



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра: “Автомобили и машинно-
тракторные комплексы”

Б1.Б.23 ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА АВТОМОБИЛЯ

**Методические указания к выполнению
расчетно-графической работы**

**Направление подготовки бакалавра
2.23.03.03 Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов**

профиль Автомобили и автомобильное хозяйство

**квалификация (степень) выпускника
бакалавр**

УДК 378.147: 631.372:629.114

ББК 74.58: 39.34: 40.75

М 54

Методическое указание рекомендовано к изданию методической комиссией механического факультета (протокол №1 от « 29 » августа 2017 г.).

Составители: доцент Козеев А.А.

Рецензент: доц. кафедры «ТМ и РМ» А.Ф. Фаюршин

Ответственный за выпуск: зав. кафедрой К.В. Костарев

г. Уфа, БГАУ, кафедра автомобилей и машинно-тракторных комплексов

ВВЕДЕНИЕ

Цель контрольной работы - систематизация и закрепление знаний по основам теории эксплуатационных свойств автомобиля, овладение методикой и навыками самостоятельного решения задач по оценке эксплуатационных качеств автомобиля.

В методическом пособии представлены три раздела, при выполнении контрольной работы необходимо решить по одной задаче из каждого раздела, причем номер решаемой задачи и марка автомобиля должны соответствовать индивидуальному заданию, полученному от преподавателя и заверенного его подписью.

Контрольная работа оформляется в стандартной тетради в клеточку с необходимыми схемами и таблицами. Каждая решенная задача должна оканчиваться словом «ответ» и кратким изложением итога решения.

В процессе выполнения работы для определения параметров автомобилей необходимых для расчетов нужно пользоваться справочными данными и техническими характеристиками заданных автомобилей.

Необходимые для расчетов коэффициенты должны приниматься обоснованно, с соответствующим пояснением и ссылкой на литературный источник.

Модель автомобиля принять в соответствии с заданием:

- 1- автомобиль КАМАЗ-5320**
- 2- автомобиль ГАЗ-3307**
- 3- автомобиль ЗИЛ-130**
- 4- автомобиль УАЗ-451**
- 5- автомобиль ВАЗ-21099**
- 6- автомобиль МАЗ-500**
- 7- автомобиль ГАЗ-66**

ОГЛАВЛЕНИЕ

Основные принятые обозначения.....	4
1 Тяговый и мощностной баланс.....	5
2 Статическая и динамическая устойчивость.....	8
3 Динамика и управляемость автомобиля.....	11
Библиография	15
Таблицы и приложения.....	15

ОСНОВНЫЕ ПРИНЯТЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

N_e - эффективная мощность двигателя;	$P_{ц}$ - центробежная сила;
N_H - номинальная мощность двигателя;	P_j - сила инерции;
$N_{кр}$ - тяговая (крюковая) мощность автомобиля;	n_e - частота вращения коленвала двигателя;
$N_{тр}$ - мощность потерь в трансмиссии;	$i_{тр}$ - передаточное число трансмиссии;
N_{δ} - мощность, расходуемая на буксование движителей;	$\eta_{тр}$ - КПД трансмиссии;
N_f - мощность, расходуемая на качение трактора;	η_{δ} - КПД, учитывающий потери на буксование движителей;
N_i - мощность, затрачиваемая для преодоление подъемов;	η_f - КПД, учитывающий потери на качение;
N_j - мощность, расходуемая на изменение скорости движения;	$\eta_{тя}$ - тяговый КПД;
$N_{в\text{ом}}$ - мощность, передаваемая через ВОМ;	ρ - сила сопротивления воздуха;
χ - коэффициент загрузки двигателя;	P_{ψ} - суммарная сила сопротивления дороги;
$N_{\text{в\text{ом}}}$ - мощность потерь в приводе ВОМ;	i - коэффициент уклона;
M_k - крутящий момент двигателя;	ϕ - коэффициент сцепления;
$M_{\text{вед}}$ - ведущий момент, приложенный к движителям;	ψ - суммарный коэффициент сопротивления дороги;
P_k - касательная сила тяги по двигателю;	k - коэффициент обтекаемости;
$P_{кр}$ - касательная сила тяги по сцеплению;	$k_{\text{эу}}$ - коэффициент эксплуатационного состояния тормозной системы;
Y_k - нормальная реакция дороги на ведущие колеса;	f - коэффициент сопротивления качению;
$Y_{п}$ - нормальная реакция дороги на ведомые колеса;	$\delta_{вр}$ - коэффициент учета вращающихся масс;
G - вес;	λ_k - коэффициент загрузки ведущих колес;
V_T - теоретическая скорость движения;	δ - коэффициент буксования;
V_d - действительная скорость движения;	L - продольная база;
m_o - конструктивная масса автомобиля;	B - поперечная база;
m - эксплуатационная масса автомобиля;	$h_{\text{сц}}$ - высота сцепного устройства;
P_f - сила сопротивления перекачиванию;	h - высота центра масс;
$P_{кр}$ - крюковое усилие;	b - ширина шины;
D - динамический фактор;	δ - угол бокового увода шин;
$\eta_{ц}$ - КПД цилиндрической пары зацепления (0,985);	α - угол подъема или уклона;
η_k - КПД конической пары зацепления (0,975);	β - угол косогора;
$\eta_{ш}$ - КПД карданных шарниров (0,990);	θ - угол поворота автомобиля;
$\eta_{\text{хх}}$ - КПД холостого хода (0,960);	S_T - путь торможения.
Q_s - расход топлива на 100 км пути при установившемся движении;	

1 ТЯГОВЫЙ И МОЩНОСТНОЙ БАЛАНС

Пример 1. Рассчитать касательную силу тяги, необходимую для равномерного движения автомобиля КАМАЗ-5320 со скоростью 40 км/ч по сухой грунтовой дороге на подъеме в 5 град, если он буксирует прицеп полной массой 9,5 т.

Решение.

Приведем расчетную схему задачи и укажем силы, действующие на автомобиль при движении (рисунок 1.1).

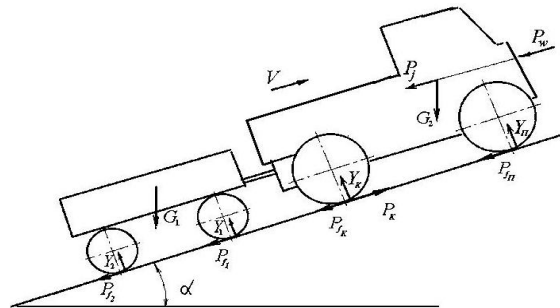


Рисунок 1.1 Расчетная схема к примеру 1.

