

УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЛЕСОТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра сервиса и эксплуатации транспортных  
и технологических машин

**К.В. Лялин**

## **МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ КУРСОВОЙ РАБОТЫ**

Методические указания к выполнению практических работ для студентов всех форм обучения.

Дисциплина «Основы теории эксплуатационных свойств автомобиля»

Екатеринбург

2012

Печатается по рекомендации методической комиссии ЛМФ. Протокол №     от     года.

Рецензент канд. техн. наук, доцент Есюнин Е.Г.

Редактор

---

|                    |                   |       |
|--------------------|-------------------|-------|
| Подписано в печать | Формат 60x84 1/16 | Поз.  |
| Печать плоская     | Печ. л.           | Тираж |
| Заказ              |                   | Цена  |

---

Редакционно-издательский отдел УГЛТУ

Отдел оперативной полиграфии УГЛТУ

## ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

$G_a$  – полный вес автомобиля, Н;

$G_{oc}$  – вес, приходящийся на ведущую ось автомобиля, Н;

$G_o$  – собственный вес автомобиля, Н;

$G_T$  – грузоподъемность автомобиля, Н;

$m_p$  – коэффициент изменения нагрузки на ведущую ось ( $m_p = 1,20 \dots 1,35$ ).

$\eta_G$  – коэффициент использования массы;

$r_x$  – радиус колеса, м;

$\psi$  – коэффициент суммарного сопротивления дороги;

$\psi_{max}$  – коэффициент суммарного сопротивления дороги на первой передаче;

$f$  – коэффициент сопротивления качению;

$f_o$  – коэффициент сопротивления качению при движении со скоростью, менее 60...80 км/ч;

$\phi_x$  – коэффициент продольного сцепления с дорогой;

$v_a$  – скорость автомобиля, км/ч;

$v_{max}$  – максимальная скорость автомобиля, км/ч;

$\alpha_0$  – максимальный угол подъема на прямой передаче, град.;

$\alpha_{max}$  – максимальный угол подъема на первой передаче, град.;

$N_e$  – эффективная мощность двигателя, кВт;

$N_{max}$  – максимальная мощность двигателя, кВт;

$N_\psi$  – мощность, затрачиваемая на преодоление сопротивления дороги, кВт;

$M_{max}$  – максимальный эффективный момент двигателя, Н·м;

$M_e$  – эффективный крутящий момент двигателя, Н·м;

$n_e$  – эффективная частота вращения коленчатого вала двигателя, мин<sup>-1</sup>;

$n_N$  – частота вращения коленчатого вала при максимальной мощности, мин<sup>-1</sup>;

$n_{max}$  – максимальная частота вращения коленчатого вала двигателя, мин<sup>-1</sup>;

$n_{min}$  – минимальная устойчивая частота вращения коленчатого вала двигателя, мин<sup>-1</sup>;

$C_{1,2}$  – эмпирические коэффициенты;

$P_x$  – тяговое усилие на ведущих колесах, Н;

# **1. СОДЕРЖАНИЕ И ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ КУРСОВОГО ПРОЕКТА**

## **1.1. Содержание курсового проекта**

В состав курсового проекта входят: расчетно-пояснительная записка и графическая часть.

Расчетно-пояснительная записка должна содержать:

- титульный лист;
- содержание,
- введение,
- обоснование исходных параметров для расчета;
- тяговый расчет автомобиля;
- расчет топливно - экономических показателей автомобиля,
- выводы и предложения;
- перечень использованных источников.

В графическую часть проекта должны входить следующие показатели автомобиля:

1. Внешняя скоростная характеристика двигателя;
2. Тяговая характеристика автомобиля;
3. Динамическая характеристика автомобиля;
4. График мощностного баланса автомобиля;
5. График ускорений;
6. График времени разгона;
7. График пути разгона;
8. Топливоно-экономическая характеристика.

## **1.2. Требования к оформлению курсового проекта**

Проект должен выполняться в следующей последовательности:

- выбрать задание;

- определить исходные параметры для расчета;
- произвести тяговый расчет автомобиля с построением графиков;
- рассчитать топливно-экономическую характеристику автомобиля;
- сделать выводы и дать предложения.

Объем пояснительной записки 30...40 страниц печатного текста. Выполнять работу следует на бумаге формата А4. В работе должен быть кратко изложен весь порядок расчета с определением используемых параметров, приведены ссылки на страницы используемого литературного источника.

Графическая часть может быть выполнена вручную или на компьютере с использованием графических программ. Вручную графики выполняются карандашом на миллиметровой бумаге. При любых вариантах выполнения на кривых графиков необходимо выделять расчетные точки. На осях координат в обязательном порядке должны быть нанесены шкалы с цифровыми значениями величин в соответствующих размерностях. Каждый график необходимо сопровождать краткой пояснительной надписью.

Оформление пояснительной записки и графической части курсового проекта производить в соответствии с требованиями стандарта предприятия (РГППУ).

## **2. ВЫБОР ЗАДАНИЯ НА КУРСОВУЮ РАБОТУ**

Данные задания для выполнения курсового проекта приведены в таблицах 1 и 2, в таблице 1 – для автомобилей категории М (пассажирские), в таблице 2 - для автомобилей категории N (грузовые). По двум последним цифрам шифра зачетной книжки из этих таблиц выбираются категория автомобиля, максимальная скорость и полезная нагрузка автомобиля (число мест или массу полезной нагрузки). Марку прототипа автомобиля студент должен согласовать с преподавателем.

Таблица 1- Исходные данные для расчета автомобилей категории М (пассажирские)

| Две последние цифры шифра | Максимальная скорость автомобиля, км/ч | Число мест | Две последние цифры шифра | Максимальная скорость автомобиля, км/ч | Число мест |
|---------------------------|--|------------|---------------------------|--|------------|
| 00                        | 100                                    | 4          | 24                        | 110                                    | 20         |
| 01                        | 110                                    | 4          | 25                        | 105                                    | 25         |
| 02                        | 120                                    | 4          | 26                        | 100                                    | 30         |
| 03                        | 140                                    | 4          | 27                        | 80                                     | 32         |
| 04                        | 120                                    | 5          | 28                        | 90                                     | 32         |
| 05                        | 130                                    | 5          | 29                        | 80                                     | 42         |
| 06                        | 140                                    | 5          | 30                        | 85                                     | 48         |
| 07                        | 150                                    | 5          | 31                        | 80                                     | 50         |
| 08                        | 160                                    | 5          | 32                        | 85                                     | 54         |
| 09                        | 140                                    | 6          | 33                        | 70                                     | 60         |
| 10                        | 150                                    | 6          | 34                        | 80                                     | 60         |
| 11                        | 160                                    | 6          | 35                        | 80                                     | 64         |
| 12                        | 175                                    | 6          | 36                        | 75                                     | 70         |
| 13                        | 165                                    | 6          | 37                        | 85                                     | 70         |
| 14                        | 150                                    | 7          | 38                        | 75                                     | 80         |
| 15                        | 160                                    | 7          | 39                        | 85                                     | 80         |
| 16                        | 170                                    | 7          | 40                        | 70                                     | 90         |
| 17                        | 180                                    | 7          | 41                        | 70                                     | 100        |
| 18                        | 190                                    | 7          | 42                        | 80                                     | 100        |
| 19                        | 90                                     | 8          | 43                        | 90                                     | 100        |
| 20                        | 110                                    | 8          | 44                        | 90                                     | 110        |
| 21                        | 165                                    | 8          | 45                        | 70                                     | 120        |
| 22                        | 200                                    | 8          | 46                        | 80                                     | 120        |
| 23                        | 110                                    | 10         | 47                        | 90                                     | 120        |

