

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Макушев Андрей Евгеньевич

Должность: Ректор

Дата подписания: 08.08.2023 15:08:59

Уникальный программный ключ
4c46f2d9ddd3fafb9e57683d11e5a4257b6ddfe

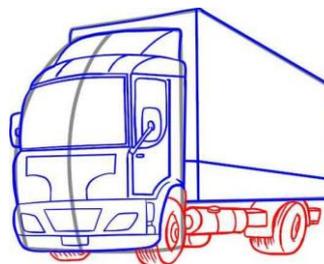
МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«Чувашский государственный аграрный университет»

(ФГБОУ ВО Чувашский ГАУ)

Кафедра транспортно-технологических машин и комплексов



ПРОЕКТИРОВАНИЕ АВТОМОБИЛЕЙ И ТРАКТОРОВ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО КУРСОВОМУ ПРОЕКТИРОВАНИЮ

Чебоксары, 2022

УДК629.113
ББК 39.33, 39.34
П 78

Рецензенты:

Ю.Ф. Казаков - доктор технических наук, профессор кафедры транспортно-технологических машин и комплексов ФГБОУ ВО Чувашский ГАУ.

Составитель:

А.Г. Смирнов – кандидат технических наук, доцент кафедры транспортно-технологических машин и комплексов ФГБОУ ВО Чувашский ГАУ.

П 78 Проектирование автомобилей и тракторов эксплуатация технологического оборудования: методические указания по курсовому проектированию / А. Г. Смирнов. – Чебоксары: ФГБОУ ВО Чувашский ГАУ, 2023. – 45 с.

Методические указания предназначены для выполнения курсового проекта по дисциплине «Проектирование автомобилей и тракторов» студентами всех форм обучения направления подготовки 23.05.01 «Наземные транспортно-технологические средства» специализации «Автомобили и тракторы». Содержат задания, тематику, методические рекомендации по выполнению курсового проекта, требования к структуре и оформлению расчетно-пояснительной записки и графической части, а так же рекомендации по процедуре защиты

Рассмотрено и одобрено методической комиссией инженерного факультета ФГБОУ ВО Чувашский ГАУ, протокол № 1 от «17 » сентября 2022 г.

УДК629.113
ББК 39.33, 39.34

© А.Г. Смирнов, 2022
© ФГБОУ ВО Чувашский ГАУ, 2022

1. Цели и задачи курсового проекта

Целью курсового проектирования является способствование получению будущими специалистами необходимых теоретических знаний и практических навыков по основам проектирования и эксплуатации автомобилей и тракторов, приобретение практических навыков по проведению компоновочных, тяговых и других расчетов автомобиля с построением требуемых чертежей и графиков, проектирование одного из агрегатов автомобиля.

Основными задачами курсового проектирования является развитие у студентов творческого подхода к решению конструкторских задач на основе детального анализа существующих конструкций с использованием специальной литературы и патентных материалов. В процессе работы над проектом должны осваиваться и закрепляться: методика реального проектирования, способ составления расчетных схем, выполнение необходимых расчетов и подбор требуемых материалов, а также совершенствоваться навыки по выполнению графических работ с применением современных графических редакторов

2. Оценка эксплуатационных свойств

2.1. Анализ технических характеристик автомобиля

В данном разделе необходимо проанализировать назначение автомобиля, описать условия эксплуатации и отобразить основные требования, которым должна отвечать конструкция автомобиля.

Дать краткую историю развития конструкции автомобиля.

Привести техническую характеристику и дать описание всех основных систем автомобиля.

Не следует выписывать все технические характеристики, которые приводятся в руководствах по конкретным маркам автомобилей. Достаточно отразить особенности конструкции основных систем и агрегатов. Определяя параметры двигателя, необходимо установить (по конструкции топливной аппаратуры) имеет ли двигатель ограничитель частоты вращения коленчатого вала. У современных двигателей грузовых автомобилей обычно такой регулятор устанавливается, а у легковых *нет*. При описании двигателя нужно дать его развернутую характеристику. Например: «Двигатель 4-тактный, карбюраторный, верхнеклапанный с принудительным воспламенением и водяным охлаждением».

Аналогично указывается тип автомобиля: дорожный, повышенной или высокой проходимости; грузовой (легковой); с двигателем переднего (заднего) расположения; рамной конструкции (с несущим кузовом), с откидной кабиной и т. п. Собственная масса автомобиля указывается для снаряженного состояния без груза. Полная масса включает собственную массу автомобиля, массу груза и двух-трех человек в кабине.

Базой автомобиля называется расстояние между передними и задними колесами, а для 3-осных автомобилей - расстояние между передними колесами и осью задней подвески. Для 3-осных автомобилей следует указать величину базы задней тележки, т. е. расстояние между средними и задними колесами.

Контрольный расход топлива определяется заводом-изготовителем при движении автомобиля по дороге с капитальным усовершенствованным покрытием и экономичной скоростью.

Полный перечень всех исходных данных приведен в табл. 1.

Схема двигателя, трансмиссии и ходовой части автомобиля составляется для наглядного представления кинематических связей двигателя и ведущих колес (см. рис. 1).

Таблица 1 - Основные эксплуатационные свойства автомобиля
(на примере автомобиля КамАЗ 45141)

№ п/п	Наименование параметра, обозначение, единица измерения	Значения показателей	
		Прототипа	Проектируемого
1.	Тип автомобиля	Самосвал	
2.	Колесная формула	6x6	
3.	Масса перевозимого груза $M_{г}$, кг	9500	
4.	Снаряженная масса M_0 , кг -на переднюю ось -на заднюю ось	11200 2980 8205	
5.	Полная масса $M_{авт}$, кг - на переднюю ось $M_{авт1}$ - на заднюю ось $M_{авт2}$	20750 5510 15200	
6.	Дорожный просвет, м - под передней осью - под задней осью	385 385	
7.	База, L м	4400+1320	
8.	Колея, м - передних колес - задних колес	2050 2050	
9.	Габаритные размеры, мм - длина - ширина - высота	7765 2496 3100	
10.	Габаритный радиус поворота R, м - внутренний - наружный	9 11,5	
11.	Угол свеса(с полной нагрузкой), ° - передний - задний	28 31	
12.	Просвет в средней части автомобиля	400	
13.	Максимальная скорость V_{max} , км/ч	90	
14.	Контрольный расход топлива Q, л/100км при $V=60$ км/ч (Полный)	21,5 (33)	
15.	Емкость топливного бака, л	2x210	
16.	Марка двигателя	740.13-260	
17.	Число и расположение цилиндров	V8	
18.	Диаметр цилиндра D, мм	120	
19.	Ход поршня $S_{п}$, мм	120	
20.	Рабочий объем $V_{h,л}$	10,85	
21.	Степень сжатия	16,5	
22.	Порядок работы цилиндров	1-5-4-2-6-7-8	
23.	Мощность двигателя N_{max} , кВт	191	
24.	Максимальный крутящий момент $M_{кр}$, Н*м	932	
25.	Сухая масса двигателя $G_{дв}$, кг	842	
26.	Тип сцепления		