Составим уравнение суммы проекций всех сил на ось OX: $\sum X=0$.

$$P_{f1}+P_{f2}+G_1 \sin\alpha+P_{fk}+P_{fn}-P_k+G_2\sin\alpha+P_j+P_w=0.$$

Сумма проекций сил на ось OY: $\sum Y=0$.

$$Y_1+Y_2-G_1 \cos\alpha+Y_k+Y_n-G_2\cos\alpha=0$$

$$Y_1+Y_2=G_1\cos\alpha \quad Y_k+Y_n=G_2\cos\alpha$$

$P_j=0$ т.к. движение равномерное.

Сила сопротивления перекачиванию колес прицепа:

$$P_{f1}+P_{f2}=fY_1+fY_2=f(Y_1+Y_2)=fG_1\cos\alpha$$

Аналогично для автомобиля получим:

$$P_f= P_{fk}+P_{fn}=fG_2\cos\alpha.$$

Сила сопротивления воздуха P_w :

$$P_w =k_v F V^2$$

Необходимая касательная сила тяги:

$$\begin{aligned} P_k &= (G_1+G_2)\sin\alpha+f\cos\alpha(G_1+G_2) + k_v F V^2= \\ &= (m_1 g+ m_2 g)(\sin\alpha+f\cos\alpha)+ k_v F V^2. \end{aligned}$$

Значение f для сухой грунтовой дороги по таблице 1 принимаем 0,06.

m_2 —эксплуатационная масса автомобиля КАМАЗ-5320.

По таблице 5 находим значение эксплуатационной массы $m_2 = 15\,025$ кг.

Коэффициент обтекаемости для автомобиля КАМАЗ-5320 принимаем $k_v = 0,5$ (таблица 2), площадь лобовой поверхности $F = 5,08$ м² (таблица 5).

Скорость переводим из км/ч в м/с:

$$V = 40 \text{ км/ч} : 1000 \text{ м.} \cdot 3600 \text{ с.} = 11,1 \text{ м/с.}$$

$$P_k = (9500 \cdot 9,81 + 15\,025 \cdot 9,81)(\sin 5 + 0,06 \cos 5) + 0,5 \cdot 5,08 \cdot 11,1^2 = 35679,7 \text{ Н} \approx 35,68 \text{ кН.}$$

Ответ: $P_k = 35,68$ кН.

Пример 2. Рассчитать максимальную касательную силу тяги автомобиля ГАЗ-53А по двигателю при работе на третьей передаче для номинального режима.

Решение.

Составим уравнение мощностного баланса $N_e = N_k + N_{тр}$.

Эффективная мощность двигателя ЗМЗ-53 на номинальном режиме 84,6 кВт (таблица 5).

Потери мощности в трансмиссии: $N_{тр} = N_e(1 - \eta_{тр})$,

где $\eta_{тр} = \eta_{xx} \eta_{ц}^a \eta_{к}^b \eta_{ш}^c$.

Число пар зацеплений в трансмиссии автомобиля ГАЗ-53А на третьей передаче определяем из кинематической схемы трансмиссии трактора (см. приложение): $a=2$ $b=1$ $c=2$.

Мощность, передаваемая на движители:

$$N_k = P_k V_T \quad \text{или} \quad P_k = N_e \eta_{тр} / V_T.$$

Теоретическая скорость движения: $V_T = \frac{\pi n_e}{30 i_{тр}} \cdot r_k$,

где r_k - радиус колеса, для ГАЗ-53А $r_k = 0,47$ м (таблица 5):

$n_e = 3200$ мин⁻¹ для двигателя ЗМЗ-53А;

$i_{тр} = 79,77$ - передаточное число на третьей передаче;

Касательная сила тяги определяется:

$$P_k = \frac{N_e \eta_{тр}}{V_T} = N_e \eta_{xx} \eta_{ц}^a \eta_{к}^b \eta_{ш}^c 30 i_{тр} / \pi n_e r_k =$$

$$= 84,6 \cdot 0,96 \cdot 0,985^2 \cdot 0,975 \cdot 0,99^2 \cdot 30 \cdot 79,77 / 3,14 \cdot 3200 \cdot 0,47 = 38,15 \text{ кН}$$

Ответ: $P_k = 38,15$ кН.

Пример 3. Какую мощность может передать через ВОМ миксер на базе автомобиля КАМАЗ, на номинальном режиме при работе бетоносмесителя общей массой с автомобилем 14000 кг, если скорость движения по горизонтальной грунтовой дороге - 45 км/ч определена по спидометру, КПД трансмиссии - 0,9, коэффициент буксования - 0,03.

Решение.

Уравнение мощностного баланса:

$$N_e = N_{тр} + N_{\delta} + N_f + N_w + N_{ВОМ} \quad (*)$$

Двигатель КАМАЗ-740 миксера развивает на номинальном режиме

$N_{e_{ном}} = 154,4$ кВт или 154400 Вт (таблица 5).

Потери мощности в трансмиссии:

$$N_{тр} = N_e (1 - \eta_{тр})$$

Потери мощности на буксование:

$$N_{\delta} = N_k \delta = (N_e - N_{тр}) \delta = N_e \eta_{тр} \delta$$

Скорость передвижения миксера определена по спидометру и показывает теоретическую скорость. Действительная скорость передвижения:

$$V_d = V_t (1 - \delta)$$

Коэффициент сопротивления качению для грунтовой дороги - $f = 0,06$ (таблица 1).

Потери мощности на сопротивление перекачиванию автомобиля

$$N_f = m \cdot g \cdot f \cdot V_d,$$

где m - масса миксера по заданию $m = 18000$ кг.

Мощность затрачиваемая на преодоление силы сопротивления воздуха:

$$N_w = k_v \cdot F \cdot V_d^3,$$

где коэффициент обтекаемости для автомобиля КАМАЗ-5320 принимаем $k_v = 0,5$ (табл. 2), площадь лобовой поверхности $F = 5,08$ м² (табл. 5).

Подставив в выражение (*) после преобразований получим:

$$N_{ВОМ} = N_e \eta_{тр} (1 - \delta) - m \cdot g \cdot f \cdot V_t (1 - \delta) - k_v \cdot F \cdot (V_t (1 - \delta))^3 = 154400 \cdot 0,9 \cdot (1 - 0,03) - 14000 \cdot 9,81 \cdot 0,06 \cdot 45/3,6 \cdot (1 - 0,03) - 0,5 \cdot 5,08 \cdot (45/3,6 \cdot (1 - 0,03))^3 = 30348,64 \text{ Вт} \approx 30,35 \text{ кВт}$$

Ответ: $N_{ВОМ} = 30,35$ кВт.

1.1 Определить максимальную массу прицепа автомобиля _____, движущегося со скоростью 40 км/ч на второй передаче на номинальном режиме, если буксование по мокрой грунтовой дороге составляет 4% . Движение происходит на подъем в 15 градусов.