Таблица 2 - Исходные данные для расчета автомобилей категории N (грузовые)

| Две последние цифры шифра | Максимальная скорость автомобиля, км/ч | Масса полезной нагрузки, кг | Две последние цифры шифра | Максимальная скорость автомобиля, км/ч | Масса полезной нагрузки, кг |
|---------------------------|--|-----------------------------|---------------------------|--|-----------------------------|
| 48                        | 90                                     | 1000                        | 74                        | 80                                     | 7000                        |
| 49                        | 100                                    | 1000                        | 75                        | 90                                     | 7000                        |
| 50                        | 95                                     | 1500                        | 76                        | 100                                    | 7000                        |
| 51                        | 105                                    | 1500                        | 77                        | 80                                     | 7500                        |
| 52                        | 95                                     | 2000                        | 78                        | 90                                     | 7500                        |
| 53                        | 100                                    | 2000                        | 79                        | 80                                     | 8000                        |
| 54                        | 110                                    | 2000                        | 80                        | 90                                     | 8000                        |
| 55                        | 80                                     | 2500                        | 81                        | 100                                    | 8000                        |
| 56                        | 90                                     | 2500                        | 82                        | 80                                     | 8500                        |
| 57                        | 100                                    | 2500                        | 83                        | 90                                     | 9000                        |
| 58                        | 105                                    | 3000                        | 84                        | 100                                    | 9000                        |
| 59                        | 95                                     | 3500                        | 85                        | 80                                     | 10000                       |
| 60                        | 80                                     | 4000                        | 86                        | 90                                     | 10000                       |
| 61                        | 90                                     | 4000                        | 87                        | 105                                    | 10000                       |
| 62                        | 110                                    | 4500                        | 88                        | 85                                     | 12000                       |
| 63                        | 90                                     | 4500                        | 89                        | 95                                     | 12000                       |
| 64                        | 100                                    | 4500                        | 90                        | 90                                     | 14000                       |
| 65                        | 90                                     | 5000                        | 91                        | 80                                     | 16000                       |
| 66                        | 95                                     | 5000                        | 92                        | 90                                     | 16000                       |
| 67                        | 105                                    | 5000                        | 93                        | 75                                     | 18000                       |
| 68                        | 80                                     | 5500                        | 94                        | 95                                     | 18000                       |
| 69                        | 90                                     | 5500                        | 95                        | 85                                     | 20000                       |
| 70                        | 110                                    | 5500                        | 96                        | 65                                     | 27000                       |
| 71                        | 80                                     | 6000                        | 97                        | 50                                     | 40000                       |
| 72                        | 90                                     | 6000                        | 98                        | 65                                     | 40000                       |
| 73                        | 110                                    | 6000                        | 99                        | 70                                     | 40000                       |

### 3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ АВТОМОБИЛЯ

При выполнении проекта используются три вида параметров: заданные техническими условиями, выбираемые и расчетные.

#### 3.1. Параметры, заданные техническими условиями

К заданным параметрам относятся: тип автомобиля, грузоподъемность  $G_T$  или пассажироместимость, максимальная скорость  $v_{max}$  на высшей передаче на горизонтальном участке дороги и соответствующее ей значение коэффициента суммарного сопротивления дороги  $\psi$ , максимальное сопротивление, преодолеваемое автомобилем на первой передаче  $\psi_{max}$  (или  $D_{max}$  - максимальный динамический фактор), тип двигателя (карбюраторный или дизель) и тип трансмиссии.

- *грузоподъемность или число мест*, т.е. полезную нагрузку автомобиля рассчитываем по формуле:

$$G_T = m_T g,$$

где  $m_T$  - масса полезной нагрузки (задана см. таблицы 1 или 2).

- *максимальная скорость  $v_{max}$*  соответствует движению автомобиля по горизонтальной дороге с коэффициентом сопротивления качению  $f=0,02...0,04$ . Меньшие значения коэффициента  $f$  относят к легковым автомобилям, а большие к грузовым. При движении с максимальной скоростью грузовой автомобиль должен иметь некоторый запас мощности, достаточный для преодоления сопротивления дороги, имеющей  $f=0,03...0,04$ . При  $v_{max}$ , превышающей 60...80 км/ч, коэффициент сопротивления качению следует корректировать, пользуясь данными таблицы 3 и формулой (1):

$$f = f_0 \left(1 + \frac{v_a^2}{2 \cdot 10^4}\right), \quad (1)$$

где  $f_0$  - коэффициент сопротивления качению колес автомобиля при движении со скоростью, менее 60...80 км/ч, в соответствии с данными таблицы 3.



Таблица 3 - Значения коэффициентов сопротивления качению с учетом типа и состояния дороги

| Дорожные условия                                | $f_0$         |
|---|---------------|
| С асфальтобетонным и цементобетонным покрытием: |               |
| в хорошем состоянии                             | 0,007...0,015 |
| в удовлетворительном состоянии                  | 0,015...0,020 |
| Булыжная дорога в хорошем состоянии             | 0,025...0,030 |
| Гравийная дорога в хорошем состоянии            | 0,020...0,025 |
| Грунтовая дорога:                               |               |
| сухая укатанная                                 | 0,025...0,030 |
| после дождя                                     | 0,050...0,150 |
| в период распутицы                              | 0,10...0,25   |
| Суглинистая и глинистая целина:                 |               |
| сухая   | 0,04...0,06   |
| в пластическом состоянии                        | 0,10...0,20   |
| Песок:  |               |
| сухой   | 0,100...0,300 |
| сырой   | 0,06...0,15   |
| Обледенелая дорога                              | 0,015...0,030 |
| Укатанная снежная дорога                        | 0,03...0,05   |
| Рыхлый снег                                     | 0,10...0,30   |

Значения максимальной скорости задаются в соответствии с заданием по таблицам 1, 2.

- коэффициент суммарного сопротивления дороги  $\psi$  на прямой передаче определяется по формуле:

$$\Psi = f + tg\alpha , \quad (2)$$

где  $\alpha$  - угол подъема, преодолеваемый автомобилем на прямой передаче.

При малых значениях  $\alpha$ , характерных для автомобильных дорог с твердым покрытием, можно принять  $\cos \alpha = 1, \sin \alpha = tg\alpha = i$  и использовать в расчетах следующую формулу:

$$\Psi = f + i .$$

Угол  $\alpha$  характеризует способность автомобиля двигаться в различных условиях без переключения на низшую передачу. Обычно этот показатель условно относят к хорошей дороге с  $f = 0,02...0,04$ . Согласно ГОСТ 21398-75 грузовые автопоезда с полной нагрузкой должны преодолевать подъем с уклоном  $t$

$i = 3\%$ . Для одиночных автомобилей величина преодолеваемого подъема будет иметь большие значения.

- *максимальный коэффициент суммарного сопротивления дороги  $\psi_{\max}$*  определяется максимальным углом подъема  $\alpha_{\max}$ , который автомобиль должен преодолеть на первой передаче. Согласно ГОСТ 21398-75 для грузовых одиночных автомобилей с полной нагрузкой преодолеваемый уклон дороги должен быть:  $i_{\max} \geq 25\%$ , а для автопоездов – 18%;

- *коэффициент сцепления  $\varphi_x$  (продольный)*. Коэффициент продольного сцепления выбирают из таблицы 4 для принятого ранее в определении коэффициента сопротивления качению  $f$  типа и состояния дороги.