27.	Тип КПП	Механическая			
	передаточное число:	низшая	высшая		
	1	7,82	6,38		
	2	4,03	3,29		
	3	2,5	2,04		
	4	1,53	1,25		
	5	1,0	0,815		
	ЗХ	7,38	6,02		
28.	Тип раздаточной коробки, передаточное число: Низшая/высшая	Механическая, 1,692 / 0,917			
29.	Наличие межосевого дифференциала	есть			
30.	Число карданных валов, число шарниров	4, 8			
31.	Главная передача, передаточное число: Низшая/высшая	двойная 7,22 / 6,53			
32.	Рулевое управление	С гидроусилителем			
33.	Тип подвески	рессорная			
34.	Тормозной механизм	Колодочная, барабанного типа			
35.	Марка, размеры колес				

Пример1: Анализ автомобиля

Самосвал КАМАЗ-45141 предназначен для перевозки различных сыпучих строительных и промышленных грузов общей массой до 9,5 т при эксплуатации вне дорог с твердым покрытием и на технологических дорогах. Максимальная скорость равна – 90 км/ч.

Характеристика двигателя КамАЗ –740.13-260:, 8-цилиндровый, V-образный, 4-тактный дизельный двигатель с жидкостным охлаждением, с системой питания от ТНВД.

Тип автомобиля: грузовой автомобиль, с двигателем переднего расположения, рамной конструкции.

Подвеска: передняя - на полуэллиптических рессорах с амортизаторами; задние - на полуэллиптических рессорах с дополнительными рессорами; концы коренных листов всех рессор установлены в резиновых подушках опорных кронштейнов.

Тип коробки передач: 10-и ступенчатая.

Тормозная система: четырёхконтурная со схемой разделения перед-зад и, с пневмоприводом.

Кинематическая схема базового автомобиля

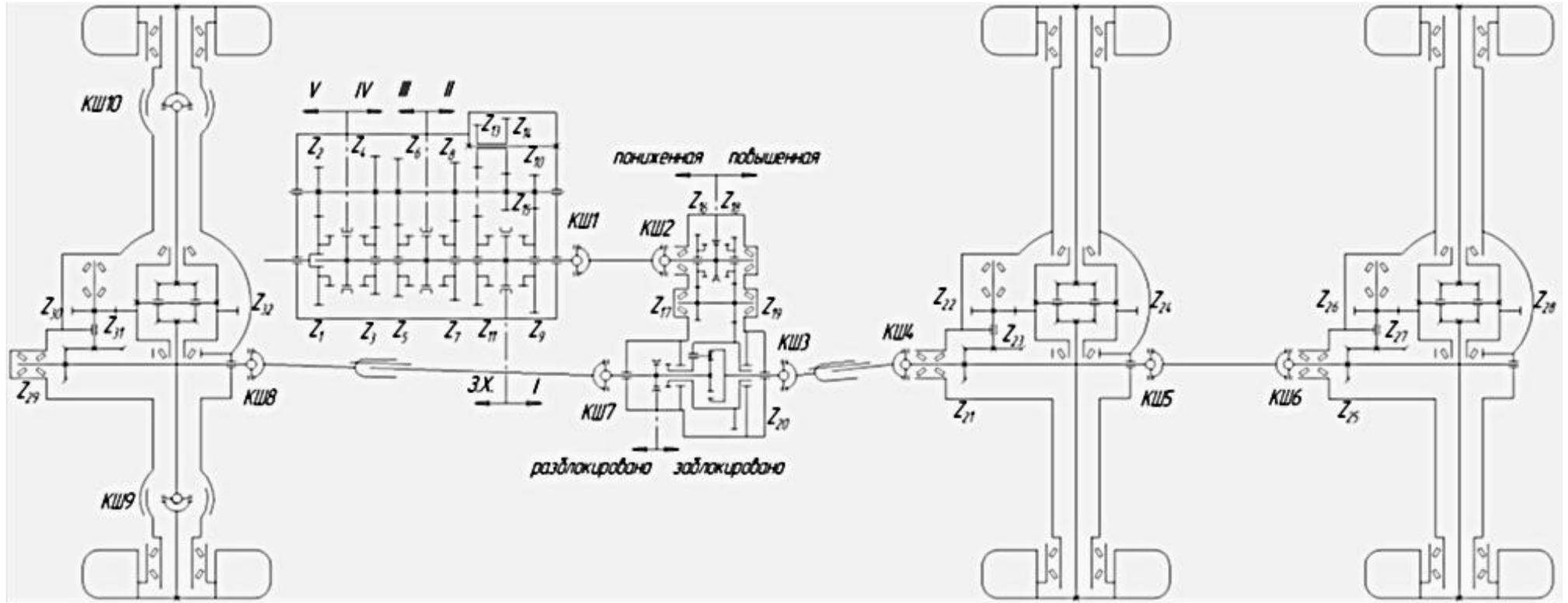


Рисунок 1. – Пример выполнения кинематической схемы трансмиссии полноприводного автомобиля с колесной формулой 6x6

2.2. Анализ эксплуатационных свойств

Вместимость грузового автомобиля оценивается:
грузоподъемностью m_2 , удельной объемной грузоподъемностью ρ_2 коэффициентом грузовместимости γ_2 .

- грузоподъемность m_2 - наибольшее количество груза в тоннах, которое может быть одновременно перевезено на автомобиле.

- удельная объемная грузоподъемность ρ_2 оценивает степень использования грузоподъемности при перевозке грузов

$$\rho_2 = \frac{m_2}{V_B}, \quad (1)$$

где V_B – внутренний объем кузова, м³.

- коэффициент грузовместимости характеризует степень возможного использования полезной грузоподъемности при перевозке грузов различной плотности и обладающих другими особенностями (вид груза, способ упаковки и др.).

$$\gamma_2 = \frac{m_{\phi}}{m_2} = \frac{\rho V_{\phi}}{m_2} = \frac{\eta_V \rho V_B}{m_2}, \quad (2)$$

где m_{ϕ} – фактическая масса груза, т; m_2 – грузоподъемность автомобиля, т; ρ – плотность груза, т/м³; V_{ϕ} – фактически используемый объем кузова, м³; $\eta_V = V_{\phi}/V_B$ – коэффициент использования объема кузова при данном виде груза; V_B – внутренний геометрический объем кузова, м³.