1.2 Рассчитать касательную силу тяги по двигателю автомобиля _____ на номинальном режиме, если он движется на второй передаче, а на дополнительное оборудование затрачивается мощность 7 кВт. Привести кинематическую схему трансмиссии.

1.3 Определить суммарную силу сопротивления движению автомобиля _____ с прицепом массой 4 т, если автомобиль движется по асфальту с постоянной скоростью 60 км/ч на подъеме 10 град. Привести расчетную схему задачи.

1.4 Определить ведущий момент и мощность двигателя автомобиля _____, необходимые для преодоления подъема в 5 град. со скоростью 70 км/ч, дорога бетонная, буксование 2%. Привести кинематическую схему трансмиссии.

1.5 Определить мощность двигателя и касательную силу тяги, развиваемые автомобилем _____ при преодолении подъема в 10 град со скоростью движения 50 км/ч по рыхлому снегу. Буксование 4%. Привести расчетные схемы задачи.

1.6 Определить коэффициент сцепления, которое может обеспечивает равномерное движение со скоростью 60 км/ч автомобиля _____ с прицепом массой 7 т при подъеме 10 град. по скошенному лугу. Привести расчетную схему задачи.

1.7 Рассчитать суммарную касательную силу тяги (реализуемую по условию сцепления колес с дорогой) и коэффициент эффективности блокировки для автомобиля _____ с симметричным дифференциалом и устройством блокировки. Коэффициент загрузки ведущих колес - 0,8. Правая часть машины движется по рыхлому снегу, левая - по укатанной снежной дороге.

1.8 Определить необходимую мощность автомобиля _____ и рассчитать крюковое усилие для следующих условий: автомобиль движется на номинальном режиме на второй передаче сухой грунтовой дороге с буксованием 5%. Привести кинематическую схему трансмиссии.

1.9 Определить номинальную мощность двигателя для следующих условий: автомобиль _____ движется на второй передаче по песку с буксованием 7%. Привести кинематическую схему трансмиссии.

1.10 Какую мощность для дополнительного оборудования может передать автомобиль ____ при работе с бетоносмесителем массой 6 т, если скорость движения 45 км/ч. автомобиль движется по горизонтальному асфальто-бетонному основанию с коэффициентом загрузки двигателя 0,8.

1.11 Определить потери мощности в трансмиссии автомобиля ____ при работе на третьей передаче с коэффициентом загрузки двигателя 0,9. Привести кинематическую схему трансмиссии.

1.12 Рассчитать мощностной балланс автомобиля ____ при движении на горизонтальной сухой грунтовой дороге с прицепом 2 тонны, теоретическая скорость движения - 60 км/ч, коэффициент загрузки двигателя - 0,8, буксование - 5%.

1.13 Рассчитать мощность двигателя автомобиля ____, если он движется на второй передаче по скошенному лугу с крюковым усилием 1,5 кН. Буксование - 2%.

1.14 Определить потребную мощность двигателя автомобиля ____, если он движется по асфальто-бетонному основанию на 3 передаче со скоростью 40 км/ч с буксованием 5%.

1.15 Рассчитать потребную мощность двигателя автомобиля ____, если он движется по шоссе на подъеме в 10 град. на третьей передаче со скоростью 60 км/ч с прицепом массой 5000 кг. Привести кинематическую схему трансмиссии.

1.16 Рассчитать потребную мощность двигателя автомобиля ____ при движении с прицепом массой 1 500 кг, если он движется по асфальту на 3 передаче со скоростью 42 км/ч, буксование - 3%. Привести кинематическую схему трансмиссии.

1.17 Определить мощность двигателя автомобиля ____, необходимую для движения по песку с буксованием 8%, скорость движения - 40 км/ч. Привести кинематическую схему трансмиссии.

1.18 Определить число оборотов, которое сделает коленчатый вал автомобиля _____ на участке дороги длиной 2 км на второй и четвертой передачах. Коэффициент деформации шин - 0,93.

1.19 Определить касательную силу тяги и мощность, подводимую к ведущим колесам автомобиля _____, движущегося по горизонтальной дороге на второй передаче без ускорения на номинальном режиме. Привести кинематическую схему трансмиссии.

1.20 Определить силу и мощность дорожного сопротивления автомобиля _____ при движении по рыхлому снегу со скоростью 10 м/с на подъеме, угол которого равен 5° .

2 СТАТИЧЕСКАЯ И ДИНАМИЧЕСКАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ

Пример 1. Определить угол косогора, на котором возможна потеря поперечной устойчивости автомобиля ЗИЛ-130. Автомобиль движется по мокрому грунту, смещение центра масс от продольной оси $a_0=0,1$ м в сторону основания косогора.

Решение.

Данные, необходимые для решения задачи, принимаем из таблицы 5 для автомобиля ЗИЛ-130:

$B=1800$ мм – ширина колеи;

$h = 800$ мм - высота центра масс.

Для мокрого грунта принимаем $\varphi = 0,5$ (таблица 1).

Приведем расчетную схему задачи и укажем силы, действующие на автомобиль (рисунок 2.1).

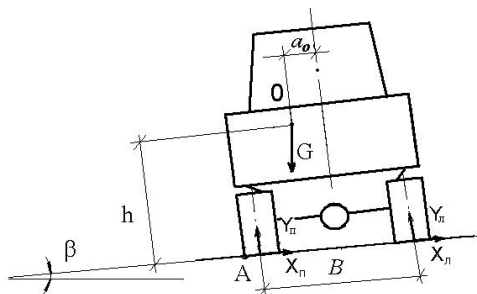


Рисунок 2.1 Расчетная схема к примеру 1.

Определим предельный угол устойчивости по опрокидыванию. У автомобилей опрокидывание происходит вокруг т.А, причем предельный угол динамической устойчивости $\beta_{\text{дин}}$ принимается равным половине предельного угла статической устойчивости $\beta_{\text{ст}}$:

$$\beta_{\text{дин}} = 1/2 \beta_{\text{ст}}$$

$$\text{tg} \beta_{\text{ст}} = (B/2 - a_0)/h$$

$$\beta_{\text{дин}} = 1/2 \arctg (B/2 - a_0)/h = 1/2 \arctg ((1,8/2 - 0,1)/0,8) = 19,35^\circ$$

Предельный угол по скольжению:

$$\text{tg} \beta_{\text{ст}} = \varphi$$

$$\beta_{\text{дин}} = 1/2 \arctg \varphi = 1/2 \arctg 0,5 = 13,3^\circ$$

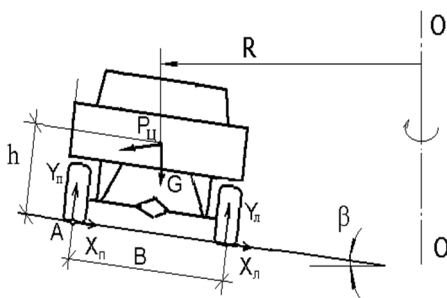
Ответ: Предельный угол устойчивости равен $13,3^\circ$.