Таблица 4 – Значения коэффициента сцепления  $\varphi_x$  в зависимости от типа и состояния дороги

| Тип              | Состояние покрытия |             |
|------------------|--------------------|-------------|
|                  | Сухое              | Мокрое      |
| Асфальтобетонное | 0,7...0,8          | 0,35...0,45 |
| Гравийная дорога | 0,6...0,7          | 0,3...0,4   |
| Грунтовая дорога | 0,5...0,6          | 0,2...0,4   |
| Снег             | 0,2                | 0,3         |
| Лед              | 0,1                | 0,2         |

- *тип двигателя* обосновывается и выбирается по необходимым технико-экономическим показателям;

- *удельный расход топлива  $g_e$*  принимается для двигателя автомобиля – прототипа (согласовать с преподавателем).

- *тип трансмиссии* принимается по типу трансмиссии автомобиля - прототипа.

### 3.2. Параметры, выбираемые

К ним относятся: собственный вес автомобиля  $G_0$ , распределение веса по осям порожнего  $G_{01}$ ,  $G_{02}$  и груженого  $G_{a1}$ ,  $G_{a2}$  автомобиля, коэффициент обтекаемости  $K_v$  и лобовая площадь  $F_f$  (или фактор обтекаемости  $W_v$ ) скорость вращения колес-

чатого вала  $n_N$  двигателя при максимальной мощности  $N_{\max}$ , механический к. п. д. трансмиссии  $\eta_{тр}$ .

- полный вес автомобиля  $G_a$ .

Собственный вес  $G_0$  (собственную массу автомобиля  $m_0$ ) рассчитывают по грузоподъемности  $G_T$  для этого задаются коэффициентом использования массы:

$$\eta_G = \frac{G_T}{G_0} = \frac{m_T}{m_0},$$

где  $m_T$  – масса груза, кг;  $m_0$  – собственная масса автомобиля, кг.

Величины коэффициента использования массы принимается в следующих пределах:

- грузовые автомобили      0,8...1,4
- автобусы                      0,4...0,8
- легковые автомобили      0,2...0,6.

Полный вес автомобиля  $G_a$  определяют по следующим формулам:

- для легковых автомобилей:

$$G_a = G_0 + 75n + G_B,$$

где  $n$  – число пассажиров, включая водителя;  $G_B$  – вес багажа (250—500 Н);

- для автобусов городского типа:

$$G_a = G_0 + 75(n + m + 2),$$

- для автобусов междугородного типа:

$$G_a = G_0 + 75(n + 1),$$

где  $n$  — число мест для сидения;  $m$  — число мест для проезда стоя;

- для грузовых автомобилей:

$$G_a = G_0 + 75n + G_T,$$

где  $n$  – число мест в кабине, включая место самого водителя.

По величине нагрузки подбирают размер шин и определяют статический радиус колеса. Для подбора шин надо определить нагрузку, приходящуюся на одно самое нагруженное колесо автомобиля. У легковых автомобилей вес распределяется между передними и задними осями примерно поровну. У грузовых автомобилей с колесной формулой 4x2 на переднюю, ось при полном использовании грузоподъемности приходится около 25—30% нагрузки. Статические на-

грузки по осям автомобиля (на переднюю  $G_1$  и заднюю  $G_2$ ) можно выбирать с учетом положения центра тяжести автомобиля в продольной плоскости, которые определяются из технической характеристики прототипа [1,2]. На задней оси у грузовых автомобилей обычно монтируются четыре колеса (двухскатные колеса), т.к. шины колес задней оси испытывает большую весовую нагрузку, в сравнении с нагрузкой, приходящейся на шины передних колес, поэтому шины для грузового автомобиля подбирают по весовой нагрузке на одно заднее колесо.

Шины автомобиля выбираются по данным приложений А или Б.

Для выбранной шины в таблицах приложений А или Б даны значения статического радиуса. Статический радиус условно можно считать равным динамическому радиусу колеса и использовать эти значения в расчетах.

- *аэродинамические параметры автомобиля: коэффициент сопротивления воздуха  $K_B$ , площадь лобовой поверхности автомобиля  $F_a$ , фактор обтекаемости  $W_e$ .*

Значения этих параметров берутся из технической характеристики прототипа с необходимой корректировкой в соответствии с данными таблицы 5.

Таблица 5 – Значения аэродинамических параметров автомобиля

| Тип автомобиля       | Коэффициент сопротивления воздуха, $K_B$ ,<br>$H \cdot c^2 / M^4$ | Площадь лобовой поверхности автомобиля, $F_a$ , $M^2$ | Фактор обтекаемости автомобиля, $W_e$ , $H \cdot c^2 / M^2$ |
|----------------------|---|---|---|
| Легковые:            |   |   |   |
| - с закрытым кузовом | 0,20...0,35   | 1,6...2,8   | 0,3...1,0   |
| - с открытым кузовом | 0,40...0,50   | 1,5...2,0   | 0,6...1,0   |
| Грузовые             | 0,60...0,70   | 3,0...5,0   | 1,8...3,5   |
| Автобусы             | 0,24...0,40   | 4,5...6,5   | 1,1...2,6   |
| Гоночные             | 0,13...0,15   | 1,0...1,3   | 0,13...0,20   |

- *механический КПД  $\eta_{mp}$*  характеризует потери мощности в трансмиссии. Его значения выбирают из таблицы 6 по прототипу автомобиля, определенному преподавателем.

Таблица 6 – Значения механического КПД,  $\eta_{mp}$

| Тип автомобиля        | $\eta_{mp}$ |
|-----------------------|-------------|
| Гоночные и спортивные | 0,90...0,95 |
| Легковые              | 0,88...0,92 |
| Грузовые и автобусы   | 0,80...0,90 |
| Высокой проходимости  | 0,70...0,85 |

### 3.3 Параметры, расчетные

К ним относятся: максимальная мощность двигателя  $N_{max}$ , рабочий объем двигателя  $V_h$ , передаточное число главной передачи  $u_0$ , передаточное число коробки передач  $u_k$  и раздаточной (дополнительной) коробки  $u_d$ .

*Максимальная мощность двигателя.*

Максимальная мощность двигателя рассчитывается в следующей последовательности. Первоначально определяют мощность двигателя при максимальной скорости автомобиля  $N_v$ :

$$N_v = \left( \frac{K_D F_a v_{max}^3}{1000} + \frac{G_a \psi \cdot v_{max}}{1000} \right) \frac{1}{\eta_{mp}}. \quad (3)$$

Коэффициенты суммарного сопротивления дороги при движении на прямой и на первой передаче определяются по формулам:

$$\psi = f + i - \text{на прямой передаче;}$$

$$\psi_{max} = f + \operatorname{tg} \alpha_{max} - \text{на первой передаче.}$$

Далее определяется максимальная мощность двигателя  $N_{max}$  в зависимости от его типа по формуле (4):

$$N_{max} = \frac{N_{v \max}}{C_1 \frac{n_{max}}{n_N} + C_2 \left( \frac{n_{max}}{n_N} \right)^2 - \left( \frac{n_{max}}{n_N} \right)^3}. \quad (4)$$

Значения эмпирических коэффициентов  $C_1$  и  $C_2$  выбираются из таблицы 7.

$$P_{\text{ш}} = \frac{K_B F_a v_a^2}{13} \quad (9)$$

Значения  $K_B$ ,  $F_a$  выбираются из таблицы 5. Площадь лобовой поверхности автомобиля можно определить и по формулам:

- для легковых автомобилей  $F_{\text{ла}} = 0,8 B_a \cdot H$ ,
- для грузовых автомобилей  $F_{\text{сп}} = B \cdot H$ ,

где  $B_a$  – габаритная ширина автомобиля, м;  $B$  – колея автомобиля, м;  $H$  – наибольшая высота автомобиля, м.

