



Новосибирский государственный аграрный  
университет  
Инженерный Институт

Инженерный институт

# **Конструкция и эксплуатационные свойства ТнТТМО**

**Методические указания**

по выполнению лабораторно-практических занятий и  
самостоятельного изучения

Новосибирск 2017

## Кафедра автомобилей и тракторы

Конструкция и эксплуатационные свойства ТиТТМО:  
Методические указания по выполнению лабораторно-  
практических занятий / Новосиб. гос. аграр. ун-т. Инж. ин-т;  
Сост.: П.И. Федюнин, С.П. Матяш. – Новосибирск, 2016.- 28 с.

Рецензент : канд. техн. наук., проф. С.Г. Щукин

Предназначен для студентов обучающихся по направлению  
подготовки 23.03.01 Технология транспортных процессов (профиль  
Организация безопасности движения).

Утверждены и рекомендованы к изданию методической  
комиссией Инженерного института (протокол №10 от 30 мая  
2017 г).

© Новосибирский ГАУ, 2017

© Инженерный институт, 2017

## **Введение**

### **1.1 Правила поведения и основные требования техники безопасности при выполнении лабораторно-практических работ**

Перед началом лабораторных работ студенты должны ознакомиться с настоящими правилами. Студенты, прошедшие инструктаж по технике безопасности, должны расписаться в кафедральном журнале лабораторных работ. Студенты, не прошедшие инструктаж и не расписавшиеся в журнале, к работе не допускаются.

В каждой подгруппе назначен дежурный, который обязан:

- а) подготовить мел, тряпку, протереть доску;
- б) за 5 минут до начала занятий получить у лаборанта инструмент, учебные и методические пособия, техническую литературу, распределить их по рабочим местам;
- в) в течение занятий поддерживать порядок, чистоту, сохранность учебных и методических пособий, приборов и оборудования лабораторий;
- г) после окончания занятий сдать лаборанту полученное оборудование, привести в порядок рабочие места.

*Студентам запрещается:*

- а) посещать занятия в верхней одежде;
- б) выносить из лаборатории детали, приборы или вносить посторонние предметы, курить, шуметь;
- в) ходить во время занятий без надобности по лаборатории, трогать руками включенные приборы и аппаратуру, самовольно разбирать или приводить в действие агрегаты, макеты или другое оборудование, если это не предусмотрено работой;
- г) производить приборами и другим оборудованием действия, противоречащие технике безопасности.

## 1.2 ПРОВЕДЕНИЕ ЛАБОРАТОРНО-ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

Лабораторно-практические занятия проводятся с учебной группой.

В дальнейшем лабораторно-практические занятия проводятся в форме решения ситуационных задач по основным разделам дисциплины «Конструкция и эксплуатационные свойства ТИТМО».

На лабораторно-практических занятиях преподаватель выдает студентам соответствующие задачи и контролирует правильность их выполнения.

## ГЛАВА 1 ОБЩАЯ ДИНАМИКА АВТОМОБИЛЯ

Приведены задачи по основным кинематическим и динамическим соотношениям, характерным для автомобилей.

При решении задач можно использовать следующие уравнения и соотношения (принятые обозначения приведены ниже):

Ведущий момент, подводимый к колесам, Нм:

$$M_k = M_{\partial\partial} \cdot i_T \cdot \eta_M. \quad (1.1)$$

Крутящий момент двигателя:

$$M_{\partial\partial} = \frac{N_e}{\omega} \cdot 10^3. \quad (1.2)$$

Касательная сила тяги:

$$P_k = \frac{M_k}{r_k}. \quad (1.3)$$

Теоретическая скорость автомобиля, м/с:

$$V_T = \frac{\omega \cdot r_k}{i_T}, \quad (1.4)$$

$$\text{где } i_T = i_k \cdot i_0. \quad (1.5)$$

Потери от буксования колес:

$$\delta = \frac{V_T - V}{V_T}. \quad (1.6)$$

Сила сопротивления качению:

$$P_f = f \cdot G \cdot \cos \alpha, \quad (1.7)$$

$$\text{где } G = m \cdot g. \quad (1.8)$$

$$N_f = 0,001 P_f \cdot V. \quad (1.9)$$

Сила сопротивления подъему:

$$P_h = G \cdot \sin \alpha. \quad (1.10)$$

Мощность, затрачиваемая на преодоление сопротивления подъему:

$$N_h = 0,001 P_h \cdot V. \quad (1.11)$$

Сила и мощность, затрачиваемые на преодоление сопротивления воздуха:

$$P_w = k \cdot \rho \cdot F \cdot V^2; \quad (1.12)$$

$$N_w = 0,001 P_w \cdot V. \quad (1.13)$$

Сила и мощность, затрачиваемые на преодоление сопротивления разгону автомобиля:

$$P_j = \delta_{ep} \cdot \frac{G}{g} \cdot j; \quad (1.14)$$

$$N_j = 0,001 P_j \cdot V. \quad (1.15)$$

Коэффициент сопротивления качению:

$$f_n = 0,863 \sqrt{\frac{G_n}{b \cdot c \cdot D^2}}. \quad (1.16)$$

Коэффициент суммарного дорожного сопротивления:

$$\psi = f \cdot \cos \alpha + \sin \alpha. \quad (1.17)$$

Эффективная мощность и мощность, развиваемая на ведущих колесах автомобиля:

$$N_{\partial s} = \frac{M_{\partial s} \cdot \omega}{1000}; \quad (1.18)$$

$$N_k = \frac{M_k \cdot \omega_k}{1000}; \quad (1.19)$$

$$N_k = \frac{P_k \cdot V}{1000}, \quad (1.20)$$

$$\text{где} \quad \omega = \frac{\pi \cdot n}{30}; \quad \omega_k = \frac{\pi \cdot n_k}{30}. \quad (1.21; 1.22)$$

Принятые обозначения:

$\eta_m$  – механический КПД трансмиссии;

$i_T$  – передаточное число трансмиссии;

$i_o$  – передаточное число главной передачи;

$i_k$  – передаточное число коробки передач;

$r_k$  – рабочий радиус качения колеса, м или мм;

$n$  – частота вращения коленчатого вала двигателя,  $\text{мин}^{-1}$ ;

$V_T$  – теоретическая скорость движения автомобиля, км/ч или м/с;  
 $V$  – скорость движения автомобиля, км/ч или м/с;  
 $f$  – коэффициент сопротивления качению автомобиля;  
 $G$  – сила тяжести автомобиля, Н;  
 $m$  – масса автомобиля, кг;  
 $\alpha$  – угол подъема или уклона, градус;  
 $P_f, P_h, P_w, P_j$  и  $N_f, N_h, N_w, N_j$  – силы и мощности сопротивления качению, подъема, воздуха, разгона автомобиля соответственно, Н и кВт;  
 $k_w$  – коэффициент обтекаемости;  
 $\rho$  – плотность воздуха,  $\rho = 1,293 \text{ кг/м}^3$ ;  
 $F$  – площадь лобовой поверхности,  $\text{м}^2$ ;  
 $\delta$  – коэффициент учета вращающихся масс;  
 $j$  – ускорение,  $\text{м/с}^2$ ;  
 $L$  – продольная база автомобиля, м или мм.