Пример 2. На какой скорости автомобиль КАМАЗ-5320 при движении по бетонной дороге с радиусом 50 м, полотно которой имеет поперечный уклон 5 град, может потерять поперечную устойчивость по условию опрокидывания или заноса.

Решение.

Приведем расчетную схему задачи, укажем все действующие на автомобиль силы и реакции (рисунок 2.2).

Опрокидывание вокруг т.А при криволинейном движении автомобиля вызывается центробежной силой инерции $P_{ц}$. Критическая скорость $V_{кр}$ по опрокидыванию определяется по формуле [1]:



$$V_{кр} \leq \sqrt{g R \frac{tg \beta_{cm} + tg \beta}{1 - tg \beta_{cm} \cdot tg \beta}}$$

где $\beta_{ст}$ - статический угол опрокидывания $tg \beta_{ст} = B/2h$

Рисунок 2.2 Расчетная схема к примеру 2.

По таблице 5 для автомобиля КАМАЗ 5320 находим: $B = 1850$ мм, $h = 770$ мм.

$$tg \beta_{ст} = \frac{1850}{2 \cdot 770} = 1,2$$

$$V_{кр} \leq \sqrt{9,81 \cdot 150 \cdot \frac{1,2 + tg 5^\circ}{1 - 1,2 \cdot tg 5^\circ}} = 26,4 \text{ м/с}$$

Критическая скорость по скольжению $V'_{кр}$ определяется аналогично, но $tg \beta'_{ст}$ - статический угол скольжения.

$$tg \beta'_{ст} = \varphi.$$

Для бетонной дороги по таблице 1 принимаем $\varphi = 0,75$, тогда

$$V'_{кр} \leq \sqrt{9,81 \cdot 150 \cdot \frac{0,75 + tg 5^\circ}{1 - 0,75 \cdot tg 5^\circ}} = 21,0$$

Ответ: Критические скорости по скольжению $V'_{кр} = 21,0$ м/с,

по опрокидыванию $V_{кр} = 26,4$ м/с.

2.1 Проанализировать продольную устойчивость автомобиля _____ на уклоне 32 град. по условиям опрокидывания и скольжения на сухой грунтовой дороге. Привести расчетную схему задачи.

2.2 Определить угол подъема при котором возможно продольное опрокидывание автомобиля _____, если его ведущие колеса попали в поперечный ров. Движение происходит на 2 передаче на номинальном режиме. Привести расчетную схему задачи.

2.3 Определить угол косогора, на котором возможна потеря поперечной устойчивости автомобиля _____. Автомобиль стоит на грунтовой дороге. Смещение центра масс от продольной оси 0,3 м в сторону основания косогора. Привести расчетную схему задачи.

2.4 На какой скорости автомобиль _____ при движении по дороге с радиусом 40 м, полотно которой имеет поперечный уклон 6 град в сторону центра поворота, может потерять поперечную устойчивость по условию опрокидывания? Привести расчетную схему задачи.

2.5 Определите предельный угол подъема полностью загруженного автомобиля _____ по условиям устойчивости на снежной укатанной дороге.

2.6 Проанализировать продольную устойчивость на подъеме автомобиля _____ с грузом массой 5 т. Центр массы груза расположен в базе автомобиля на расстоянии 1,2 м от задней оси и на высоте 2,4 м от поверхности дороги. Привести расчетную схему задачи.

2.7 Рассчитать предельный угол поперечной устойчивости автомобиля _____ с грузом на платформе 5 т, центр массы сдвинут от продольной оси автомобиля от 0,2 м в сторону вершины косогора и расположен над поверхностью дороги на высоте 2,3 м. Привести расчетную схему задачи.

2.8 Определить угол косогора, на котором возможна потеря поперечной устойчивости автомобиля _____ при движении. Автомобиль движется по грунтовой дороге. Привести расчетную схему задачи.

2.9 Два автомобиля _____ движутся по асфальто-бетонной дороге, один с грузом на платформе, другой - без груза. Определить максимальные скорости движения автомобилей на повороте с радиусом 120 м (по условию опрокидывания), если

центр тяжести груженого автомобиля находится на расстоянии 1,6 м над уровнем земли, поперечный уклон - 4 град.

2.10 Два автомобиля _____ движутся по грунтовой дороге, один с грузом на платформе, другой без груза. Определить максимальные скорости движения автомобилей на повороте с радиусом 100 м (по условию скольжения), поперечный уклон дороги 7 град., высота центра масс груженого автомобиля - 1,0 м над уровнем дороги.

2.11 На какой скорости автомобиль _____ при движении по снежной укатанной дороге с радиусом 150 м, полотно которой имеет поперечный угол 5 град., может потерять поперечную устойчивость по условию заноса? Привести расчетную схему задачи.

2.12 Как изменится максимальная скорость автомобиля на дороге заданного радиуса, если при погрузке на него груза с малой плотностью высота центра тяжести увеличилась в 1,5 раза, выпал снег и коэффициент сцепления уменьшился в 2 раза?

2.13 Определите параметры устойчивости (предельные углы, критическую скорость по условиям опрокидывания и скольжения) полностью загруженного автомобиля _____ на мокром грунте, если он движется на горизонтальном вираже с радиусом поворота 75 м.

2.14 Найти предельный угол подъема, ограниченный устойчивостью автомобиля _____ с грузом, вес приходящийся на переднюю ось $0,3G_a$, высота центра тяжести – 1,21 метра. Сопротивлением воздуха и сопротивлением качению колес пренебречь.

2.15 Определить возможность опрокидывания автомобиля _____ назад при его равномерном движении с подъемом 24 град. Сопротивлением воздуха и сопротивлением качению колес пренебречь.

2.16 Найти максимальное значение высоты центра тяжести автомобиля _____, допускающего его равномерное устойчивое движение по дороге с поперечным уклоном 22 град. При решении принять, что устойчивость автомобиля по условию бокового скольжения обеспечена.

2.17 На какую величину следует изменить колею и высоту центра тяжести в отдельности для автомобиля _____, чтобы обеспечить возможность движения по дороге с поперечным уклоном 36 град.

2.18 С каким минимальным радиусом может совершить поворот автомобиль _____ на горизонтальном участке дороги, движущегося со скоростью 50 км/ч без бокового опрокидывания? Найти значение коэффициента сцепления колес с дорогой, при котором начнется боковое скольжение при движении с минимальным радиусом поворота.