➤ Если кривая  $N_{\text{ш}}$  на графике ВСХ пересекает кривую эффективной мощности  $N_e$  (или хотя бы касается ее), значит, данные для построения ВСХ рассчитаны правильно и автомобиль сможет преодолеть заданный подъем на прямой передаче. В противном случае расчет следует повторить расчет, уточнив исходные параметры.

## 4. ТЯГОВЫЙ РАСЧЕТ АВТОМОБИЛЯ

### 4.1. Определение передаточных чисел трансмиссии

#### 4.1.1. Определение передаточного числа главной передачи

Передаточное число главной передачи  $u_0$  определяется по следующей формуле:

- для легковых автомобилей:

$$u_0 = 0,377 \frac{r_K (1,10 - 1,25) n_N}{v_{\text{max}}}, \quad (10)$$

- для грузовых автомобилей с карбюраторными двигателями:

$$u_0 = 0,377 \frac{r_K (0,80 - 1,15) n_N}{v_{\text{max}}}, \quad (11)$$

- при установке на автомобиле дизеля:

$$\Rightarrow u_0 = 0,377 \frac{r_K (0,90 - 1,0) n_N}{v_{\text{max}}}. \quad (12)$$

#### 4.1.2. Определение передаточного числа первой передачи

Подбор передаточных чисел коробки передач начинают с расчета передаточного числа первой передачи. Оно должно быть таким, чтобы автомобиль, двигаясь на первой передаче, могло преодолеть максимальный заданный подъем  $\alpha_{\max}$ . Передаточное число первой передачи определяется с учетом максимального сопротивления дороги и по условиям буксования ведущих колес автомобиля соответственно по формулам (13), после чего выбирается наименьшее значение:

$$\begin{aligned} u_1 &= \frac{G_0 \psi_{\max} r_K}{M_{\max} \eta_{\text{пр}} u_0}, \\ u_1 &= \frac{m_p G_{oc} \varphi_x \cdot r_K}{M_{\max} \eta_{\text{пр}} u_0}. \end{aligned} \quad (13)$$

#### 4.1.3. Определение передаточных чисел промежуточных передач

После определения передаточного числа первой передачи переходят к подбору передаточных чисел на промежуточных передачах. При этом в первую очередь задаются числом передач. С точки зрения получения хорошей динамичности автомобиля необходимо иметь большое число передач. Однако при ручном переключении передач с увеличением их числа значительно усложняется управление автомобилем. Поэтому практика автомобилестроения выработала для каждого типа автомобиля оптимальное число передач. У легковых автомобилей коробки перемены передач имеют от трех до шести передач, а у грузовых – от четырех до 18.

Для расчета передаточных чисел на промежуточных передачах используют неравенство:

$$\frac{u_1}{u_2} > \frac{u_2}{u_3} > \frac{u_3}{u_4} > \frac{u_4}{u_5} > \dots \quad (14)$$

Для трехступенчатой коробки передач (третья передача является прямой  $u_3 = 1$ ) из (14) получим неравенство:

$$\frac{u_1}{u_2} > \frac{u_2}{u_3},$$

откуда

Таблица 7 – Значения эмпирических коэффициентов  $C_1$  и  $C_2$

| Тип двигателя                           | $C_1$ | $C_2$ |
|---|-------|-------|
| Карбюраторный                           | 1,0   | 1,0   |
| Дизель с неразделенной камерой сгорания | 0,5   | 1,5   |
| Дизель с предкамерой                    | 0,6   | 1,4   |
| Дизель с вихревой камерой               | 0,7   | 1,3   |

Рабочий объем двигателя  $V_h$  (литраж):

$$V_h = \frac{30 \cdot \tau \cdot N_{\max}}{p_{eN} \cdot n_N}, \text{ л}$$

где  $\tau$  — тактность двигателя;  $p_{eN}$  — среднее эффективное давление при максимальной мощности  $N_{\max}$ ,  $p_{eN} = 0,6 + 1,0$  МПа;  $n_N$  — частота вращения коленчатого вала двигателя при  $N_{\max}$ , об/мин.

Эффективная мощность двигателя.

Эффективная мощность двигателя определяется по формуле (5):

$$N_e = N_{\max} \left[ C_1 \frac{n}{n_N} + C_2 \left( \frac{n}{n_N} \right)^2 - \left( \frac{n}{n_N} \right)^3 \right]. \quad (5)$$

Эффективный крутящий момент двигателя.

Эффективный крутящий момент  $M_e$  определяется по формуле (6):

$$M_e = \frac{9554 N_e}{n_e}. \quad (6)$$

Определение значений расчетных точек кривых  $N_e = f(n)$  и  $M_e = f(n)$  производится для нескольких значений частоты вращения вала двигателя  $n$  в интервале от  $n_{\min}$  до  $n_{\max}$  с шагом  $400 \text{ мин}^{-1}$ .

По полученным значениям зависимостей  $N_e = f(n)$  и  $M_e = f(n)$  строится внешняя скоростная характеристика двигателя (ВСХ). ВСХ представляет собой график зависимости эффективной мощности  $N_e$  и эффективного крутящего момента  $M_e$  двигателя от частоты вращения коленчатого вала  $n_e$  или скорости автомобиля в соответствии с рисунком 1.

Скорость автомобиля  $v_a$ , км/ч, рассчитывается по формуле:



$$v_a = 0,377 \frac{r_k \cdot n_e}{u_k \cdot u_0} \quad (7)$$

Перед построением графика ВСХ расчетные данные необходимо свести в таблицу 8.

Таблица 8 – Расчетные данные для построения ВСХ

|                        |     |      |      |      |      |      |      |      |
|------------------------|-----|------|------|------|------|------|------|------|
| $n_e, \text{мин}^{-1}$ | 850 | 1260 | 1650 | 2060 | 2450 | 2850 | 3250 | 3650 |
| $v_a, \text{км/ч}$     |     |      |      |      |      |      |      |      |
| $N_e, \text{кВт}$      |     |      |      |      |      |      |      |      |
| $M_e, \text{Н·м}$      |     |      |      |      |      |      |      |      |
| $N_{\psi}, \text{кВт}$ |     |      |      |      |      |      |      |      |

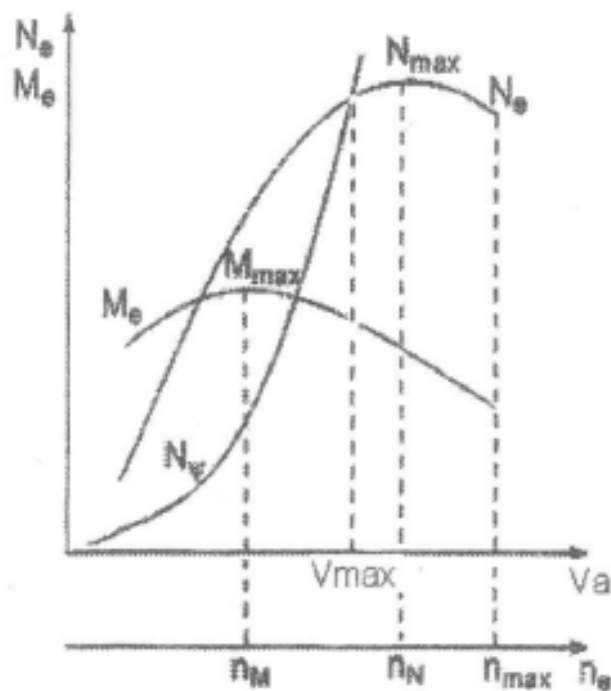


Рисунок 1 - График внешней скоростной характеристики двигателя

По ВСХ можно определить тяговые свойства при движении автомобиля на прямой передаче.