1.1 Определить величину крутящего момента при движении автомобиля ЗИЛ-431410 на третьей передаче. Механический КПД коробки передач равен 0,94, главной передачи 0,96.

1.2 Определить касательную силу тяги автомобиля ЗИЛ-431410 при движении на первой и пятой передачах. Механический КПД трансмиссии принять равным 0,93.

1.3 Автомобиль ЗИЛ-431410 движется по шоссе со скоростью 60 км/ч на пятой передаче при номинальной мощности двигателя. Определить касательную силу тяги, если механический КПД трансмиссии равен 0,93.

1.4 Автомобиль ГАЗ-53А движется на третьей передаче, ведущий момент  $M_k$  на одном ведущем колесе равен 2000 Н·м. Найти мощность двигателя, если ведущие колеса вращаются с частотой  $95 \text{ мин}^{-1}$ .

1.5 Рассчитать скорость движения автомобиля ГАЗ-3307 на первой, второй, третьей, четвертой передачах при частоте вращения коленчатого вала  $3000 \text{ мин}^{-1}$ .

1.6 Указать, как изменится мощность, необходимая для преодоления сопротивления воздуха, при увеличении скорости автомобиля с 50 до 63 км/ч и со скорости 50 до 100 км/ч.

1.7 Определить мощность, расходуемую автомобилем ЗИЛ-431410, при движении его с постоянной скоростью 40 км/ч по участку дороги с подъемом  $\alpha$ , равным  $1^\circ$ , и коэффициентом сопротивления качению  $f = 0,025$ . Полная масса автомобиля  $G$  составляет 8100 кг, коэффициент обтекаемости  $k_w = 0,475$ .

1.8 Определить силу сопротивления качению полностью загруженного автомобиля ГАЗ-3307 при движении его на подъем  $\alpha$ , равный  $14^\circ$ , по сухой грунтовой дороге, характеризуемой коэффициентом сопротивления качению  $f = 0,025$ .

1.9 Рассчитать силу сопротивления воздуха движению автомобиля ЗИЛ-431410 на четвертой передаче при частоте вращения коленчатого вала 2000 и 3000 мин<sup>-1</sup>. Коэффициент обтекаемости  $k_w$  принять равным 0,5.

1.10 Сила сопротивления качению  $P_f$  полностью нагруженного автомобиля ЗИЛ-431410 на горизонтальном участке пути составляет 1900 Н. Чему равен коэффициент сопротивления качению  $f$ ?

1.11 Подсчитать мощность, которую расходует автомобиль ГАЗ-3307 при движении с полной загрузкой с постоянной скоростью 50 км/ч по горизонтальному участку дороги, характеризуемой коэффициентом сопротивления качению  $f = 0,002$  и коэффициентом обтекаемости  $k_w = 0,515$ .

1.12 Автомобиль ГАЗ-3307 движется с полной загрузкой и равномерной скоростью по горизонтальному участку дороги, характеризуемой коэффициентом сопротивления качению  $f$ , равным 0,025. Найти, как изменится скорость автомобиля, если сила тяги  $P_k$  на ведущих колесах возрастает с 2590 до 2890 Н.

1.13 Определить максимальную тяговую силу, мощность на колесах, скорость, которую развивает автомобиль, двигаясь по влажной грунтовой дороге ( $\varphi = 0,3$ ) на прямой передаче, если передаточное число главной передачи 6,45; КПД трансмиссии  $\eta_{тр} = 0,85$ . Нагрузка на задний мост равна 58750 Н, размер шин 260-508. Сможет ли автомобиль в заданных условиях реализовать максимальную тяговую силу? При решении используйте внешнюю скоростную характеристику (см. рисунок 1.1.).

Дано:  $\varphi = 0,3$ ;  $i_k = 1,0$ ;  $i_{шт} = 6,45$ ;  $\eta_{тр} = 0,85$ ;  $Q_2 = 53750$  Н;  $B = 260$  мм;  $d = 508$  мм.

Определить  $V$ ,  $N_T$ ,  $N_{T \max}$ ,  $P_{T \max}$ .

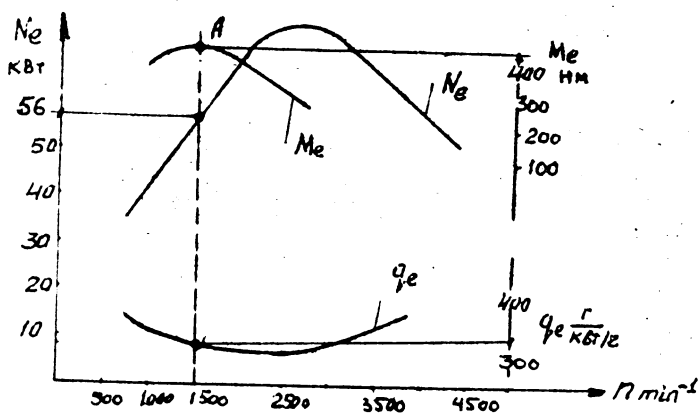


Рисунок 1.1. Внешняя скоростная характеристика автомобильного двигателя

1.14. На сколько процентов уменьшится скорость движения автомобиля, если потери от буксования  $\delta$  возрастут с 0,02 до 0,12?

1.15. Автомобиль ГАЗ-53А движется на второй передаче с частотой вращения коленчатого вала  $n = 3000 \text{ мин}^{-1}$ . Определить, как изменится скорость движения автомобиля при увеличении буксования  $\delta$  с 0,05 до 0,15.

1.16. Определить на сколько процентов уменьшится скорость движения автомобиля. Принять условия задачи 1.11.