Материалоемкость автомобиля оценивается соотношениями между его собственной массой, полезной нагрузкой и ресурсом.

- коэффициент снаряженной массы, или коэффициент тары, определяется следующим выражением:

$$\eta_m = \frac{m_0}{m_2}, \quad (3)$$

где m_0 – масса снаряженного автомобиля, т; m_2 – номинальная грузоподъемность автомобиля, т.

- удельная материалоемкость

$$m_y = \frac{m_c}{m_2 l_{кр}}, \quad (4)$$

где $l_{кр}$ – срок службы (ресурс) до капитального ремонта, тыс. км; m_c – «сухая» масса автомобиля.

В настоящее время данный измеритель является основным, так как он позволяет более объективно оценить материалоемкость конструкции с учетом ресурса автомобиля.

- удельная грузоподъемность

$$\eta_y = m_{\Gamma} / m_o \quad (5)$$

Величина удельной грузоподъемности обратно пропорциональна коэффициенту снаряженной массы. Этим измерителем пользуются при сравнении рассматриваемого автомобиля с аналогами, когда неизвестен ресурс.

2.3. Анализ компоновки автомобиля и определение параметров массы

В разделе необходимо разработать компоновочную схему автомобиля, определить параметры массы, координаты центра тяжести порожнего и полностью груженого автомобиля, определить развесовку собственной и полной массы автомобиля.

Основными весовыми техническими характеристиками для автомобиля являются: грузоподъемность, пассажироместимость, снаряженная масса, полная масса.

Грузоподъемность. Определяется как масса перевозимого груза без массы водителя и пассажиров в кабине. Для легкового автомобиля и автобуса – масса пассажиров и их багажа (без водителя); для грузового автомобиля – масса груза, перевозимого в кузове; для седельного тягача – нагрузка на седельно-сцепное устройство.

Грузоподъемность легкового автомобиля, автобуса M_{Γ} , кг, определяется по формуле:

$$M_{\Gamma} = m_1 \cdot n + M_{\text{груза}} \quad (6)$$

где m_1 – масса одного пассажира в зависимости от типа подвижного состава, кг; n – пассажироместимость, чел; M_{Γ} груза – масса перевозимого груза (багажа), кг.

Расчетные массы (на одного человека) пассажиров, обслуживающего персонала и багажа. Для легковых автомобилей — 80 кг (70 кг + 10 кг багаж) Для автобусов городского — 68 кг, пригородного — 71 кг (68+3 кг багаж), сельского(местного) — 81 кг (68+13 кг багаж), междугородного — 91 кг (68+23 кг багаж). Обслуживающий персонал автобусов (водитель, гид,

кондуктор и др.) и водитель, и пассажиры в кабине грузового автомобиля — 75 кг. Масса багажника с грузом установленного на крыше легковых автомобилей в полную массу включается при соответствующем сокращении числа пассажиров.

Пассажировместимость (число мест). В число мест легковых автомобилей и кабин грузовых включено место водителя. В автобусах в число мест для сидящих пассажиров не включены места обслуживающего персонала — водителя, гида и др.. Вместимость автобусов приведена как сумма числа мест для сидящих пассажиров и числа мест для стоящих пассажиров из расчета $0,2 \text{ м}^2$ свободной площади пола на одного стоящего пассажира ($5 \text{ чел. на } 1 \text{ м}^2$) – номинальная вместимость $0,125 \text{ м}^2$ ($8 \text{ чел. } 1 \text{ м}^2$) — предельная вместимость.

Снаряженная масса автомобиля, прицепа, полуприцепа. Определяется как масса полностью заправленного (топливом, маслами, охлаждающей жидкостью и пр.) и укомплектованного (запасным колесом, инструментом и т.п.), но без груза или пассажиров, водителя, другого обслуживающего персонала и их багажа.

Снаряженную массу автомобиля M_0 , кг, ориентировочно определяют исходя из коэффициента тары автомобиля:

$$M_0 = M_{\Gamma} \cdot q, \quad (7)$$

где M_{Γ} – грузоподъемность автомобиля, кг
 q – коэффициент тары (таблицы А.1, А.2).

Коэффициент тары для автомобилей специального назначения, легковых автомобилей и автобусов можно определить по прототипу.

$$q = \frac{M_0^{\text{прототипа}}}{M_{\Gamma}^{\text{прототипа}}}. \quad (8)$$

Полная масса автотранспортного средства. Состоит из снаряженной массы, массы груза (по грузоподъемности) или пассажиров (по числу мест), их багажа, водителя и другого обслуживающего персонала.

Полная масса автобусов (городских и пригородных) определяется отдельно для номинальной и предельной вместимостей.

Полная масса автопоездов: для прицепного поезда — сумма полных масс тягача и прицепа; для седельного — сумма снаряженной массы тягача, массы персонала в кабине и полной массы полуприцепа.

Полная масса автотранспортного средства определяется по формуле:

$$M_a = M_0 + M_{\Gamma} + M_{\text{ВОД}}, \quad (9)$$

где $M_{\text{вод}}$ – масса водителя (для легковых автомобилей и автобусов) или водителя и пассажиров в кабине (для грузовых автомобилей), кг.

После определения полной массы автомобиля ориентировочно назначить массы основных узлов автомобиля на основании технической характеристики прототипа и заполнить таблицу 2.1

Таблица 2.1 □ Массы узлов и агрегатов

Узлы	M_i , прототипа, кг	M_i , расчетное, кг
Двигатель с бортовым сцеплением		
Коробка передач		
Карданная передача		
Передний мост		
Задний мост		
Рама		
Кузов		
Кабина		
Колесо		
Радиатор		
Рессора передняя		
Рессора задняя		
Топливный бак		
Система охлаждения		
Система смазки двигателя		
Картер коробки передач		
Картер ведущего моста		
Картер рулевого механизма		
Полная масса автомобиля		(2.4)

Для легковых автомобилей и автобусов масса груза (багажа) определяется из формулы (2.1).

Массу неучтенных деталей необходимо принять таким образом, чтобы полная масса автомобиля была равна табличным или расчетным данным.

Предположив, что неучтенные детали равномерно распределены вдоль рамы, необходимо добавить их массу к массе рамы.

Разработка чертежа общего вида автомобиля

На виде сбоку пунктирными линиями нанести очертания основных узлов и ориентировочно указать их координаты центров тяжести, а также координаты центров тяжести водителя (пассажира), перевозимого груза.

При нанесении координат центров тяжести, за начало оси "Х" принимается передняя ось автомобиля, оси "У" – уровень дорожного покрытия (рисунок 2.2).