2.19 Найти высоту расположения центра тяжести автомобиля _____, если при движении по окружности с радиусом 50 м и скоростью 70 км/ч произойдет отрыв от поверхности дороги внутренних, по отношению к центру поворота, колес. При каком коэффициенте сцепления возможен данный случай?

2.20 Найти процент запаса скорости по опрокидыванию автомобиля ____, который движется с максимальной скоростью 17 м/с на повороте радиусом 50 м.

3 ДИНАМИКА И УПРАВЛЯЕМОСТЬ АВТОМОБИЛЯ

Пример 1. Определить динамический фактор полностью груженого автомобиля ГАЗ-53А, равномерно движущегося на номинальном режиме на четвертой передаче.

Решение.

Динамический фактор определяется по формуле:

$$D = \frac{P_k - P_w}{G} \quad (*)$$

Касательная сила тяги P_k определяется как

$$P_k = \frac{M_{вед}}{r_k} = \frac{N_k / \omega_k}{r_k} = \frac{N_e \cdot \eta_{mp}}{\omega_k \cdot r_k} = \frac{N_e \cdot \eta \cdot \eta_u^6 \cdot \eta_k^6 \cdot \eta_{ш}^c \cdot 30 \cdot i_{mp}}{\pi \cdot n_e \cdot r_k}$$

Из таблицы 5 выберем данные для автомобиля ГАЗ-53:

$N_e = N_H = 80,6$ кВт; $n_e = 3\,200$ мин⁻¹;

$i_{тр} = 6,83$; $r_k = 0,47$ м;

полная масса автомобиля 7 400 кг;

площадь лобовой поверхности автомобиля 3,2 м²;

для грузовых автомобилей $k = 0,5$ (таблица 2);

по кинематической схеме трансмиссии для 4 передачи $a=0$, $v=1$, $c=2$.

$$P_w = kF \left(\frac{\pi n_e}{30 \cdot i_{mp}} \cdot r_k \right)^2$$

Подставив в формулу (*) P_k и P_w получим:

$$D = \frac{\frac{30 \cdot i_{mp}}{\pi \cdot n_e \cdot r_k} \cdot N \cdot \eta_{xx} \cdot \eta_u^6 \cdot \eta_k^6 \cdot \eta_{ш}^c - k \cdot F \left(\frac{\pi n_e}{30 \cdot i_{mp}} \cdot r_k \right)^2}{mg} =$$

$$= \frac{\frac{30 \cdot 6,83}{\pi \cdot 3200 \cdot 0,47} \cdot 80,6 \cdot 0,96 \cdot 1 \cdot 0,975^1 \cdot 0,995^2 - 0,5 \cdot 3,2 \left(\frac{3200 \cdot \pi}{30 \cdot 6,83} \cdot 0,47 \right)^2}{7400 \cdot 9,81} = 0,33$$

Ответ: 0,33

Пример 2. Определить угол поворота машины и углы поворота левого и правого колеса при повороте автомобиля ГАЗ-53А при движении на повороте с радиусом 15 м. Привести расчетную схему задачи.

Решение:

Приведем расчетную схему задачи.

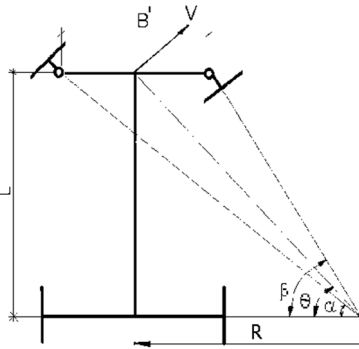


Рисунок 3.1 Расчетная схема к примеру 2.

Для автомобиля ГАЗ-53А по таблице 5 находим $L = 3,7$ м; $B' = 1,63$ м. На рисунке 3.1 обозначим: α - угол поворота левого колеса;

β - угол поворота правого колеса;

θ - угол поворота машин.

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{L}{R + B/2} = \frac{3,7}{15 + 1,6/2} = 0,234$$

$$\alpha = \arctg 0,234 = 13,17$$

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{L}{R - B/2} = \frac{3,7}{15 - 1,63/2} = 0,261$$

$$\beta = \arctg 0,261 = 14,63$$

$$\theta = \arctg L/R = \arctg (3,7/15) = 13,9^\circ$$

Ответ: $\alpha = 13,17^\circ$; $\beta = 14,63^\circ$; $\theta = 13,9^\circ$.

Пример 3. Насколько изменится радиус поворота автомобиля. МАЗ-500 за счет бокового увода шин (задних колес 3 град, передних - 5 град) по сравнению с движением без увода по радиусу 50 м.

Решение.

Приведем расчетную схему задачи.

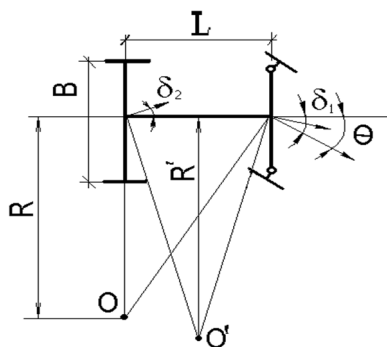


Рисунок 3.2 Расчетная схема к примеру 3.

При отсутствии бокового увода центр поворота автомобиля будет находиться в т.О. За счет бокового увода шин центр смещается в т. O_1 .

Для МАЗ-500 по таблице 5 примем $B = 1900$ мм; $L = 3850$ мм.

Определим угол поворота машины θ без увода.

$$\operatorname{tg} \theta = \frac{L}{R} = \frac{3,85}{50} = 0,077, \quad \theta = \arctg 0,077 = 4,43$$

Радиус поворота с учетом бокового увода:

$$R^1 = \frac{L}{\operatorname{tg} \delta_2 + \operatorname{tg}(\alpha - \delta_1)} = \frac{3,85}{\operatorname{tg} 3 + \operatorname{tg}(4,51 - 5)} = 90 \text{ м}$$

Ответ: Радиус поворота автомобиля увеличится на 40 м.

Пример 4. Определить остановочный путь и минимальную дистанцию между автомобилями ВАЗ-2109 при движении в колонне на автомагистрали. Коэффициент эксплуатационного состояния тормозной системы 1,3.

Решение.