## ГЛАВА 2 УСТОЙЧИВОСТЬ АВТОМОБИЛЯ

В данной главе приведены задачи по анализу устойчивости, возможности движения автомобиля по условию сцепления колес с почвой и определению координат центра тяжести. При решении задач рекомендуется использовать следующие формулы:

Предельный угол подъема автомобиля-тягача:

$$\operatorname{tg} \alpha_n = \frac{G \cdot a}{G \cdot h_{\text{цм}} + G_{\text{нр}} \cdot h_{\text{кр}}} \quad (2.1)$$

Предельный угол подъема, преодолеваемый машиной с задним ведущим мостом по условиям сцепления с дорогой:

$$\operatorname{tg} \alpha_{\varphi} = \frac{(L - a) \varphi_{\text{сц}}}{L - \varphi_{\text{сц}} \cdot h_{\text{цм}}} \quad (2.2)$$

Со всеми ведущими колесами:

$$\operatorname{tg} \alpha_{\varphi} \leq \varphi_{\text{сц}} \quad (2.3)$$

Предельный угол подъема, преодолеваемый автомобилем-тягачом по условиям сцепления с дорогой и задним ведущим мостом:

$$\operatorname{tg} \alpha_{\varphi} = \frac{(L - a) \varphi_{\text{сц}} \cdot G}{G(L - \varphi_{\text{сц}} \cdot h_{\text{цм}}) + G_{\text{нр}}(L - \varphi_{\text{сц}} \cdot h_{\text{кр}})} \quad (2.4)$$

машиной со всеми ведущими колесами:

$$\operatorname{tg} \alpha_{\varphi} = \frac{G \cdot \varphi_{\text{сц}}}{G + G_{\text{нр}}} \quad (2.5)$$

Условие невозможности поперечного сползания автомобиля:

$$\frac{\beta}{2h_{\text{цм}}} \leq \varphi_{\text{сц}}, \operatorname{tg} \beta_n \leq \varphi_{\text{сц}} \quad (2.6)$$

Продольная и вертикальная координаты центра тяжести:



$$a = \frac{G_1}{G} \cdot L \quad (2.7)$$

$$h_{um} = r_k + \frac{G_1 - \dots}{G} \cdot L \cdot \cos \alpha \quad (2.8)$$

Боковое смещение центра тяжести (при взвешивании правой части автомобиля):

$$e = \frac{(0,5G - G_n)\beta}{G} \quad (2.9)$$

$$V_{kp} = \sqrt{\frac{gL^2}{G(b\delta_3 - a\delta_n)}} \quad (2.10)$$

$$R_{\min} = \frac{V^2}{3,6^2 g \varphi} \quad (2.11)$$

Принятые обозначения:

$G_0$  – сила тяжести порожнего автомобиля, Н;

$G_r$  – сила тяжести груженого автомобиля, Н;

$G_{пр}$  – сила тяжести прицепа, Н;

$G_1$  и  $G_2$  – сила тяжести, приходящаяся на передний и задний мосты автомобиля, Н;

$G_n$  – сила тяжести правой части машины, Н;

$L$  – продольная база автомобиля, м;

$B$  – ширина колеи, м;

$h_{цт}$  – вертикальная координата центра тяжести, м;

$a$  – продольная координата центра тяжести до задней оси, м;

$e$  – координата бокового смещения центра тяжести, м;

$\alpha_n$  – предельный статический угол подъема;

$\delta$  – коэффициент увода колес.

2.1. Определить боковую силу, действующую на автомобиль ЗИЛ-431410, если он движется со скоростью 15 м/с (см. рисунок 2.1.):

а) на повороте с боковым уклоном  $2^\circ$  в сторону противоположную уклону, радиус поворота 48 м;

б) прямолинейно по этому же уклону.

Технические данные автомобиля: ширина колеи – 1,8 м; высота центра тяжести – 1,9 м; полная величина силы тяжести – 180000 Н.

2.2. Автомобиль сохраняет свою устойчивость по опрокидыванию, если  $M_{опр} \leq M_{вос}$ .

$$M_{опр} = G_y \cdot h = G \cdot h \cdot \sin \beta.$$

$$M_{\text{вос}} = G_2 \frac{\beta}{2} = G \cdot \frac{\beta}{2} \cdot \cos \beta.$$

где  $M_{\text{вос}}$  – восстанавливающий момент.

2.3. Автомобиль ГАЗ-66 движется по дороге, имеющей поперечный уклон  $35^\circ$  (см. рисунок 2.2.). Масса автомобиля 5770 кг;  $B = 1,8$  м;  $h = 1,15$ . Определить  $M_{\text{опр}}$ ,  $M_{\text{вос}}$ ,  $\alpha_{\text{кр}}$  по опрокидыванию.

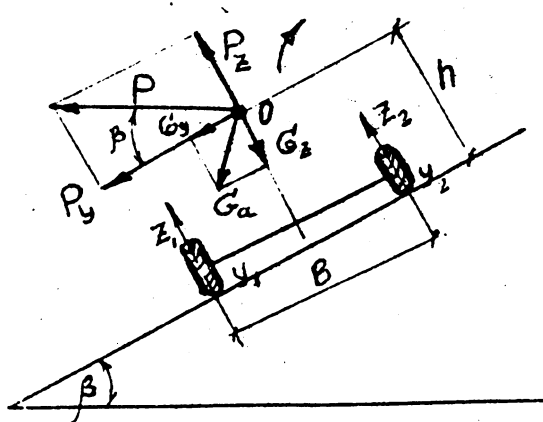
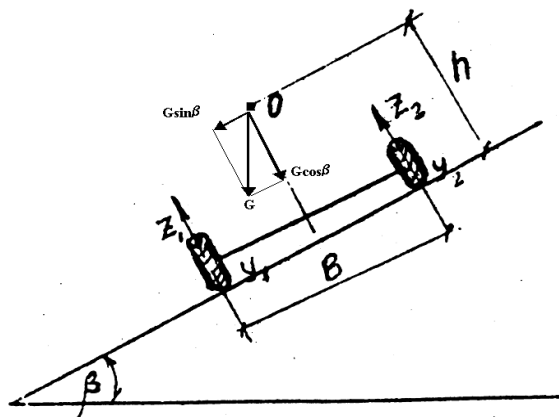


Рисунок 2.1. Расчетная схема

2.4. Определить по условиям сцепления с дорогой при  $\varphi_{\text{сц}}$  равном 0,35, предельный угол подъема, преодолеваемый автомобилем с задними ведущими колесами, приняв для автомобиля такие данные:  $L = 3,3$  м;  $h_{\text{цт}} = 0,9$ ;  $a = 1,5$  м.