Зная координаты центров тяжести отдельных узлов рассчитать координаты центров тяжести порожнего и груженого автомобиля.

Координаты a и h рассчитывают по формулам:

$$a = \frac{\sum m_i \cdot l_i}{m_a}; \quad (10)$$

$$h = \frac{\sum m_i \cdot h_i}{m_a}. \quad (11)$$

Расчет необходимо свести в таблицу 2.2.

Таблица 1.2 – Расчет координат центра тяжести

Узел	m_i , кг	l_i , мм	$m_i \cdot l_i$, кг·мм	h_i , мм	$m_i \cdot h_i$, кг·мм
	m_1	l_1		h_1	
	m_2	l_2		h_2	
	
	m_n	l_n		h_n	
		$\sum m_i \cdot l_i$		$\sum m_i \cdot h_i$	
$m_a = \sum m_i =$		$a = \frac{\sum m_i \cdot l_i}{m_a}$		$h = \frac{\sum m_i \cdot h_i}{m_a}$	

Полученные координаты центра тяжести автомобиля полной массы и порожнего (снаряженной массы, с учетом водителя) обозначить на чертеже общего вида.

Центр тяжести обозначается значком \oplus

Пример определения координат центра тяжести представлен на рисунке 2.2.

Зная положение центра тяжести, необходимо найти нагрузки на оси автомобиля в загруженном состоянии и порожнем.

Нагрузка на переднюю ось, G_1 , Н определяется из выражения:

$$G_1 = \frac{G_a \cdot (L - a)}{L}, \quad (12)$$

где G_a – вес от полной массы автомобиля, Н;

L – база автомобиля, мм;

a – координата центра тяжести, определенная в таблице 2.2, мм

Нагрузка на заднюю ось, G_2 , H , или на тележку:

$$G_2 = G_a - G_1 . \quad (13)$$

Сравнить полученные нагрузки на оси с допустимыми нагрузками, которые обусловлены качеством дорожных покрытий (таблица А.3).

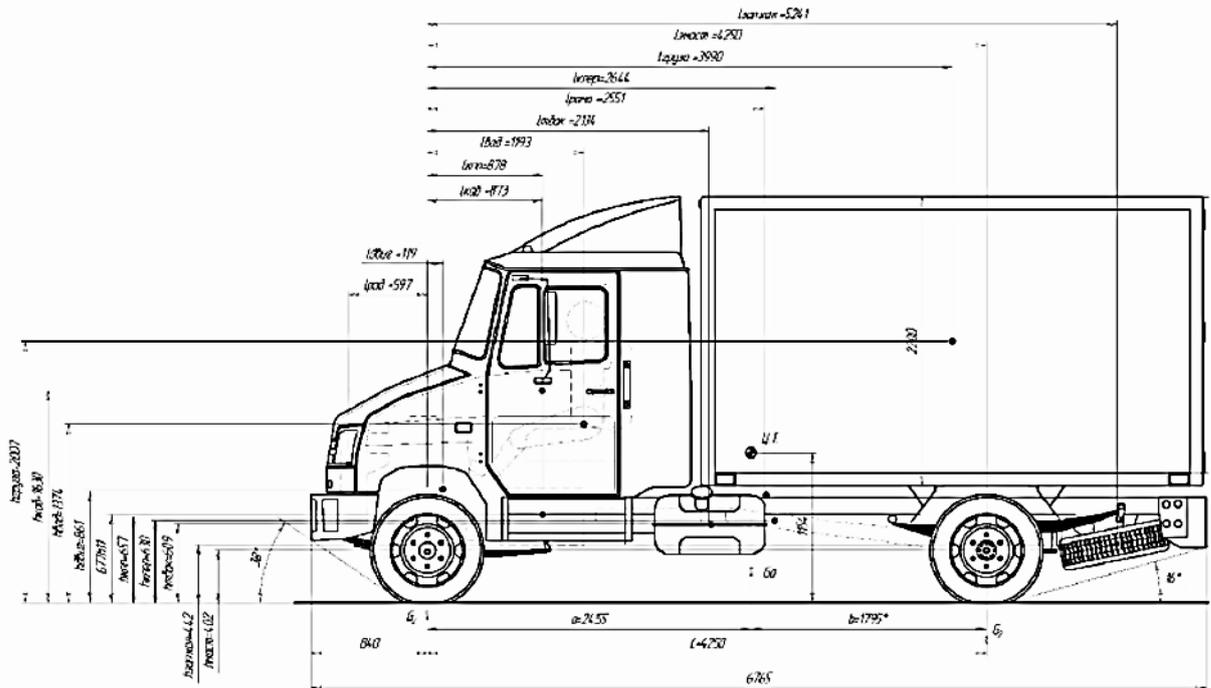


Рисунок 1.2 – Пример обозначения координат центра тяжести на чертеже общего вида автомобиля

Для студентов заочной формы обучения рекомендуется разработку компоновки и определение нагрузок на оси выполнять по упрощенной методике.

При разработке компоновочной схемы грузового автомобиля исходят из взаимного расположения кабины и двигателя (рисунок 1.3, 1.4). При этом учитывают, что в автомобилях с колёсными формулами 4×4, 6×6, 8×8 все колёса одинарные.

После выбора компоновочной схемы автомобиля определяют нагрузки на оси, исходя из того, что:

$G_2 = (0,70 \dots 0,75) G_a$ – для рисунка 1.3, а и рисунка 1.4, а, б при двускатных колёсах задних осей;

$G_2 = (0,65 \dots 0,70) G_a$ – для рисунка 2.3, б при двускатных колёсах задней оси;

$G_2 + G_3 = (0,75 \dots 0,78) G_a$ – для рисунка 1.4, а, б;

$G_2 + G_3 = (0,68 \dots 0,74) G_a$ – для автомобилей с колёсной формулой 6×6;

$G_2 = (0,50 \dots 0,56) G_a$ - для легковых автомобилей с задними ведущими колёсами;

$G_1 = (0,51 \dots 0,56) G_a$ – для переднеприводных легковых автомобилей;

G_1 – нагрузка на переднюю ось переднеприводного легкового автомобиля;

G_2 – нагрузка на заднюю ось у двусосного автомобиля и на среднюю ось утрёхосного;

G_3 – нагрузка на заднюю ось у трехосного автомобиля;

Для балансирной подвески среднего и заднего мостов принимают $G_2 = G_3$;

$G_a = M_a \cdot g$ – сила тяжести от полной массы автомобиля, Н;

M_a – полная масса автомобиля, кг; $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ - ускорение свободного падения.

Базу автомобиля L принимают, ориентируясь на существующие конструкции, координаты центра масс от базы находят из выражений $a = G_2 \cdot L / G_a$; $b = L - a$; высоту центра масс h принимают 0,7...0,8 м для легковых автомобилей и 0,9...1,1 м для грузовых.

