, А. С. Автомобиль: Теория эксплуатационных свойств : учебник / А. С. Литвинов, Я. Э. Фаробин. – Москва : Машиностроение, 1989. – 240 с.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Общие сведения	3
2. Методы экспериментального определения коэффициента сопротивления воздуха	5
3. Определение коэффициентов сопротивления воздуха и сопротивления качению	8
3.1. Общие требования к проведению испытаний	8
3.2. Порядок проведения испытаний	9
3.3. Обработка экспериментальных данных	10
4. Порядок выполнения работы	13
5. Отчет по работе	14
6. Контрольные вопросы	14
Библиографический список	15

Учебное издание

Рудашко Александр Александрович

ТРАКТОРЫ И АВТОМОБИЛИ

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТОВ СОПРОТИВЛЕНИЯ
ВОЗДУХА И СОПРОТИВЛЕНИЯ КАЧЕНИЮ АВТОМОБИЛЯ**

Методические указания к лабораторной работе

Редактор *Н. А. Матасёва*
Технический редактор *Н. Л. Якубовская*
Корректор *Н. П. Лаходанова*

Подписано в печать2022. Формат 60×84¹/₁₆. Бумага офсетная.
Ризография. Гарнитура «Таймс». Усл. печ. л. . . . Уч.-изд. л. . . .
Тираж экз. Заказ

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия».
Свидетельство о ГРИИРПИ № 1/52 от 09.10.2013.
Ул. Мичурина, 13, 213407, г. Горки.

Отпечатано в УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия».
Ул. Мичурина, 5, 213407, г. Горки.