### ГЛАВА 3 ДИНАМИКА И ТЯГОВЫЙ РАСЧЕТ АВТОМОБИЛЯ

В эту главу включены задачи, позволяющие расчетным путем определить показатели динамической характеристики автомобиля, если известны его основные конструктивные параметры. К таким показателям относятся: скорости движения на разных дорогах с различными нагрузками; величины подъемов, которые может преодолеть автомобиль в заданных дорожных условиях при движении без прицепа и с прицепом.

В этой же главе приведены задачи, решение которых позволяет оценить грузоподъемность автомобиля, его тормозные качества, а также методы выбора основных параметров автомобиля.

При решении задач необходимо использовать следующие основные зависимости и соотношения:

Динамический фактор:

$$D = \frac{P_{\kappa} - P_w}{G} = f \cdot \cos \alpha + \sin \alpha + \frac{\beta}{g} \cdot j. \quad (3.1)$$

Максимальный угол подъема, который может преодолеть автомобиль, движущийся равномерно по динамической характеристике,

$$\sin \alpha = D - f. \quad (3.2)$$

Принимается  $\cos \alpha \approx 1$ .

Максимальное значение тормозной силы (Н) по сцеплению при торможении всех колес:

$$P_{\tau_{\max}} = \varphi \cdot G \cdot \cos \alpha. \quad (3.3)$$

Максимальное значение отрицательного ускорения:

$$j_T = \frac{g}{G} \left( P_{\tau_{\max}} + f \cdot G \cdot \cos \alpha + G \cdot \sin \alpha + k_w \cdot F \cdot V^2 \right). \quad (3.4)$$

Максимальный тормозной путь (м) при действии тормозов на всех колесах без учета сопротивления воздуха:

$$S_T = \frac{V_1^2 - V_2^2}{2 \cdot g \cdot 3,6^2} \cdot \frac{1}{(\varphi + f) \cdot \cos \alpha + \sin \alpha}. \quad (3.5)$$

3.1. Чему равен динамический фактор автомобиля, движущегося со скоростью 65 км/ч? Сила тяжести автомобиля  $G$  равна 29400 Н; тяговая сила на ведущих колесах  $P_k = 1921$  Н; фактор сопротивления воздуха  $k_w = 0,5$ ; площадь лобового сопротивления  $F = 5,48$  м<sup>2</sup>.

3.2. Как изменится динамический фактор автомобиля при увеличении скорости с 50 до 90 км/ч на прямой передаче? При решении использовать скоростную характеристику двигателя (рисунок 3.1.). Сила тяжести  $G = 17983$  Н; радиус колеса  $r_k = 0,344$  м; передаточное число главной передачи  $i_0 = 5,125$ ; механический КПД трансмиссии  $\eta_m = 0,92$ ; фактор сопротивления воздуха  $k_w = 0,355$ ; площадь лобового сопротивления  $F = 2,1$  м<sup>2</sup>.

3.3. Определить, какой максимальный угол подъема может преодолеть автомобиль, двигаясь равномерно на прямой передаче со скоростью 70 км/ч по дороге, характеризуемой коэффициентом сопротивления качению  $f = 0,02$ .

Технические данные автомобиля: сила тяжести  $G = 14700$  Н; тяговая сила на ведущих колесах  $P_k = 1362$  Н; фактор сопротивления воздуха  $k_w = 0,439$ ; площадь лобового сопротивления  $F = 2,9$  м<sup>2</sup>.

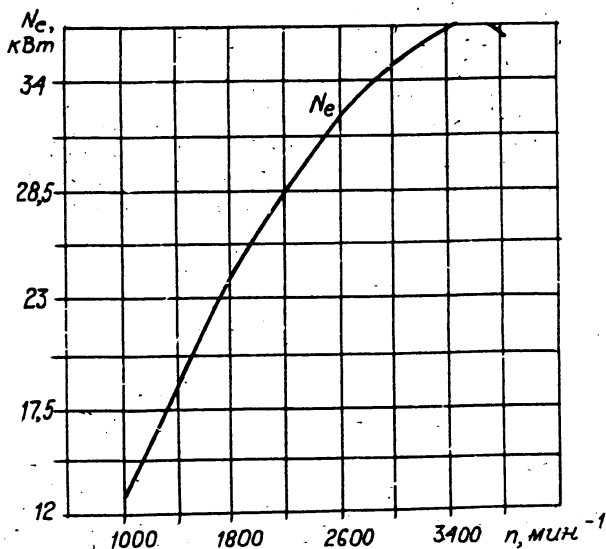


Рисунок 3.1. Скоростная (внешняя) характеристика автомобильного двигателя

3.4. Автомобиль при равномерном движении по дороге, характеризуемой коэффициентом сопротивления качению  $f$ , равным 0,025,

может преодолеть подъем, угол которого  $\alpha$  составляет  $3^{\circ}40'$ . Найти динамический фактор автомобиля.

3.5. Автомобиль движется по дороге с углом подъема, равным  $5^{\circ}10'$ . Определить величину коэффициента сопротивления качению, если известно, что динамический фактор  $D$  составляет 0,113.

3.6. Как изменится динамический фактор автомобиля при увеличении тяговой силы  $P_k$  на ведущих колесах с 1176 до 1164Н? Автомобиль движется равномерно со скоростью 90 км/ч, его сила тяжести  $G$  равна 14700 Н; фактор сопротивления воздуха  $k_w = 0,335$ ; площадь лобового сопротивления  $F = 1,9\text{ м}^2$ .

3.7. На рисунке 3.2. приведен график ускорений автомобиля на одной передаче. Найти время разгона скорости автомобиля с 30 до 60 км/ч.