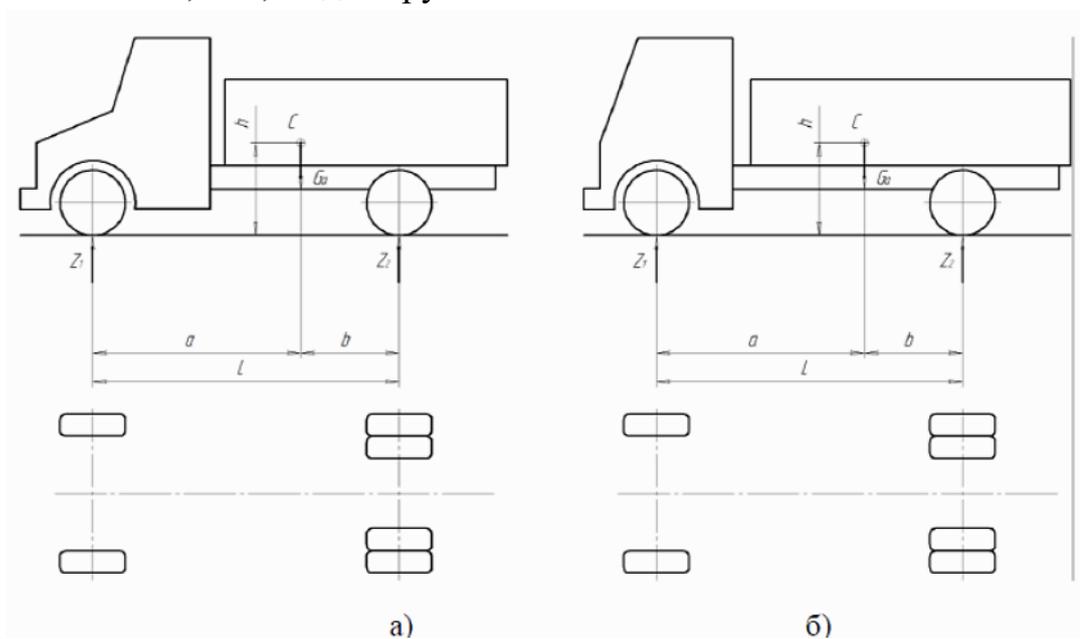


Рисунок 1.3 – Компонировочные схемы двусосных автомобилей: а) с кабиной за двигателем; б) с кабиной над двигателем.

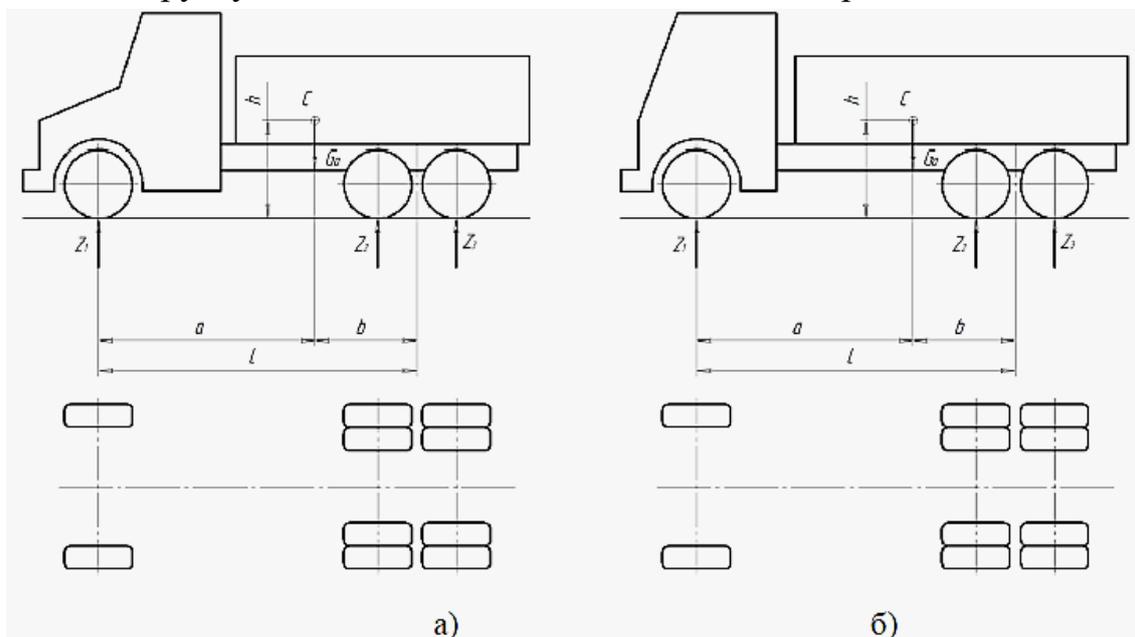
Рисунок 1.4 – Компонировочные схемы трехосных автомобилей: а) с кабиной за двигателем; б) с кабиной над двигателем.

2.4. Подбор шин

Выбор шин осуществляется по следующим условиям:

- 1) максимальной нагрузки на колесо;
- 2) максимальной скорости движения автомобиля;
- 3) размера обода автомобиля прототипа.

Нагрузку на одно колесо необходимо рассчитать для каждой



зависимости от приходящейся на нее нагрузки:

$$G_{K_i} = \frac{G_i}{n_i}, \quad (14)$$

где G_i - нагрузка приходящаяся на i -ую ось;

n_i - количество колес на i -ой оси;

По справочной литературе [1] подобрать типоразмер шин, привести техническую характеристику шины, дать расшифровку обозначения шины. Если невозможно выполнить условие 2, указать какие изменения необходимо внести в конструкцию шины, если не выполняется условие 3 – указать необходимый размер обода колеса.

Если в технической характеристике не приводится динамический радиус качения колеса, то рассчитать его по формуле:

$$R_k = \lambda_{III} \cdot R_{CT}, \quad (15)$$

где $\lambda_{III} = 0,95 \dots 0,97$ - коэффициент деформации шины, меньшие значения относятся к более эластичным шинам;

R_{CT} - статический радиус качения, определяемый по технической характеристике, мм.

2.5. Определение КПД трансмиссии автомобиля

КПД трансмиссии определяется ориентировочно в зависимости от состава трансмиссии:

$$\eta_{TP} = 0,98^k \cdot 0,97^l \cdot 0,995^m, \quad (16)$$

где k – количество пар цилиндрических шестерен, через которые передаётся в трансмиссии крутящий момент, когда автомобиль движется на одной передаче; l – количество пар конических (гипоидных) шестерён в трансмиссии; m – количество карданных шарниров в трансмиссии.