Остановочный путь вычисляется по формуле проф. Великанова:

$$S_T = V \cdot (t'_1 + t''_1 + t_2 + t_3) + \frac{V k_{\varepsilon} \cdot \delta_{\text{вп}}}{2 \cdot \varphi \cdot g}.$$

Примем необходимые данные по /1/:

$\delta_{\text{вп}} = 1$ при блокировке колес;

$t'_1 = 0,3 \dots 0,5$ с время психической реакции водителя, $t_1 = 0,4$ с;

$t''_1 = 0,3 \dots 0,5$ с время физической реакции водителя, $t_1 = 0,4$ с;

$t_2 = 0,2 \dots 0,4$ с время срабатывания гидропривода (автомобили имеют гидравлический привод тормозных механизмов), $t_2 = 0,3$ с;

$t_3 = 0,1 \dots 0,2$ с время нарастания замедления, $t_3 = 0,10$ с;

$\varphi = 0,7$ - для асфальтобетонного покрытия.

Максимально допустимая скорость на автомагистрали 110 км/ч. Подставив числовые значения, получим:

$$S_T = 30,56 \cdot (0,4 + 0,4 + 0,3 + 0,1) + \frac{30,56^2 \cdot 1,3 \cdot 1}{2 \cdot 0,7 \cdot 9,81} = 122 \text{ м}$$

Минимальная дистанция определяется разницей начала торможения двух автомобилей, определяемой временем реакции водителя и временем срабатывания тормозной системы. Второй водитель начинает действовать не в момент обнаружения помехи, а когда загорятся стоп-сигналы первой машины.

Минимальная дистанция между автомобилями определится

$$S_T = V \cdot (t'_1 + t''_1 + t_2) = 30,56 (0,4 + 0,4 + 0,3) = 33,62 \text{ м}$$

Ответ: Остановочный путь автомобиля 122,0 м., минимальная дистанция между автомобилями 33,62 м.

3.1 Определить динамический фактор полностью груженого автомобиля _____ равномерно движущегося на номинальном режиме на третьей передаче.

3.2 Как изменится динамический фактор автомобиля _____ при изменении касательной силы тяги на ведущих колесах с 6 кН до 11 кН? Скорость 70 км/ч, автомобиль полностью груженный.

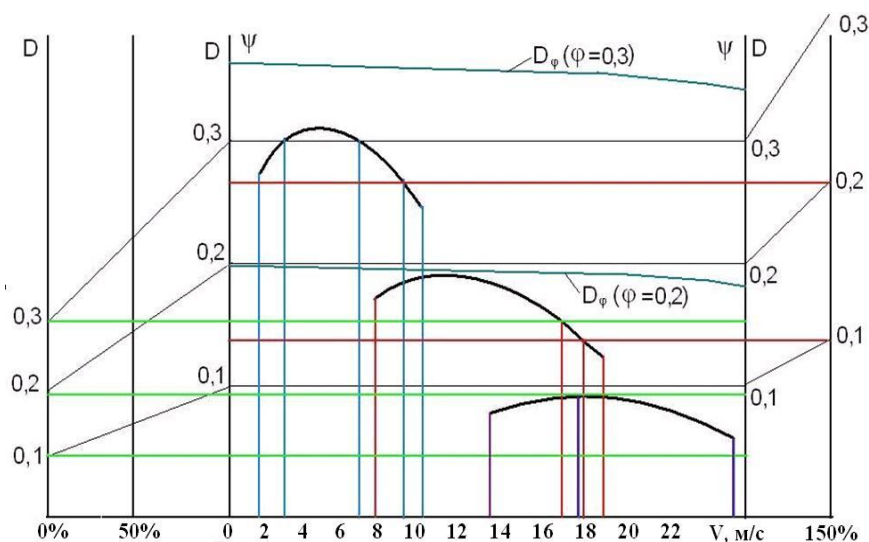
3.3 Как изменится динамический фактор автомобиля _____ при движении с полной загрузкой и без груза, если сила тяги на ведущих колесах 16 кН, скорость движения 80 км/ч.

3.4 Автомобиль _____ с полной массой движется с равномерной скоростью по асфальтированной дороге. Сила сопротивления воздуха равна 2 кН, коэффициент уклона 0,05. Определить касательную силу тяги.

3.5 Автомобиль _____ с полной массой ($\delta_{вр}=1,07$) движется по асфальтированной дороге ($f=0,03$) под уклон с коэффициентом $i = -0,05$ на 3 передаче при этом разгоняясь с ускорением $1,1 \text{ м/с}^2$. Сила сопротивления воздуха равна 3 кН. Определить необходимый для движения в данных условиях крутящий момент двигателя.

3.6 Определите динамический фактор автомобиля _____ ($\delta_{вр}=1,04$) движущегося с прицепом массой 1 т по горизонтальной грунтовой дороге с ускорением $1,5 \text{ м/с}^2$. Сила сопротивления воздуха равна 1,4 кН?

3.7 Определите с помощью динамического паспорта автомобиля ($m_{без.гр}=3\text{т}$; $k_v=0,4$; $F=4\text{М}^2$; $\eta_{тр}=0,9$; $i_{тр1}=15$; $i_{тр2}=12$; $i_{тр3}=9$; $i_{тр4}=6$; $r_k=0,5 \text{ м}$) максимальную скорость движения без груза и необходимый крутящий момент двигателя для следующих дорожных условий: загрузка 0%; дорожное сопротивление 0,22; коэффициент сцепления 0,2.



3.8 Полностью (100%) загруженный автомобиль равномерно движется на третьей передаче со скоростью 14 м/с. Определите с помощью динамического паспорта (рисунок задачи 3.7) автомобиля с каким ускорением он может двигаться после переключения на вторую передачу. ($\delta_{вр}=1,05$, $\varphi=0,6$).

3.9 По динамическому паспорту (рисунок задачи 3.7) определите, какой подъем может преодолеть автомобиль, двигаясь по грунтовой дороге ($f=0,06$; $\varphi=0,4$) с загрузкой 50% на второй передаче. Поясните решение стрелками на графике.

3.10 Определите максимальный динамический фактор автомобиля _____, если его предельный угол подъема при ускоренном движении ($j=0,9 \text{ м/с}^2$) на бетонной дороге составляет $i=33\%$, коэффициент сопротивления качению $f=0,02$, коэффициент сцепления $\varphi=0,8$, коэффициент учета вращающихся масс $\delta_{вр}=1,06$.

3.11 Определить угол подъема дороги, который может быть преодолен автомобилем _____, если его динамический фактор $D=0,05$, а коэффициент $\delta_{вр}=1,07$? Автомобиль на дороге с асфальтобетонным покрытием хорошего качества развивает ускорение $0,3 \text{ м/с}^2$.

3.12 Определите динамический фактор порожнего автомобиля _____, движущегося с постоянной скоростью на 4-й передаче ($\eta_{тр}=0,9$) по асфальту. Двигатель работает на номинальном режиме.

3.13 Вывести формулу теоретической скорости движения автомобиля и рассчитать ее величину для автомобиля _____ на 3 передаче при номинальной частоте вращения коленчатого вала.