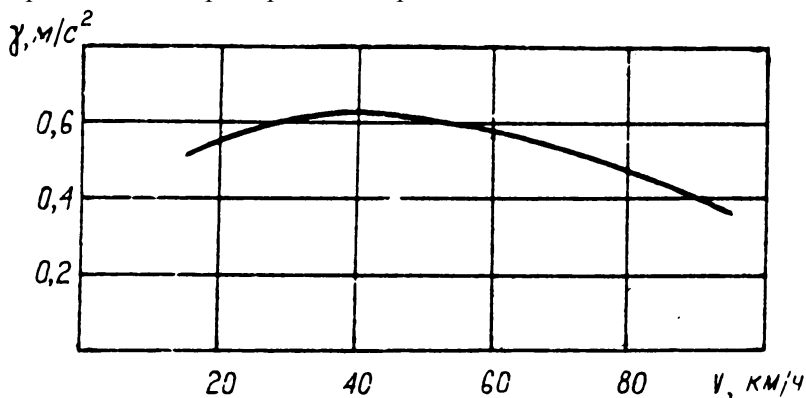


Рисунок 3.2. График ускорения автомобиля на одной передаче

Решение задачи. Весь интервал скоростей, в пределах которых происходит разгон автомобиля, разбиваем на ряд отдельных участков с разницей в скорости 5 км/ч.

Время разгона (с) на отдельном участке определяем приближенно из выражения:

$$t = \frac{V_2 - V_1}{1,8(j_1 + j_2)},$$

где скорости  $V_1$  соответствует ускорение  $j_1$ , а скорости  $V_2$  – ускорение  $j_2$ . Для рассматриваемого случая определяем время разгона на шести участках и, просуммировав его, находим время разгона  $t$  в заданном интервале скоростей от 30 до 60 км/ч. Оно будет равно 13,3 с.

3.8. Автомобиль затормаживается на горизонтальной дороге, характеризуемой коэффициентом сцепления  $\phi$ , равным 0,6, и коэффициентом сопротивления качению  $f$ , равным 0,02, со скорости 90 км/ч. Найти максимально возможную величину отрицательного ускорения для

двух случаев: учитывая сопротивления воздуха и пренебрегая им. Сила тяжести автомобиля  $G$  составляет 18003 Н; фактор сопротивления воздуха  $k_w = 0,392$ ; площадь лобового сопротивления  $F = 2,5 \text{ м}^2$ .

3.9. Определите, на какой передаче автомобиль может двигаться с разгоном, а также значение ускорения, если он движется со скоростью 50 км/ч по асфальтобетонной дороге ( $f = 0,012$ ), имеющей подъем  $1,5^\circ$ . Напишите уравнение тягового баланса для данных условий движения при этом воспользуйтесь тяговой характеристикой (рисунок 3.4.), если известно: габаритная высота автомобиля  $H = 2,2 \text{ м}$ ; ширина колеи передних колес  $B = 1,6 \text{ м}$ ; коэффициент сопротивления воздуха  $k_w = 0,687 \text{ Н} \cdot \text{с}^2/\text{м}^4$ ; полный вес автомобиля  $G_a = 72520 \text{ Н}$ .

Дано:  $i_{k1} = 6,48$ ;  $i_{k2} = 3,09$ ;  $i_{k3} = 1,0$ ;  $f = 0,012$ ;  $\alpha = 30^\circ$ ;  $V = 50 \text{ км/ч}$ ;  $B = 1,6 \text{ м}$ ;  $k = 0,687 \text{ Н} \cdot \text{с}^2/\text{м}^4$ ;  $G_a = 72520 \text{ Н}$ ;  $H = 2,2 \text{ м}$ . (см. рисунок 3.4.)

3.10. Автомобиль движется равномерно с грузом, вес которого 24000 Н по грунтовой дороге ( $f = 0,021$ ) на подъем в  $4^\circ 30'$  (грузоподъемность автомобиля  $G_{\text{гр}} = 40000 \text{ Н}$ ).

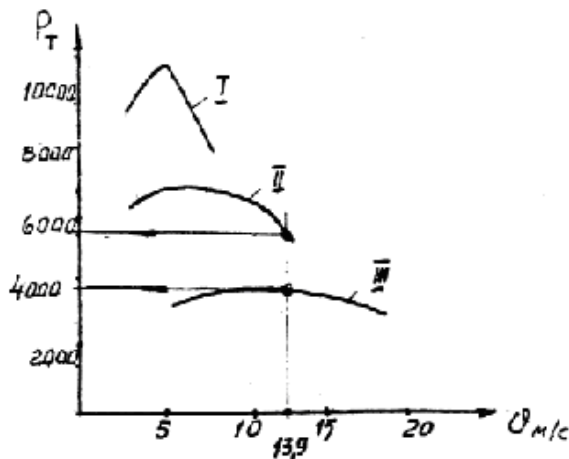


Рисунок 3.4. Тяговая характеристика автомобиля

Пользуясь прилагаемой динамической характеристикой и монограммой нагрузок (рисунок 3.5.) определите, на какой передаче и с какой скоростью движется автомобиль, какова величина его динамического фактора, а также определите силу тяги на ведущих колесах автомобиля.

Технические данные автомобиля:

$H = 2,2 \text{ м}$ ;  $B = 1,6 \text{ м}$ ;  $k_w = 0,686 \text{ Н} \cdot \text{с}^2/\text{м}^4$ ;  $G_a = 83545 \text{ Н}$ .

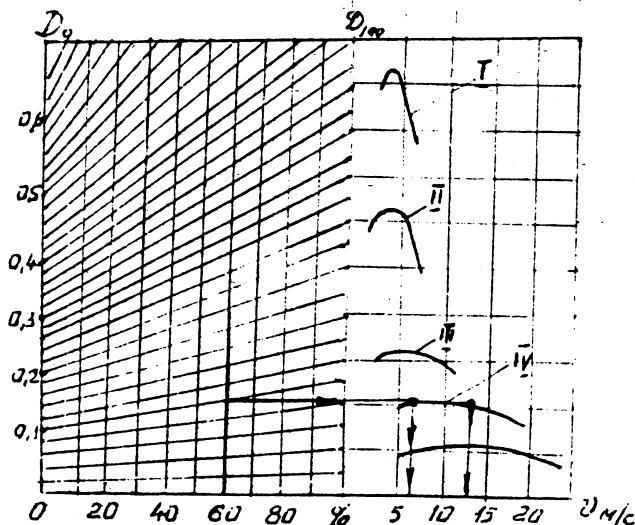


Рисунок 3.5. Динамическая характеристика и монограмма нагрузок

3.11. Пренебрегая сопротивлением воздуха, определить, как изменится максимальное значение отрицательного ускорения, если в первом случае автомобиль затормаживается на горизонтальном участке дороги, а во втором – на участке дороги с углом подъема  $\alpha$ , равным  $6^\circ$ . Оба участка характеризуются одинаковым коэффициентом сцепления  $\varphi = 0,5$  и одинаковым коэффициентом сопротивления качению  $f = 0,025$ .