В данном разделе необходимо на основании конструкции прототипа (рис.1.1) начертить ориентировочную кинематическую схему трансмиссии, указать ее состав. Для полноприводных автомобилей указать схему включения полного привода, и рассчитать КПД трансмиссии при включении различных передач раздаточной коробки.

При выполнении кинематических схем рекомендуется использовать библиотеку условных обозначений кинематических элементов программы КОМПАС. Пример выполнения кинематической схемы трансмиссии приведен на рис. 1.1.

2.6. Фактор сопротивления воздуха

Фактор сопротивления воздуха W , $\text{H} \cdot \text{c}^2/\text{m}^2$, равен:

$$W = k_B \cdot F_a, \quad (17)$$

где k_B - коэффициент обтекаемости автомобиля, $\text{H} \cdot \text{c}^2/\text{m}^4$ (таблица А.4); F_a - лобовая площадь - площадь проекции автомобиля в сечении, перпендикулярном его продольной оси, m^2 . Лобовая площадь определяется по чертежу общего вида автомобиля. При выполнении чертежа с помощью программы КОМПАС площадь рекомендуется определять с помощью функции «Определение площади плоских фигур». Ориентировочные значения фактора сопротивления воздуха приведены в таблице А.6.

Ориентировочно лобовую площадь, F_a , m^2 , можно рассчитать:
для легковых автомобилей

$$F_a \approx 0,78 \cdot B_a \cdot H, \quad (18)$$

для грузовых автомобилей

$$F_a \approx K_{II} \cdot H, \quad (19)$$

где B_a - габаритная ширина автомобиля, м;
 H - габаритная высота автомобиля, м;
 K_p - колея передних колес автомобиля, м.

2.7. Определение мощности двигателя и построение его внешней скоростной характеристики

Необходимую эффективную мощность двигателя N_v , кВт, проектируемого автомобиля определяют по указанным в задании на курсовой проект величинами V_{\max} , ψ_v - из уравнения мощностного баланса при движении автомобиля с максимальной скоростью V_{\max} :

$$N_v = \frac{\psi_v \cdot G_a \cdot V_{\max} + W \cdot V_{\max}^3}{1000 \cdot \eta_{TP}}, \quad (20)$$

где ψ_v - коэффициент сопротивления дороги при максимальной скорости автомобиля; G_a - сила тяжести от полной массы автомобиля, Н; V_{\max} - максимальная скорость автомобиля, м/с; W - фактор сопротивления воздуха, Нс²/м²; η_{TP} - механический КПД трансмиссии.

Скоростные характеристики двигателей показывают изменение мощности, крутящего момента, расхода топлива и ряда других параметров. В зависимости от положения органа, управляющего подачей топлива различают внешнюю и частичные скоростные характеристики.

Скоростная характеристика, полученная при полном дросселе (бензиновый двигатель) или при положении рейки топливного насоса, соответствующем номинальной мощности называется внешней скоростной характеристикой. Любая скоростная характеристика полученная при других положениях органов управления называется частичной скоростной характеристикой.

При проектировании нового двигателя характеристики строят по эмпирическим зависимостям, полученным на основании обработки большого числа опытных данных.

Мощность N_v соответствует частоте вращения коленчатого вала двигателя ω_v , при которой скорость движения автомобиля будет максимальной.

У дизелей максимальную частоту вращения поддерживает регулятор, обеспечивая равенство

$$\omega_N = \omega_v;$$

$$N_{\max} = N_v.$$

где N_{\max} - максимальная мощность двигателя, кВт; ω_N - частота вращения коленчатого вала при максимальной мощности, рад/с.

Частоту вращения при максимальной мощности можно принимать по прототипу или из диапазона:

$$\omega_N = 220...260 \text{ с}^{-1}.$$

В бензиновых двигателях легковых автомобилей и автобусов малых классов (без ограничителя частоты вращения) частота вращения ω_v определяется равенством мощности N_k , которая подводится к ведущим колёсам автомобиля и суммой мощностей $N_{ш}$ и N_w , которые необходимы для преодоления автомобилем сопротивления дороги и воздуха. При этом N_v меньше чем N_{\max} , а ω_v больше чем ω_N . При проектировании принимают

$$\omega_N = 440...580 \text{ с}^{-1}.$$

$$N_{\max \text{ об}} = (1,1...1,25) \cdot N_v. \quad (21)$$

Значение максимальной частоты вращения при этом уточняется после построения кривой мощности.

Для бензиновых двигателей грузовых автомобилей и автобусов с ограничителями частоты мощность при максимальных оборотах будет равна эффективной мощности

$$N_{\max \text{ об}} = N_v.$$

Внешние скоростные (стендовые) характеристики двигателя, представляющие собой зависимости от частоты вращения коленчатого вала мощности $N_e(n)$, крутящего момента $M_e(n)$ и удельного эффективного расхода топлива $g_e(n)$, рассчитываются для всего возможного диапазона оборотов n и наносятся на график (рис. 1.5). Расчет выполняется по формулам (), () и ().

$$N_e(n) = N_{\max}(a_1 X + a_2 X^2 - a_3 X^3) \quad (22)$$

$$M_e(n) = \frac{9554 N_e(n)}{n} \quad (23)$$

$$g_e(n) = (g_{\min}(b_0 - b_1 X + b_2 X^2))/c, (24)$$

$$гдес = b_0 - (b_1^2/4b_2)$$

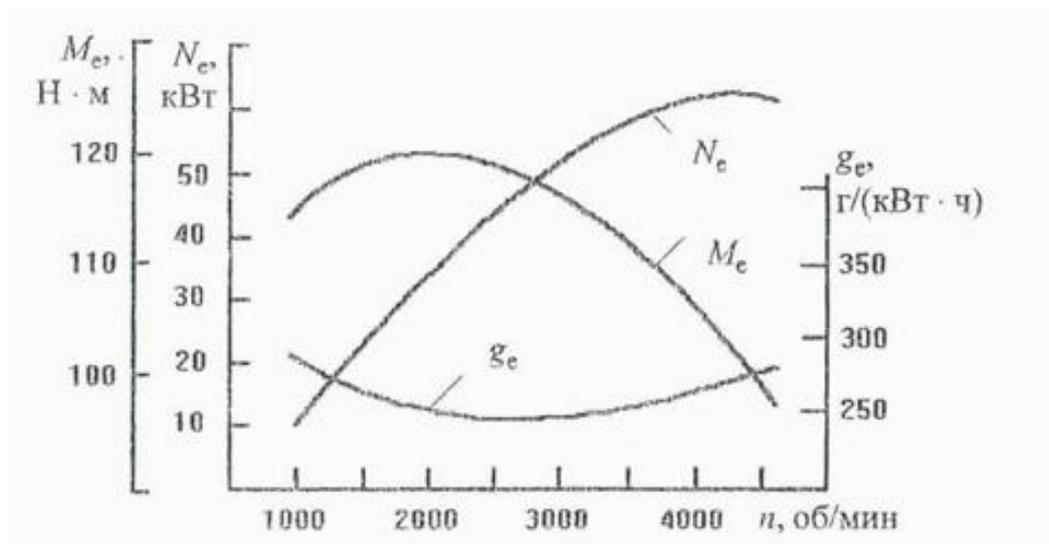


Рисунок 6 – Внешние скоростные характеристики двигателя

Перечень параметров и коэффициентов, необходимых для расчета, приведен в табл.3.