Проверка на возможность преодоления на прямой передаче заданного подъема.

$$N_{\psi} = \frac{(G_a \Psi_0 + P_w) v_a}{3600 \eta_{\text{пр}}} \quad (8)$$

Сила сопротивления воздуха,  $P_w$  определяется по формуле:

$$u_2 < \sqrt{u_1}. \quad (15)$$

Для четырехступенчатой коробки ( $u_4 = 1$ )

$$\frac{u_1}{u_2} > \frac{u_2}{u_3}; \quad \frac{u_1}{u_2} > \frac{u_3}{u_4}. \quad (16)$$

Решая неравенства (16), имеем

$$u_2 < \sqrt[3]{u_1^2}; \quad u_3 < \sqrt[3]{u_1}. \quad (17)$$

Для пятиступенчатой коробки, имеющей четвертую прямую, а пятую ускоряющую передачи, передаточные числа  $u_2$  и  $u_3$  рассчитывают по формулам (17). Если у пятиступенчатой коробки передач прямой передачей является пятая, то  $u_5 = 1$ , и из (14) получим условия:

$$\frac{u_1}{u_2} > \frac{u_2}{u_3}; \quad \frac{u_1}{u_2} > \frac{u_3}{u_4}; \quad \frac{u_1}{u_2} > \frac{u_4}{u_5}.$$

Из этих условий:

$$u_2 < \sqrt[4]{u_1^3},$$

$$u_3 < \sqrt[4]{u_1^2},$$

$$u_4 < \sqrt[4]{u_1}.$$

Передаточные числа, рассчитанные по этому методу, являются ориентировочными и при конструировании коробки передач могут быть изменены. При этом важно, чтобы выполнялось неравенство (14), т.е. передаточные числа на высших передачах должны быть сближены.

Если в коробку передач вводится ускоряющая передача, служащая не для разгона, а для движения по хорошей дороге с высокой топливной экономичностью, то передаточное число этой передачи выбирают в пределах 0,65...0,80.

#### 4.1.4. Определение передаточного числа дополнительной коробки передач

Дополнительная коробка передач может иметь как повышающую (демультипликатор), так и понижающую передачи, поэтому расчет передаточных чисел производится для каждой передачи в отдельности.

- Определение передаточного числа понижающей передачи демультипликатора  $u_0$  производится по формуле:

$$u_0 = \frac{G_a \psi_{\max} r_k}{M_{e\max} \eta_{mp} u_0 u_1} \quad (18)$$

Полученное передаточное число демультипликатора проверяют на отсутствие буксования ведущих колес по методике, аналогичной для проверки первой передачи в коробке перемены передач.

Определение передаточного числа понижающей передачи раздаточной коробки  $u_p$  производится по формуле:

$$u_p = \frac{G_a \psi_{\max} r_k}{M_{e\max} \eta_{mp} u_0 u_1} \quad (19)$$

Выбранное передаточное число понижающей передачи раздаточной коробки проверяют по значению обеспечиваемой минимальной скорости движения автомобиля, определяемой по формуле:

$$v_{\min} = 3,6 \frac{r_k n_{\min}}{u_0 u_1 u_p} \quad (20)$$

Минимальная скорость движения автомобиля должна быть в пределах 1,5...2,5 км/ч.

#### 4.2. Определение основных параметров динамичности автомобиля

Основными параметрам, характеризующими динамические качества автомобиля являются: тяговая характеристика, динамическая характеристика, мощностной баланс, ускорение автомобиля при разгоне, время и путь разгона.

Для построения тяговой характеристики автомобиля необходимо рассчитать силу тяги на его ведущих колесах  $P_k$ , определить суммарную силу сопротивления движению  $P_c$  и силу сопротивления воздуха  $P_w$ .

Определение силы тяги на ведущих колесах авомобиля  $P_k$  производится по формуле:

$$P_k = \frac{M_e \cdot u_k \cdot u_0 \cdot \eta_{mp}}{r_k} \quad (21)$$

Суммарная сила сопротивления  $P_c$  определяется по формуле:

$$P_c = P_w + P_v \quad (22)$$

$$P_{\psi} = G_a \psi. \quad (23)$$

При этом сила сопротивления воздуха  $P_w$  определяется по формуле (9).

Расчет производится для всех передач и строится график тяговой характеристики автомобиля - зависимость  $P_k$  и  $P_c$  от  $v_a$  в соответствии с рисунком 2.

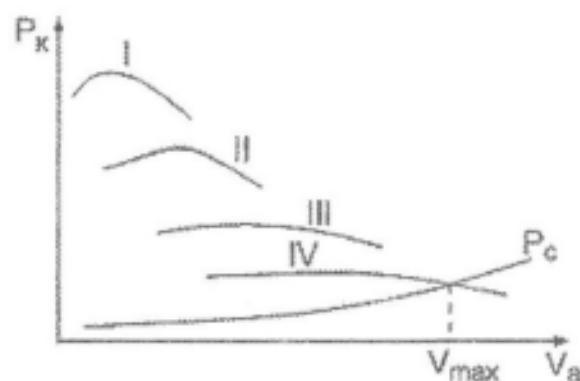


Рисунок 2 - График тяговой характеристики автомобиля

I – IV – номера передач.

Результаты вычислений исходных данных для построения тяговой характеристики автомобиля должны быть сведены в таблицу 9.

Таблица 9 – Данные для построения тяговой характеристики автомобиля

| Передача | $n_e, \text{мин}^{-1}$ | $v_a, \text{км/ч}$ | $M_e, \text{Н}\cdot\text{м}$ | $P_k, \text{Н}$ | $P_c, \text{Н}$ |
|----------|------------------------|--------------------|------------------------------|-----------------|-----------------|
| I        | 1000                   |                    |                              |                 |                 |
| II       | ....                   |                    |                              |                 |                 |
| III      |                        |                    |                              |                 |                 |
| ....     |                        |                    |                              |                 |                 |

Для построения динамической характеристики автомобиля необходимо определить динамический фактор (коэффициент динамичности). Коэффициент динамичности  $D$  определяется по формуле:

$$D = \frac{P_k - P_w}{G_a}. \quad (24)$$

Значения  $P_k$  и  $P_w$  находятся по формулам (21) и (9), соответственно. Расчет производится для всех передач, результаты сводятся в таблицу и строится график зависимости  $D$  от  $v_a$  в соответствии с рисунком 3.