3.14 Насколько изменится радиус поворота автомобиля _____ за счет бокового увода шин (задних колес 3 град, передних - 5 град) по сравнению с движением без увода по радиусу 30 м. Привести расчетную схему задачи.

3.15 Определить радиус поворота _____ при боковом уводе шин (задних колес - 5 град, передних - 3 град). Угол поворота 20 град. Привести расчетную схему задачи.

3.16 Определить угол поворота внешнего и внутреннего управляемых колес автомобиля _____ при движении на вираже, если фактический радиус поворота с учетом бокового увода шин (задних колес 3 град, передних - 5 град) составляет 30 м. Привести расчетную схему задачи.

3.17 Определить радиус поворота, углы поворота правого и левого направляющих колес автомобиля _____ при движении на повороте с углом поворота 25 град. Привести расчетную схему задачи.

3.18 Рассчитать и построить график зависимости тормозного пути автомобиля _____ от времени реакции водителя (от 0,5 до 1,0 с) при начальной скорости 76 км/ч. Движение происходит по асфальтированной дороге, тормозная система отрегулирована, коэффициент учета вращающихся масс автомобиля принять 1,04.

3.19 Рассчитать и построить график зависимости тормозного пути автомобиля _____ от коэффициента сцепления колес с дорогой, если он изменяется в пределах от обледенелой дороги до сухого бетонного шоссе и следующих условий: начальная скорость движения автомобиля - 60 км/ч; время реакции водителя - 0,6 с, коэффициент эксплуатационного состояния тормозной системы - 1,18.

3.20 Определить тормозной путь на автомагистрали автомобиля _____ при снижении скорости до 60 км/ч в режиме экстренного торможения.

3.21 Рассчитать и построить график зависимости тормозного пути автомобиля _____ от времени реакции водителя (от 0,5 до 1,0 с) при начальной скорости 76 км/ч. Движение происходит по асфальтированной дороге, тормозная система отрегулирована, коэффициент учета вращающихся масс автомобиля принять 1,04.

3.22 Определить тормозной путь на автомагистрали автомобиля _____ при снижении скорости до 60 км/ч в режиме экстренного торможения.

3.23 Автомобиль _____ движется при наличии бокового увода шин и средней величине угла поворота передних колес $10^{\circ}30'$ по траектории радиусом 20 м. Найти величину угла увода задних колес и поворачиваемость автомобиля, если угол увода шин передних колес составляет 5° .

БИБЛИОГРАФИЯ

1. Вахламов В.К. Автомобили. Эксплуатационные свойства. –М.: Академия, 2005г. – 238 с.
2. Скотников В.А. и др. Основы расчета трактора и автомобиля. – М.: Агропромиздат, 1986 – 383 с.
3. Чудаков Д.А. Основы теории и расчета трактора и автомобиля. –М.: Колос, 1972г. – 384 с.
4. Кутьков Г.М. Теория трактора и автомобиля – М.: Машиностроение, 1996 г. – 287 с.
5. Ксенович И.П. Тракторы и автомобили – М.: Колос, 1991 г. – 384 с.
6. Краткий автомобильный справочник НИИАТ – М.: Транспорт, 1985 г. – 224 с.
7. Бухарин Н.А. и др. Автомобили – М.: Машиностроение, 1976 г. – 504 с.
8. Николаенко А.В. Теория, конструкция и расчет тракторных и автомобильных двигателей – М.: Колос, 1992 г. – 335 с.
9. Колчин Л.И. и др. Расчет автомобильных и тракторных двигателей – М.: Высшая школа, 2002 г. – 400 с.
10. Илларионов В.А. Теория и конструкция автомобиля – М.: Машиностроение, 1992 г. – 219 с.
11. Проскурин А.И. Теория автомобиля. Примеры и задачи. – Ростов н/Д: Феникс, 2006. – 200 с.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Таблица 1 Коэффициенты сопротивления качению f
и коэффициенты сцепления φ автомобилей

Вид почвы или дороги	f	φ
Бетонное основание	0,015 - 0,020	0,65 - 0,8
Асфальтированное шоссе	0,015 - 0,020	0,6 - 0,75
Гравийно-щебеночная дорога	0,020 - 0,030	0,5 - 0,65
Булыжная мостовая	0,025 - 0,035	0,4 - 0,5
Сухая грунтовая дорога	0,03 - 0,05	0,5 - 0,7
Грунтовая дорога после дождя	0,05 - 0,15	0,35 - 0,5
Песок	0,17 - 0,30	0,65 - 0,75
Снежная укатанная дорога	0,03 - 0,04	0,3 - 0,35
Обледенелая дорога	0,025 - 0,035	0,25 - 0,3
Скошенный луг, влажный	0,07 - 0,08	0,5 - 0,55

Таблица 2 Коэффициенты обтекаемости и площади лобовой поверхности автомобилей

Типы машин	Коэффициент обтекаемости k , $\text{Н} \cdot \text{с}^2/\text{м}^4$	Площадь лобовой поверхности F , м^2
Легковые с закрытыми кузовами	0,3 - 0,4	1,3 - 2,8
Грузовые автомобили	0,4 - 0,5	3,6 - 6,5
Тягачи с прицепом	0,5	4,1 - 6,5

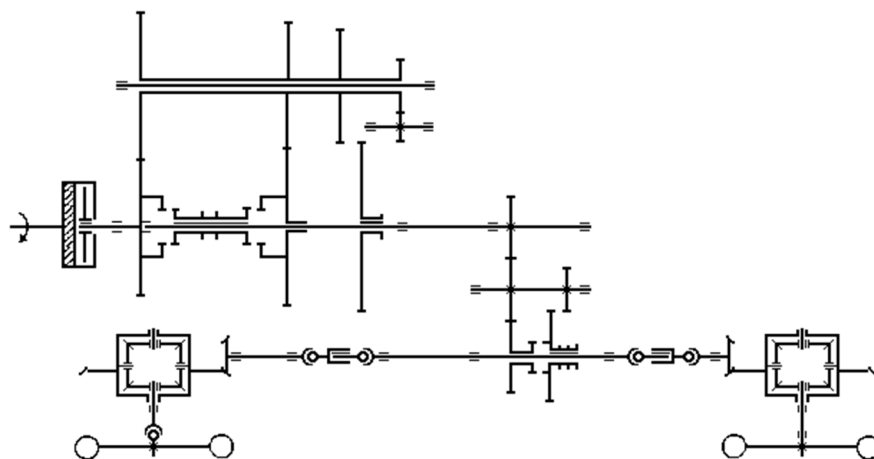
Таблица 3 Данные по шинам грузовых автомобилей