Таблица 3 - Исходные данные для расчета внешних характеристик двигателя

Параметр	Единица измерения	Обозначение	Значение
Максимальная мощность двигателя при частоте	кВт	N_{max}	
Минимальный удельный расход топлива	об/мин	n_{max}	
Коэффициенты в уравнении мощности	г/кВт · ч	g_e	
	-	a_1	
	-	a_2	
	-	a_3	
Коэффициенты в уравнении расхода топлива	-	b_0	
	-	b_1	
	-	b_2	
Минимальная частота вращения	об/мин	n_0	
Максимальная частота вращения	об/мин	n_1	

Таблица 4 - Эмпирические коэффициенты a_1, a_2, a_3 для четырехтактных двигателей

Тип двигателя	a_1	a_2	a_3
бензиновый	1,0	1,0	1,0
дизельный:			
- прямотрубный	0,5	1,5	1,0
- предкамерный	0,7	1,3	1,0

- вихрекамерный	0,6	1,4	1,0
-----------------	-----	-----	-----

Таблица 5 - Эмпирические коэффициенты b_0, b_1, b_2 для различных типов двигателей

Тип двигателя	b_0	b_1	b_2
Бензиновый	1,20	1,00	0,80
Дизельный	1,55	1,55	1,55

Для карбюраторных двигателей диапазон изменения оборотов составляет $X = 0,2 \dots 1,3$, а для дизельных $X = 0,2 \dots 1$. Количество расчетных точек и $n = 8 \dots 10$. Значения эмпирических коэффициентов приведены в табл. 1.4 и 1.5.

В записке необходимо привести все расчетные формулы и выполнить расчет по крайней мере для одной точки. Результаты расчетов рекомендуется представлять в табличном виде (табл. 1.6).

Таблица 6 - Расчетные значения внешних скоростных характеристик

Параметр	Значения при оборотах n_e , об/мин					
	1000	1500	2000	2500	3300	и т. д.
$X = n_e/n_{max}$	0,185	0,267	и т. д.			
X^2						
X^3						
N_e , кВт						
M_e , Н·м						
g_e , г/(кВт * ч)						

После выполнения расчетов следует оценить точность формул по степени совпадения стендовых и расчетных значений характеристик и при необходимости указать причины их расхождения.

2.8. Определение количества передач и передаточных чисел трансмиссии автомобиля

В данном разделе рассчитываются передаточные числа коробки передач, для полноприводных автомобилей раздаточной коробки и главной передачи.

Расчет производится в следующем порядке:

- 1) минимальное передаточное число трансмиссии по условию обеспечения заданной максимальной скорости движения автомобиля;
- 2) принимается минимальное передаточное число коробки передач;

3) принимается минимальное передаточное число дополнительной коробки (мультипликатора коробки передач или повышенной передачи раздаточной коробки);

4) передаточное число главной передачи;

5) максимальное передаточное число первой передачи по условию преодоления максимального коэффициента сопротивления дороги;

6) максимальное передаточное число первой передачи по условию использования сцепной массы;

7) выбрать для дальнейших расчетов минимальное из двух или увеличить сцепную массу;

8) проверить полученную величину по условию минимальной скорости маневрирования;

9) для раздаточных коробок с пониженной передачей рассчитать передаточное отношение пониженной передачи;

10) рассчитать количество передач в коробке передач;

11) рассчитать промежуточные передачи коробки передач.

Минимальное передаточное число назначают из условия обеспечения заданной максимальной скорости движения автомобиля:

$$U_{TP\min} = \frac{\omega_{\max} \cdot R_k}{V_{\max}}, \quad (25)$$

где ω_{\max} – частота оборотов коленчатого вала двигателя при движении с максимальной скоростью, 1/с;

R_k – динамический радиус качения колеса, м;

V_{\max} – максимальная скорость автомобиля, м/с.

Одновременно

$$U_{TP\min} = U_{K\min} \cdot U_{DK\min} \cdot U_0, \quad (26)$$

где $U_{K\min}$ – минимальное передаточное число коробки передач;

$U_{DK\min}$ – минимальное передаточное число дополнительной коробки (раздаточная коробка, демумльтипликатор коробки передач); если ее нет принимают $U_{DK\min}$; U_0 – передаточное число главной передачи.

Минимальное передаточное число коробки передач и дополнительной коробки принимают по базовому автомобилю, или учитывая следующее:

- для грузовых автомобилей с бензиновыми двигателями высшая передача прямая $U_{K\min}=1,0$;

- для грузовых автомобилей с дизельными двигателями $U_{K\min}=0,72...1,0$;

- если на грузовых автомобилях используется основная коробка передач вместе с дополнительной коробкой (демультипликатором, делителем передач), можно принять $U_{Kmin}=0,71...0,82$;

- для заднеприводных легковых автомобилей $U_{Kmin}=0,82...1$;

- для переднеприводных легковых автомобилей $U_{Kmin}=0,73...0,96$;

- для городских и пригородных автобусов $U_{Kmin}=1,0$;

- для автобусов междугородного сообщения $U_{Kmin}=0,72...0,78$

Минимальные передаточные числа раздаточных коробок современных грузовых автомобилей лежат в диапазоне $U_{ДКmin}=0,917...1,31$.

Приняв U_{Kmin} и $U_{ДКmin}$, вычисляют

$$U_0 = \frac{U_{TPmin}}{U_{ДКmin} \cdot U_{K1}}, \quad (27)$$

Максимальное передаточное число трансмиссии определяется из необходимости соблюдения трех условий.

1) Условие преодоления максимального дорожного сопротивления:

$$U_{TPmax}^1 = \frac{\psi_{max} \cdot G_a \cdot R_K}{M_{kmax} \cdot \eta_{TP}}, \quad (28)$$

где ψ_{max} - максимальное значение коэффициента сопротивления дороги.