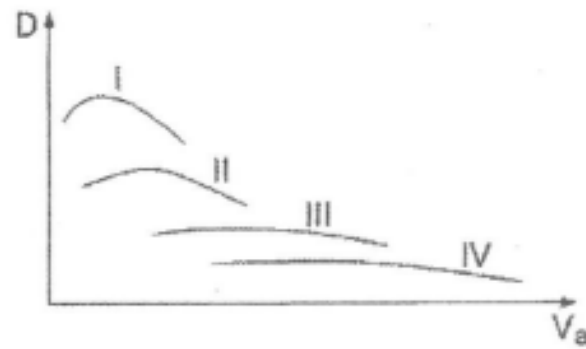


Рисунок 3 - График динамической характеристики

Мощность тягового усилия  $N_T$  определяется по формуле:

$$N_T = \frac{P_x v_a}{3600} \quad (25)$$

Мощности, затрачиваемые на преодоление сопротивления воздуха  $N_w$  и на преодоление сопротивления дороги  $N_c$ , определяются по формулам:

$$N_w = \frac{P_w v_a}{3600};$$

$$N_v = \frac{P_v v_a}{3600};$$

$$N_c = N_v + N_w. \quad (26)$$

Расчет производится для всех передач, результаты сводятся в таблицу и строится график мощностного баланса - зависимости  $N_T$  и  $N_c$  от  $v_a$  для всех передач в соответствии с рисунком 4.

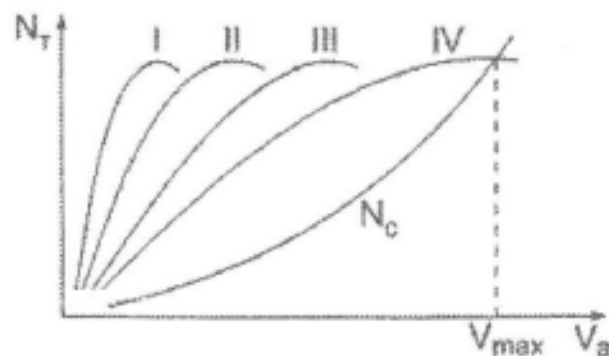


Рисунок 4 - График мощностного баланса

Для построения графика ускорений определяется ускорение автомобиля  $j$  по формуле:

$$j_i = \frac{D - f}{\delta_i} g, \quad (27)$$

$$\delta_i = 1 + 0,04(1 + u_i^2), \quad (28)$$

где  $\delta_i$  – коэффициент учета вращающихся масс на  $i$ -ой передаче.

Расчет производится для всех передач во всем диапазоне частот вращения коленчатого вала двигателя от  $n_{\min}$  до  $n_{\max}$  (от  $v_{\min}$  до  $v_{\max}$ ), результаты сводятся в таблицу и строится график ускорений – зависимости  $j$  от  $v_a$ , в соответствии с рисунком 5.

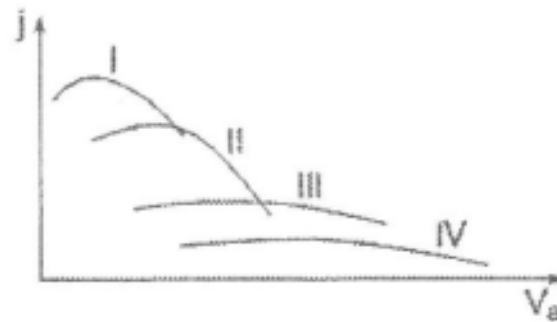


Рисунок 5 - График ускорений автомобиля

Время и путь разгона для построения графиков определяются следующим образом. Кривые графика ускорений  $j$  от  $v_a$  разбивают на ряд равных отрезков от  $v_{\min}$  до  $v_{\max}$ , соответствующих интервалам скоростей: на низшей передаче - 2...3 км/ч; на промежуточных передачах - 5...10 км/ч; на высшей передаче - 10...15 км/ч.

Предполагают, что в каждом интервале скоростей разгон происходит с постоянным, средним ускорением:

$$j_{\text{сп}} = \frac{j_1 + j_2}{2}, \quad (29)$$

где  $j_1, j_2$  – ускорение в начале и в конце некоторого интервала скоростей,  $\text{м/с}^2$ .

Среднее ускорение можно так же рассчитать, зная значения скорости в начале и конце интервала. Так, например, при изменении скорости от  $v_1$  до  $v_2$  среднее ускорение равно:

$$j_{\text{сп}} = \frac{\Delta v}{\Delta t}, \quad (30)$$

где  $\Delta v$  и  $\Delta t$  – скорость и время разгона в заданном интервале скоростей, с.

Преобразуя выражение (30), получим:

$$\Delta t = \frac{\Delta v}{3,6 j_{cp}} \quad (31)$$

К полученному значению времени разгона следует прибавить время, затрачиваемое на переключение передач. Для первой передачи время переключения равно 0 с, для второй – 0,4 с, для третьей – 0,8 с, для четвертой – 1,2 с. и т.д.

Для нахождения пути разгона автомобиля используются те же интервалы скоростей, что и для нахождения времени разгона. При этом считается, что в каждом интервале скоростей автомобиль движется равномерно со средней скоростью  $v_{cp}$ , км/ч:

$$v_{cp} = \frac{v_1 + v_2}{2} \quad (31)$$

Определим путь разгона за время  $\Delta t$ :

$$\Delta S = v_{cp} \Delta t \quad (32)$$

Результаты вычислений сводятся в таблицу. По результатам расчета строится график зависимости  $S$  и  $t$  для каждой передачи от  $v_a$  в соответствии с рисунком 6.

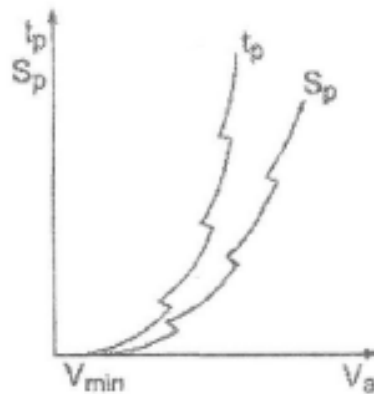


Рисунок 6 - График времени и пути разгона

## 5. РАСЧЕТ ТОПЛИВНОЙ ЭКОНОМИЧНОСТИ АВТОМОБИЛЯ

Топливо-экономической характеристикой называют зависимости путевого расхода топлива (в л/100 км или в кг/100 км) от скорости автомобиля при различных значениях коэффициента суммарного сопротивления дороги  $\psi$ .

Путевой расход топлива рассчитывают по формулам:

$$Q_s = \frac{g_s \cdot N_e}{10 \cdot v_a}, \quad (33)$$

$$\text{или } Q_s = Q_t \frac{100}{v_a}, \quad (34)$$

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

Для построения топливно-экономической характеристики необходимо задается удельным расходом топлива  $g_{e\min}$ , г/(кВт·ч) по двигателю автомобиля - прототипа и рассчитать часовой расход топлива  $Q_t$  и путевой расход топлива  $Q_s$  для различных значений коэффициента суммарного сопротивления дороги  $\psi$ .