3.12. Определить максимальный путь торможения автомобиля со скоростью 60 км/ч до полной остановки при торможении всех колес на горизонтальном участке дороги, характеризуемой коэффициентом сцепления  $\varphi$ , равным 0,4, и коэффициентом сопротивления качению  $f = 0,02$ . При решении задачи сопротивлением воздуха пренебречь.

## ГЛАВА 4 ТОПЛИВНАЯ ЭКОНОМИЧНОСТЬ АВТОМОБИЛЯ

Приведены задачи по определению топливной экономичности автомобилей.

Топливная экономичность автомобиля рассматривается в зависимости от степени использования мощности двигателя, скорости движения, степени использования грузоподъемности автомобиля, а также от дорожных условий.

При решении задач следует пользоваться следующими зависимости и соотношениями:

Удельный расход топлива, г/кВт·ч:

$$g_e = 1000 \cdot \frac{Q}{N_e}, \quad (4.1)$$

где  $Q$  – часовой расход топлива, кг/ч.

Расход топлива на 100 км пути:

а) в килограммах

$$Q_s \frac{\text{кг}}{100 \text{ км}} = Q \frac{\text{кг}}{\text{ч}} \cdot \frac{100}{V}; \quad (4.2)$$

б) в литрах

$$Q_s \frac{\text{л}}{100 \text{ км}} = \frac{1}{\gamma} Q_s \frac{\text{кг}}{100 \text{ км}}, \quad (4.3)$$

где  $\gamma$  – удельный вес топлива, г/см<sup>3</sup>.

Расход топлива на 1 т·км:

а) в килограммах

$$Q_T \frac{\text{кг}}{\text{т} \cdot \text{км}} = \frac{Q_s \frac{\text{кг}}{100 \text{ км}}}{100 G_H k_g}, \quad (4.4)$$

где  $G_H$  – номинальная грузоподъемность автомобиля, кН;

$k_g$  – коэффициент использования грузоподъемности;

б) в литрах

$$Q_s \frac{\text{л}}{\text{т} \cdot \text{км}} = \frac{1}{\gamma} Q_s \frac{\text{кг}}{\text{т} \cdot \text{км}}. \quad (4.5)$$

4.1. Автомобиль движется со скоростью 54 км/ч, расходует в час 18,9 кг топлива. Подсчитать расход топлива на 80 км пути.

4.2. По графику удельного расхода топлива двигателем (рисунок 4.1.) найти, сколько литров топлива израсходует автомобиль на участке в 24 км при движении на прямой передаче со скоростью 55 км/ч. Удельный вес бензина  $\gamma$  принять равным 0,75 г/см<sup>3</sup>.

Технические данные автомобиля: передаточное число главной передачи  $i_0 = 6,67$ ; радиус колеса  $r_k = 0,44$  м. Мощность двигателя при заданной скорости  $N_e$  равна 50 кВт.



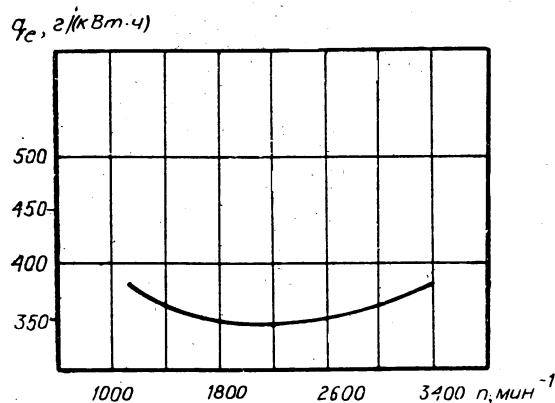


Рисунок 4.1. График удельного расхода топлива двигателем

4.3. Используя данные, приведенные на рисунке 4.2, определить использование мощности двигателя при установившемся движении автомобиля со скоростью 60 км/ч и при коэффициенте суммарного дорожного сопротивления  $\psi$ , равном 0,025.

Полная мощность, которую может развить двигатель при указанной скорости, будет равна сумме отрезков  $a+b$  (см. рисунок 4.2), затраты мощности —  $a+c$ , а использование мощности будет равно  $\frac{a+c}{a+b} \cdot 100\%$ .

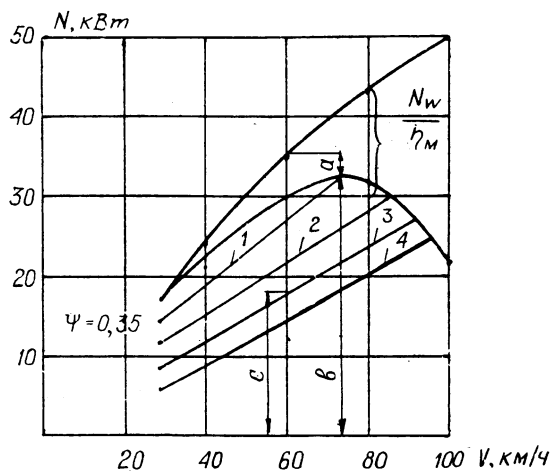


Рисунок 4.2. Определение использования мощности автомобильного двигателя: 1 -  $\psi=0,035$ ; 2 -  $\psi=0,03$ ; 3 -  $\psi=0,025$ ; 4 -  $\psi=0,02$ .

4.4. Используя приведенную на рисунке 4.3 экономическую характеристику полностью груженого автомобиля при установившемся его движении, найти расход топлива на пути в 121 км при следующих условиях движения на определенных участках:

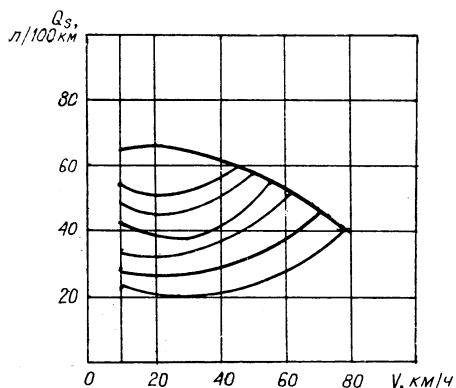


Рисунок 4.3. Экономическая характеристика автомобиля в зависимости от величины

4.5. Экономическая характеристика автомобиля при движении с грузом и без груза выражена на рисунке 4.4.

Автомобиль проехал с грузом и без груза по 60 км со средней скоростью движения  $V$  с грузом 40 км/ч и без груза – 50 км/ч. Найти расход топлива на пробег с грузом и без груза.