Размеры шин в мм	Норма слойности	Нагрузка на шины в кН при внутренних давлениях в МПа											
		0,28	0,30	0,33	0,35	0,38	0,40	0,43	0,45	0,48	0,50	0,53	0,56
220-508	8	9,1	9,5	10,0									
240-508	10	10,7	1,1	1,7	2,2	2,8	3,2	3,8	4,2	4,7	5,0		
260-508	10		12,0	2,5	3,0	3,7	4,2	5,0	5,5				
260-508	12			14,0	14,6	15,3	15,8	16,5	16,9	17,5	18,0	18,6	19,5
280-508	12			18,4	16,3	17,1	17,7	18,1	18,9	19,7	20,2	20,8	
300-508	12					19,3	19,9	20,8	21,4	22,2	22,7	23,5	
320-508	14							23,4	24,0	25,0	25,5	26,4	27,8

Таблица 5 Технические характеристики отечественных автомобилей

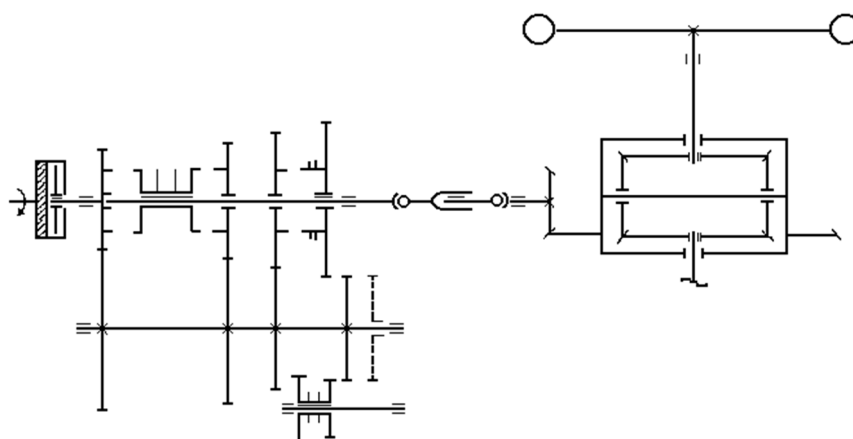
Параметры	Марки автомобилей						
	ГАЗ-66	УАЗ-451ДМ	ВАЗ-21099	ГАЗ-53А	ЗИЛ-130	КамАЗ-5320	МАЗ-500
Грузоподъемность в тоннах	2,0	1	-	4	5	8,0	7,5
Номинальная мощность двигателя, кВт	84,6	51,5	51,5	84,6	102,9	154,4	132,4
Частота вращения колен. вала двигателя, мин ⁻¹	3200	4000	5550	3200	3100	2600	2100
Коэффициент приспособляемости по M_k	1,12	1,33	1,4	1,11	1,15	1,1*	1,09
Собственная масса автомобиля, кг	3440	1510	970	3250	4300	6800	6500
Полная масса, кг	5770	2660	425	7400	9525	15025	14225
База автомобиля, мм	3300	2300	2460	3700	3800	3850	3850
Координата ц.т. продольная, мм	2030	1100	1350	1750	1800	2340	1850
Высота ц.т. над уровнем земли, мм	820	750	430	820	800	770*	900
Ширина колеи передних колес, мм	1800	1442	1400	1630	1800	2010	1950
Площадь лобового сопротивления, м ²	4,4	2,9	1,53	3,6	4,1	5,08	5,0
Радиус качения колес, мм	470	360	280	470	480	470*	530
Максим. скорость, км/ч	95	95	154	86	90	80	75

* Приведено ориентировочное значение.



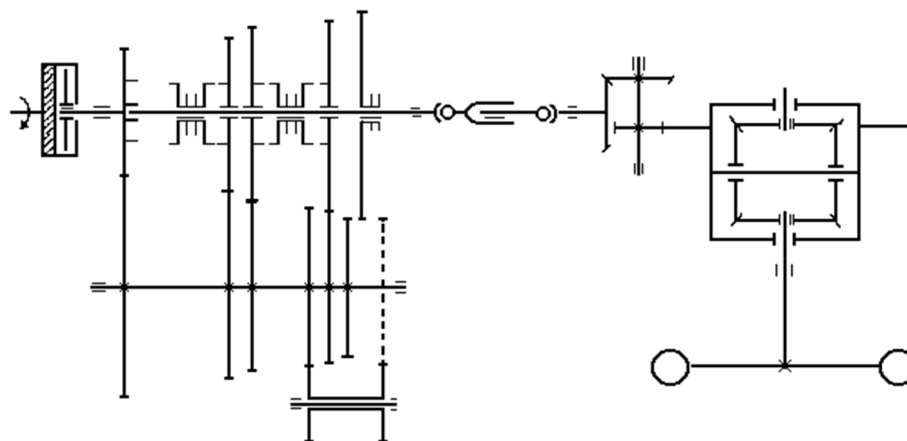
УАЗ-452Д

Передачи	I	II	III	Задний ход	Центральная и раздаточ- ная коробки
Передаточное число	18,3	10,4	5,9	22,0	5,9



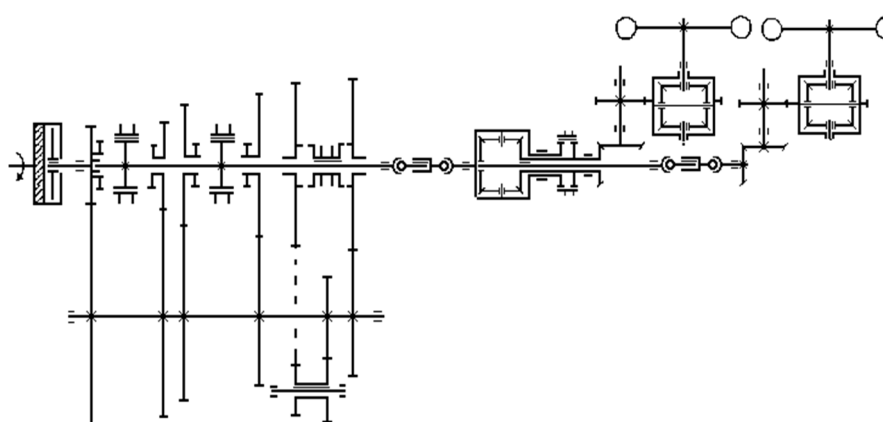
ГАЗ-53А

Передачи	Передний ход				Задний ход	Главная передача
	I	II	III	IV		
Передаточное число	44,26	21,10	11,68	6,83	53,96	6,83



ЗИЛ-130

Передачи	Передний ход					Задний ход	Главная передача
	I	II	III	IV	V		
Передаточное число	48,0	26,4	14,8	9,5	6,45	45,6	6,45



КамАЗ-5320