Расчет топливной экономичности автомобиля проводится в следующей последовательности:

- *определяется максимальный часовой расход топлива.*

Задавшись удельным расходом топлива  $g_{e\min}$ , определим максимальный часовой расход топлива:

$$Q_{t\max} = \frac{1,2 \cdot g_{e\min} \cdot N_{v\max}}{1000}, \quad (35)$$

- *определяется расход топлива с учетом загрузки двигателя в зависимости от дорожных условий, скорости и частоты вращения коленчатого вала двигателя.*

Задавшись различными величинами коэффициента суммарного сопротивления дороги  $\psi$  (например,  $\psi_1 = 0,02$  и  $\psi_1 = 0,04$ ) и значениями частот вращения коленчатого вала двигателя в диапазоне от  $n_{\min}$  до  $n_{\max}$  или скоростей автомобиля - от  $v_{\min}$  до  $v_{\max}$ , произведем расчет значений часового расхода топлива для каждого принятого значения  $p_e(v_a)$  по формуле:

$$Q_{tr} = Q_{t\max} \left( \frac{n_e}{n_{\max}} \right)^{0,625} = Q_{t\max} \left( \frac{v_{ai}}{v_{\max}} \right)^{0,625}. \quad (36)$$

Часовой расход топлива зависит от загрузки двигателя. Загрузка двигателя, определяется силами суммарного сопротивления движению автомобиля  $P_c$  (формула 22) и силой тяги на ведущих колесах  $P_k$  (формула 21) с учетом этих параметров для расчетных значений скорости автомобиля  $v_{ai}$ , определяем часовой расход топлива:



$$Q_n = Q_m \left[ 0,26 + 0,74 \left( \frac{P_e}{P_x} \right)^{1,85} \right]. \quad (37)$$

- определяется путевой расход топлива.

Определение путевого расхода топлива производим по формуле (34), подставив в нее полученные значения часового расхода топлива из формулы (37).

- по полученным расчетным точкам  $Q_{si}$  строится график зависимости  $Q_{si} = f(v_a)$  топливно-экономическая характеристика для различных принятых значений коэффициента суммарного сопротивления дороги  $\psi$  во всем диапазоне частот устойчивого вращения коленчатого вала двигателя от  $n_{\min}$  до  $n_{\max}$  (от  $v_{\min}$  до  $v_{\max}$ ) в соответствии с рисунком 7.

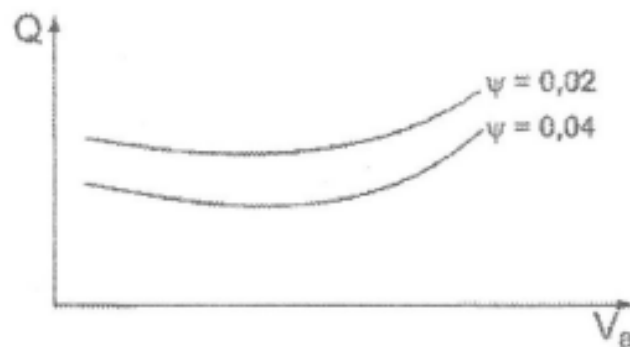


Рисунок 7 – График топливно-экономической характеристики

## ВЫВОДЫ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ

По результатам расчетов студент должен сделать выводы, определить возможные пути улучшения эксплуатационных свойств автомобиля.

## РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

### Основная

1. Краткий автомобильный справочник [Текст]: в 4 т./ Б.В. Кисуленко и др. М.: ИПЦ «Финпол», 2004. - 667 с.
2. Краткий автомобильный справочник / А.Н.Понизовкин и др. – М.: АО «Трансконсалтинг», НИАТ, 1994.
3. Лялин В.П. Автомобили. Основы теории эксплуатационных свойств: Учеб. пособие. – Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2006. – 205с.

4. Литвинов А.С, Фаробин Я.Е. Автомобиль: теория эксплуатационных свойств: Учебник для вузов по специальности «Автомобили и автомобильное хозяйство». – М.: Машиностроение, 1989.-240 с.ил.

**Дополнительная**

5. Чудаков Е. А. Теория автомобиля. - М.: Машгиз, 1950. – 343 с.

6. Зимелев Г. В. Теория автомобиля. - М.: Машгиз, 1959.- 312 с.

7. Тарасик В.П. Теория движения автомобиля: Учебник для вузов.- СПб.: БХВ-Петербург, 2006.- 478с.

8. Иванов В.В., Иларионов В.А., Морин М.М. Основы теории автомобиля и трактора. – М.: Высшая школа, 1977. – 245с. ил.

9. Вахламов В.К. Техника автомобильного транспорта: Подвижной состав и эксплуатационные свойства. Учебное пособие: – М.: Издательский центр «Академия», 2004.-528 с.

10. Андреев Б. В. Теория автомобиля: Учеб. пособие.- Красноярск: Изд-во Краснояр. ун-та, 1984.- 148 с.

ШИНЫ ДЛЯ ГРУЗОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ, АВТОБУСОВ И ПРИЦЕПОВ