Номер участка	Длина, км	Коэффициент суммарного дорожного сопротивления	Время прохождения участка, мин
1	40	0,05	60
2	25	0,02	30
3	38	0,04	57
4	18	0,02	18

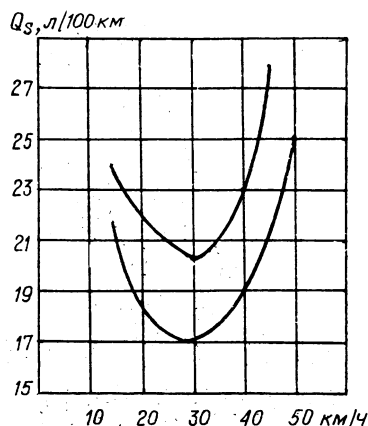


Рисунок 4.4. Экономическая характеристика грузового автомобиля:  
1) без груза; 2) с грузом 2500 кг

## ГЛАВА 5 ПОВОРОТ АВТОМОБИЛЯ

Приведены задачи по определению параметров, характеризующих поворот автомобиля с жесткими и эластичными шинами.

При решении задач нужно использовать следующие соотношения и зависимости:

Критическая предельная скорость движения автомобиля на повороте, м/с:

$$V_{кр} = \sqrt{\frac{g \cdot L^2}{G \cdot (b \cdot k_3 - a \cdot k_n)}}. \quad (5.1)$$

Минимальный радиус поворота автомобиля (м) из условий бокового скольжения при равномерном движении с постоянным углом поворота:

$$R_{min} = \frac{V^2}{3,6^2 \cdot g \cdot \varphi}. \quad (5.2)$$

5.1. Найти величину критической (предельной) скорости устойчивого движения автомобиля на повороте. Технические данные автомобиля: база  $L = 3,5$  м; расстояние по горизонтали от центра тяжести до задней оси  $a = 1,3$  м; коэффициент бокового увода задней оси  $k_3 = 0,1735 \cdot 10^{-4}$  1/Н; коэффициент увода передней оси  $k_n = 0,2245 \cdot 10^{-4}$  1/Н; сила тяжести автомобиля  $G = 26460$  Н.

5.2. Автомобиль движется на повороте радиусом, равным 60 м, по скользкой дороге, характеризуемой коэффициентом сцепления  $\varphi = 0,2$ . Найти предельное значение скорости, на которой автомобиль может двигаться на повороте без опасности появления бокового скольжения.

При решении задачи принять, что по условию бокового опрокидывания устойчивость автомобиля обеспечена.

5.3. Определить максимальный угол поперечного уклона дороги, по которому может двигаться автомобиль ЗИЛ – 431410 без опасности опрокидывания и сползания, если движение происходит по грунтовой дороге ( $\varphi = 0,6$ ).

## 2. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Студент самостоятельно готовится к лабораторно-практическим занятиям, а также готовится к итоговой аттестации в соответствии с программой дисциплины по следующим разделам и темам:

Раздел 1. Содержание и задачи теории эксплуатационных свойств. Условия эксплуатации.

Тема 1.1. Эксплуатационные свойства автомобилей. Классификация. Тема 1.2. Условия эксплуатации. Задачи теории эксплуатационных свойств автомобилей.

Раздел 2. Анализ процесса прямолинейного движения автомобиля и его законы.

Тема 2.1. Кинематика и динамика автомобильного колеса. Тема 2.2. Силы, действующие на автомобиль при прямолинейном движении. Тема 2.3. Силовой баланс, мощный баланс.

Раздел 3. Тягово-скоростные свойства.

Тема 3.1 Дифференциальное уравнение движения автомобиля и анализ ее составляющих. Тема 3.2 Особенности расчета показателей тягово-скоростных свойств автомобилей с гидродинамической передачей. Тема 3.3 Учет влияния условий эксплуатации и технического состояния автомобиля на единичные и обобщенные показатели.

Раздел 4. Тормозная динамика автомобиля.

Тема 4.1 Оценка эффективности тормозных свойств автомобиля при торможении. Тема 4.2 Тормозная диаграмма. Остановочный и тормозной путь автомобиля.

Раздел 5. Топливная экономичность автомобиля.

Тема 5.1 Особенности расчета показателей топливной экономичности автомобилей. Тема 5.2 Оценка влияния эксплуатационных и технических параметров автомобилей на расходы топлива. Экономическая характеристика.

Раздел 6. Плавность хода автомобиля.

Тема 6.1 Показатели плавности хода. Колебательная система автомобиля. Тема 6.2 Оценка влияния технических параметров на плавность хода. Технические направления повышения плавности хода.

Раздел 7. Проходимость.

Тема 7.1 Оценка влияния технических параметров на проходимость. Тема 7.2 Технические направления повышения проходимости.

Раздел 8. Управляемость.

Тема 8.1 Оценочные показатели управляемости. Тема 8.2 Поворачиваемость автомобиля. Стабилизация управляемых колес. Тема 8.3 Оценка влияния компоновочной схемы и технических параметров автомобиля на управляемость.

Раздел 9. Устойчивость автомобиля.

Тема 9.1 Продольная устойчивость. Тема 9.2 Поперечная

устойчивость. Тема 9.3 Устойчивость автомобиля против заноса.

Раздел 10. Маневренность автомобиля.

Тема 10.1 Особенности кинематики и динамики движения автомобиля при маневрировании. Тема 10.2 Влияние конструктивных и эксплуатационных факторов на маневренность. Технические направления повышения маневренности.

Раздел 11. Решение задач.

Тема 11.1 Решение задач по теории автомобиля.