| Обозначение шин                  | Нормальный слой носовых | Нагрузка на шины в Н, при различных внутренних давлениях, МПа |       |       |       |       |       |        |       |        |        |        | Статический радиус, м | Макс. допустимая скорость, м/с (км/ч) |       |       |       |      |       |            |
|----------------------------------|-------------------------|---|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|--------|--------|--------|-----------------------|---------------------------------------|-------|-------|-------|------|-------|------------|
|                                  |                         | 0,28  | 0,3   | 0,33  | 0,35  | 0,38  | 0,4   | 0,43   | 0,45  | 0,48   | 0,5    | 0,53   |                       |                                       | 0,55  | 0,58  | 0,6   | 0,63 | 0,65  |            |
|                                  |                         | Шины обычные  |       |       |       |       |       |        |       |        |        |        |                       |                                       |       |       |       |      |       |            |
| 10,00 - 18                       | 12                      | -   | 14000 | 14600 | 15000 | 15600 | 16000 | 16600  | 17000 | -      | -      | -      | -                     | -                                     | -     | -     | -     | -    | 0,475 | 18 (65)    |
| 200 - 20                         | 8                       | 8500  | 8700  | 9100  | 9350  | 9750  | 10000 | -12500 | -     | -      | -      | -      | -                     | -                                     | -     | -     | -     | -    | 0,445 | 20,8 (75)  |
| 8,25 - 20                        | 10                      | 10000   | 10400 | 10850 | 11250 | 11700 | 12100 | 15000  | 13000 | -      | -      | -      | -                     | -                                     | -     | -     | -     | -    | 0,460 | 22,2 (80)  |
| 260 - 20                         | 10                      | -   | 12000 | 12500 | 13000 | 13750 | 14250 | 16500  | 15500 | 17600  | 18000  | -      | -                     | -                                     | 19100 | 19700 | 20300 | -    | 0,490 | 23,5 (85)  |
| 260 - 20                         | 12                      | -   | -     | 14000 | 14700 | 15400 | 16000 | 18900  | 17000 | 20000  | 20500  | 18600  | 25000                 | -                                     | -     | -     | -     | -    | 0,490 | 23,5 (85)  |
| 11,0 - 20                        | 12                      | -   | -     | -     | 17000 | 17700 | 18300 | 21000  | 19600 | 22500  | 23200  | 24000  | -                     | -                                     | -     | -     | -     | -    | 0,507 | 22,2 (80)  |
| 320 - 508                        | 14                      | -   | -     | -     | -     | -     | -     | -      | 21700 | -      | -      | -      | -                     | -                                     | -     | -     | -     | -    | 0,512 | 18 (65)    |
| Шины повышенной грузоподъемности |                         |   |       |       |       |       |       |        |       |        |        |        |                       |                                       |       |       |       |      |       |            |
| 180 - 508                        | 6                       | 7400  | 7700  | 8000  | 8500  | -     | -     | -      | -     | -      | -      | -      | -                     | -                                     | -     | -     | -     | -    | 0,405 | 27,8 (100) |
| 180 - 508                        | 8                       | 7400  | 7700  | 8000  | 8500  | 8750  | 9000  | 9500   | 10000 | -      | -      | -      | -                     | -                                     | -     | -     | -     | -    | 0,405 | 27,8 (100) |
| 200 - 508                        | 8                       | 8250  | 8500  | 9000  | 9250  | 9750  | 10250 | 10500  | -     | -11250 | -11500 | -12000 | -                     | -                                     | -     | -     | -     | -    | 0,429 | 27,8 (100) |
| 200 - 508                        | 10                      | 8250  | 8500  | 9000  | 9250  | 9750  | 10250 | 10500  | 11000 | -      | -      | -      | -                     | -                                     | -     | -     | -     | -    | 0,429 | 27,8 (100) |
| 220 - 508                        | 8                       | -   | 9500  | 10000 | 10500 | 11000 | 11500 | 12000  | 12500 | 12750  | 13250  | 13500  | 14000                 | -                                     | -     | -     | -     | -    | 0,443 | 27,8 (100) |
| 220 - 508                        | 10                      | -   | 9500  | 10000 | 10500 | 11000 | 11500 | 12000  | 12500 | 14700  | 15000  | -      | -                     | -                                     | -     | -     | -     | -    | 0,443 | 27,8 (100) |
| 240 - 508                        | 10                      | 10900   | 11300 | 11700 | 12400 | 12700 | 13100 | 13800  | 14400 | 14700  | 15000  | 15700  | 16300                 | -16700                                | -     | -     | -     | -    | 0,460 | 27,8 (100) |
| 240 - 508                        | 12                      | 10900   | 11300 | 11700 | 12400 | 12700 | 13100 | 13800  | 14400 | 17600  | 18000  | -      | -                     | -                                     | -     | -     | -     | -    | 0,460 | 27,8 (100) |
| 260 - 508                        | 10                      | -   | -     | 14000 | 14700 | 15400 | 16000 | 16500  | 17000 | 17600  | 18000  | 18600  | 19100                 | 19700                                 | 20300 | -     | -     | -    | 0,490 | 27,8 (100) |
| 260 - 508                        | 12                      | -   | -     | 14000 | 14700 | 15400 | 16000 | 16500  | 17000 | 19600  | 20200  | 20800  | -                     | -                                     | -     | -     | -     | -    | 0,490 | 27,8 (100) |
| 280 - 508                        | 12                      | -   | -     | -     | 16300 | 17000 | 17700 | 18400  | 19000 | 19600  | 20200  | 20800  | 21600                 | 22000                                 | 22400 | 23600 | -     | -    | 0,500 | 27,8 (100) |
| 280 - 508                        | 14                      | -   | -     | -     | 16300 | 17000 | 17700 | 18400  | 19000 | 22300  | 22800  | 23500  | -                     | -                                     | 26000 | -     | -     | -    | 0,500 | 22,2 (80)  |
| 300 - 508                        | 12                      | -   | -     | -     | 18400 | 19300 | 19900 | 20800  | 21400 | 22300  | 22800  | 23500  | 24100                 | 24700                                 | 25300 | -     | -     | -    | 0,5 К | 27,8 (100) |
| 300 - 508                        | 14                      | -   | -     | -     | 18400 | 19300 | 19900 | 20800  | 21400 | 24900  | 25500  | 26400  | 27300                 | -                                     | 29400 | -     | -     | -    | 0,510 | 22,2 (80)  |
| 320 - 508                        | 14                      | -   | -     | -     | -     | -     | -     | 23400  | 24000 | 24900  | 25500  | 26400  | 27300                 | 28000                                 | 28700 | 27400 | -     | -    | 0,532 | 22,2 (80)  |
| 320 - 508                        | 14                      | -   | -     | -     | -     | -     | -     | 23400  | 24000 | 23400  | 24000  | 24400  | 25200                 | 26000                                 | 26800 | 30000 | -     | -    | 0,532 | 22,2 (80)  |
| 300 - 559                        | 16                      | -   | -     | -     | 19600 | 20400 | 21200 | 22000  | 22800 | -      | -      | -      | -                     | -                                     | -     | -     | -     | -    | 0,540 | 22,2 (80)  |

Обозначение шин: первая цифра обозначает условную ширину профиля шины в дюймах (мм), вторая - посадочный диаметр шины (колеса) в дюймах (мм), например, 11,0 - 20 (277 - 504)

ШИНЫ ДЛЯ ЛЕГКОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

| Обозначение шин | Нагрузка на шины, Н, при различных внутренних давлениях, МПа |      |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | Статический радиус, м | Максимально допустимая скорость, м/с (км/ч) |            |
|-----------------|--|------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----------------------|---|------------|
|                 | 0,12   |      |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |                       |   |            |
|                 | 0,12   | 0,13 | 0,14  | 0,15 | 0,16 | 0,17 | 0,18 | 0,19 | 0,2  | 0,21 | 0,22 | 0,23 | 0,24 |                       |   | 0,25       |
| 130 - 330       | 2100   | 2250 | 23500 | 2450 | 2600 | 2750 | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -                     | 0,283                                       | 26,5 (95)  |
| 145 - 330       | 2000   | 2100 | 2250  | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -                     | 0,292                                       | 20,8 (75)  |
| 155 - 330       | -  | -    | 2900  | 3000 | 3150 | 3300 | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -                     | 0,290                                       | 34,7 (125) |
| 145 - 380       | -  | -    | 2900  | 3000 | 3150 | 3300 | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -                     | 0,315                                       | 32 (115)   |
| 165 - 380       | -  | -    | 3400  | 3450 | 3500 | 3600 | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -                     | 0,331                                       | 25 (90)    |
| 170 - 380       | -  | -    | 4350  | 4500 | 4700 | 4850 | 5050 | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -                     | 0,335                                       | 36,1 (130) |
| 180 - 380       | -  | -    | 4650  | 4900 | 5050 | 5200 | 5450 | 5600 | 5750 | 5900 | -    | -    | -    | -                     | 0,380                                       | 34,7 (125) |
| 210 - 380       | -  | -    | 5750  | 6000 | 6200 | 6400 | 6600 | 6800 | 7050 | -    | -    | -    | -    | -                     | 0,350                                       | 41,7 (150) |
| 215 - 318       | -  | -    | -     | -    | -    | -    | -    | 6000 | 6250 | 6500 | 6750 | 7000 | 7250 | 7500                  | 0,370                                       | 25 (90)    |
| 7,00 - 15       | -  | -    | 4250  | 4400 | 4600 | 4800 | 4950 | 5100 | 5250 | 5400 | 5550 | 5700 | 5850 | 6050                  | 0,352                                       | 34,7 (125) |
| 5,00 - 16       | -  | -    | -     | 2550 | 2650 | 2750 | 2850 | 2950 | 3050 | 3200 | -    | -    | -    | -                     | 0,315                                       | 25 (90)    |
| 6,00 - 16       | -  | -    | -     | 3400 | 3550 | 3700 | 3850 | 4000 | 4200 | 4400 | 4600 | -    | -    | -                     | 0,343                                       | 29,2 (105) |
| 6,50 - 16       | -  | -    | -     | 3900 | 4050 | 4300 | 4450 | 4600 | 4750 | 4900 | 5050 | 5200 | 5350 | 5500                  | 0,362                                       | 25 (90)    |
| 7,50 - 16       | -  | -    | -     | 5000 | 5300 | 5600 | 5900 | 6200 | 6450 | 6700 | 7000 | 7300 | 7600 | 7850                  | 0,375                                       | 39 (140)   |