### 3. СПИСОК ВОПРОСОВ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ЭКЗАМЕНУ

1. Топливная экономичность автомобиля
2. Классификация эксплуатационных свойств
3. Условия эксплуатации: дорожные, транспортные, природно-климатические. Приспособленность автомобиля.
4. Силы и моменты, действующие на колесо
5. Экономическая характеристика автомобиля
6. Способы поворота автомобиля
7. Кинематика поворота автомобиля
8. Излишняя поворачиваемость автомобиля
9. Нормальная поворачиваемость автомобиля
10. Недостаточная поворачиваемость автомобиля
11. Влияние поворачиваемости машины на ее устойчивость при прямолинейном движении
12. Продольная устойчивость автомобиля
13. Продольный статический угол поперечного уклона
14. Силы, действующие на автомобиль при повороте
15. Устойчивость автомобиля против заноса
16. Проходимость автомобиля
17. Способы улучшения проходимости автомобиля
18. Конструктивные параметры проходимости машин
19. Колебательная система автомобиля
20. Виды колебаний автомобиля
21. Способы повышения плавности хода
22. Дифференциальное уравнение вертикальных колебаний центра упругости автомобиля
23. Воздействие колебаний автомобиля на человека
24. Силы и моменты, действующие на автомобиль при движении
25. Уравнение тягового баланса автомобиля
26. Определение касательной силы тяги
27. Гистерезисные свойства шины
28. Явление бокового увода шины
29. Работа ведомого колеса автомобиля на твердом основании
30. Работа ведомого колеса автомобиля на деформирующейся поверхности
31. Работа ведущего пневмоколеса на твердом основании
32. Работа ведущего пневмоколеса на деформирующейся почве
33. КПД ведущего колеса
34. Динамический фактор
35. Динамическая характеристика автомобиля
36. Динамический паспорт автомобиля
37. Процесс разгона автомобиля

38. Зависимость ускорения разгона автомобиля от скорости движения
39. Время разгона автомобиля
40. Путь разгона автомобиля
41. Уравнение тормозного баланса автомобиля
42. Особенности тяговой динамики автомобиля с бесступенчатой трансмиссией
43. Основы тягового расчета автомобиля
44. Выбор передаточных чисел КПП автомобиля
45. Диаграмма времени остановки автомобиля
46. Формула остановочного пути автомобиля
47. Порядок выбора передач автомобиля
48. Как определяется величина буксования ведущего колеса



# Приложение 1

Коэффициент сопротивления качению  $f$  и коэффициенты сцепления

$\varphi_{сц}$  автомобиля

Тип дороги	$f$	$\varphi_{сц}$
Асфальтированное шоссе	0,015-0,020	0,6-0,75
Сухая грунтовая дорога	0,032-0,050	0,5-0,7
Гравийно-щебеночная дорога	0,020-0,030	0,4-0,5
Снежная укатанная дорога	0,030-0,070	0,3-0,35
Цементно-бетонная дорога	0,014-0,018	0,7-0,8
Грунтовая дорога после дождя	0,05-0,15	0,35-0,5
Обледенелая дорога	0,02-0,025	0,1-0,25
Песок	0,1-0,3	0,65-0,75

# Приложение 2

Технические характеристики автомобилей

Наименование	ГАЗ - 3307	ЗИЛ - 431410
Грузоподъемность, т	4,0	5,0
Масса автомобиля, кг	3250	4300
Масса при наибольшей нагрузке, кг	7400	9525
Номинальная мощность двигателя, кВт	84,6	110,3
Номинальная частота вращения коленчатого вала, мин <sup>-1</sup>	3200	3200
Максимальный крутящий момент, Нм	284,4	402
Частота вращения коленчатого вала при максимальном крутящем моменте	2200	2000
База автомобиля, мм	3700	3800
Расстояние по горизонтали от задней оси до центра тяжести, мм	1750	1800
Высота центра тяжести, мм	820	800
Ширина колеи передних колес, мм	1630	1800
Ширина колеи задних колес, мм	1690	1790
Площадь лобового сопротивления, м <sup>2</sup>	3,6	4,1
Радиус качения колес, мм	470	480
Максимальная скорость, км/ч	86	90
Полная масса на переднюю ось, кг	1810	2625
Полная масса на заднюю ось, кг	5590	7900
Общие передаточные числа трансмиссии на:		
- первой передаче	42,7	48,0
- второй передаче	20,06	26,4
- третьей передаче	11,3	14,8
- четвертой передаче	6,67	9,5
- пятой передаче	-	6,45

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

### Основная литература

1. Вахламов, В.К. Автомобили. Основы конструкции : учеб. для студ. вузов по спец. "Автомобили и автомобильное хозяйство". - 2-е изд., стереотип. - Москва : ACADEMIA, 2006. - 528с.(45 экз)
2. Березина Е. В. Автомобили: конструкция, теория и расчет: Учебное пособие / Е.В. Березина. - М.: Альфа-М: НИЦ Инфра-М, 2012. - 320 с (*ЭБС «Инфра-М»*)

### Дополнительная литература

1. Родичев В.А. Тракторы 4-е изд., стер. - Москва: Академия, 2006. - 256 с.
2. Вахламов В.К. Автомобили. Основы конструкции: учеб. для студ. вузов по спец. "Организация и безопасность движения"/ В.К. Вахламов. — 2-е изд., стереотип. — М.: ACADEMIA, 2006. — 528с.
3. Автомобили : учеб. для студ. вузов по спец. "Механизация с.-х." / под ред. А.В. Богатырева. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : КолосС, 2008. - 592 с.
4. Богатырев А. В. Автомобили: Учебник / А.В. Богатырев, Ю.К. Есеновский-Лашков, М.Л. Насоновский; Под ред. А.В. Богатырева. - 3-е изд., стер. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 655 с (*ЭБС «Инфра-М»*).
5. Кутьков Г. М. Тракторы и автомобили: теория и технологические свойства: Учеб. / Г.М.Кутьков - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2014 - 506с (*ЭБС «Инфра-М»*)

## Содержание

Введение	3
1.1.Правила поведения и основные требования техники безопасности при выполнении лабораторно-практических работ	3
1.2 Проведение лабораторно-прктических занятий	4
Глава 1. Общая динамика автомобиля	4
Глава 2. Устойчивость автомобиля	8
Глава 3. Динамика и тяговый расчет автомобиля	11
Глава 4. Топливная экономичность автомобиля	15
Глава 5. Поворот автомобиля	19
2. Самостоятельная работа	21
3. Список вопросов для подготовки к экзамену	23
Приложения	25
Библиографический список	26

Составители: Федюнин Павел Иванович  
Матяш Сергей Петрович

# **Конструкция и эксплуатационные свойства ТнТТМО**

## **Методические указания**

по выполнения лабораторно-практических занятий и  
самостоятельного изучения

---

Подписано к печати 30 мая 2017 г.      Формат 40×64<sup>1/14</sup>  
Объем 1,5 уч.-изд. л.      Изд. №\_\_      Заказ №\_\_  
Тираж 50 экз.

Отпечатано в мини-типографии Инженерного института  
Новосибирский ГАУ  
630039, Новосибирск, ул. Никитина, 147