Принимают в зависимости от типа автомобиля: $\psi_{max}=0,35...0,5$ для легковых автомобилей; $\psi_{max}=0,25...0,3$ - автобусов и грузовых автомобилей, предназначенных для междугородних сообщений; $\psi_{max}=0,35...0,45$ - для грузовых автомобилей общего назначения; $\psi_{max}=0,45...0,5$ - для автомобилей повышенной проходимости; $\psi_{max}=0,18...0,4$ - для автопоездов; M_{kmax} - максимальное значение крутящего момента двигателя по внешней скоростной характеристике двигателя, Н·м.

2) Условие полного использования сцепной массы

$$U_{TPmax}^2 = \frac{\varphi \cdot G_{сц} \cdot R_K}{M_{kmax} \cdot \eta_{TP}}, \quad (29)$$

где $\varphi=0,7...0,9$ - коэффициент сцепления колес с полотном дороги, (принимается для сухого шоссе);

$G_{сц}$ - сцепной вес автомобиля, вес от полной массы автомобиля, приходящийся на ведущие колеса, кг (для

полноприводных автомобилей $G_{\text{ЦЦ}} = G_a$; для автомобилей с колесной формулой 4×2 $G_{\text{ЦЦ}} = \alpha_2 \cdot G_2$; для автомобилей с колесной формулой 6×4 $G_{\text{ЦЦ}} = \alpha_2 \cdot (G_2 + G_3)$; для переднеприводных $G_{\text{ЦЦ}} = \alpha_1 \cdot G_1$, где α_1 и α_2 - коэффициенты перераспределения масс: $\alpha_1 = 0,8 \dots 0,9$ и $\alpha_2 = 1,1 \dots 1,3$).

3) Условие возможности движения с минимально устойчивой скоростью:

$$U_{TP_{\max}}^3 = \frac{\omega_{\min} \cdot R_K}{U_{ДК_{\min}} \cdot U_0 \cdot V_{\min}}, \quad (30)$$

где ω_{\min} - минимально устойчивая частота вращения двигателя, 1/с;

$V_{\text{amin}} \leq 5$ км/ч - минимально устойчивая скорость движения для удобства маневрирования. Если $U_{TP_{\max}}^1 > U_{TP_{\max}}^2$, то целесообразно увеличить сцепную массу. Если сцепную массу увеличить не возможно, то принимается передаточное число вычисленное по второму условию. При этом автомобиль не сможет преодолеть заданное дорожное сопротивление. Передаточное число выбранное по первому и второму условию, сопоставляется с определенным по третьему условию.

Для неполноприводных автомобилей максимальное передаточное число трансмиссии равно:

$$U_{TP_{\max}} = U_{K1} \cdot U_{ДК_{\max}} \cdot U_0. \quad (31)$$

Для полноприводных автомобилей с раздаточной коробкой, вычисленная величина передаточного числа будет соответствовать максимальному передаточному числу трансмиссии при включенной повышенной передаче раздаточной коробки:

$$U_{TP_{\max}} = U_{K1} \cdot U_{ДК_{\min}} \cdot U_0, \quad (32)$$

где U_{K1} - передаточное число первой передачи коробки передач; $U_{ДК_{\max}}$ - максимальное передаточное число дополнительной коробки передач. Для коробок передач с демультипликатором можно принять по прототипу. Если дополнительная коробка передач отсутствует $U_{ДК_{\max}} = 1,0$. Передаточное число первой передачи рассчитывается из формул (2.27), (2.25). Для полноприводных автомобилей максимальное передаточное число раздаточной коробки рассчитывается по трем условиям: преодоления максимального подъема, полного использования сцепной массы и минимальной скорости движения.

4) Условие преодоления максимального подъема:

$$U_{ДК\max}^1 = \frac{\Psi_{\max\Pi} \cdot G_a \cdot R_K}{M_{k\max} \cdot U_1 \cdot U_0 \cdot \eta_{TP}}, \quad (33)$$

где $\Psi_{\max\Pi} = 0,7...0,9$ - значение коэффициента сопротивления дороги при максимальном подъеме.

5) Условие полного использования сцепной массы:

$$U_{ДК\max}^2 = \frac{\varphi \cdot G_{сц} \cdot R_K}{M_{k\max} \cdot U_1 \cdot U_0 \cdot \eta_{TP}}, \quad (34)$$

б) Условие движения с минимальной скоростью:

$$U_{ДК\max}^2 = \frac{\omega_{\min} \cdot R_K}{U_1 \cdot U_0 \cdot V_{a\min}}, \quad (35)$$

где $V_{a\min} = 2...3$ км/ч - минимально устойчивая скорость движения. Значение $U_{ДК\max}$ может находиться в пределах 1,31...2,28. Если передаточные числа в коробке передач подбирать по закону геометрической прогрессии, то количество передач находят из выражения:

$$n = \frac{\log U_{K\min} - \log U_{K1}}{\log q} + 1, \quad (36)$$

где q - знаменатель геометрической прогрессии, $q = \omega_M / \omega_{Nоб}$ - для грузовых автомобилей и автобусов с бензиновыми двигателями с ограничителем частоты вращения; $q = \omega_M / \omega_{\max}$ для легковых автомобилей и автобусов с бензиновыми двигателями, без ограничителя частоты вращения; $q = \omega_M / \omega_N$ для автомобилей с дизельным двигателем. Передаточные числа промежуточных передач для двухвальных коробок находятся из выражения:

$$U_{Kj} = \sqrt[n-j]{U_{K1}^{n-j} \cdot U_{K\min}^{j-1}}, \quad (37)$$

где j - порядковый номер промежуточной передачи; n - число передач в коробке.

Для трехвальных коробок n – номер прямой передачи, и формула (2.35)

имеет вид $U_{kj} = \sqrt[n-1]{U_{K1}^{n-j}}$. Передаточное число повышенной передачи принимаем по прототипу. Передаточное число задней передачи обычно принимают по прототипу или из соотношения:

$$U_{3X} = (0,9 \dots 1,3) \cdot U_{K1}.$$

При расчете числа зубьев зубчатых колес передаточные числа трансмиссии уточняются.

3. Тягово-скоростные характеристики автомобиля

Тягово-скоростные характеристики, к которым относятся скорость движения, тяговые усилия на ведущих колесах и динамический фактор автомобиля, определяются по рассчитанным внешним скоростным характеристикам. Расчет выполняется для всех передач, и на основании полученных результатов делается заключение о тяговых и динамических свойствах автомобиля. В проекте должны быть представлены в табличном и графическом виде (рис. 7, 8) следующие характеристики:

- скорости движения на разных передачах;
- тяговые усилия на ведущих колесах на разных передачах;
- силы сопротивления движению;
- динамический фактор на разных передачах при полной и частичной загрузке автомобиля (динамический паспорт).

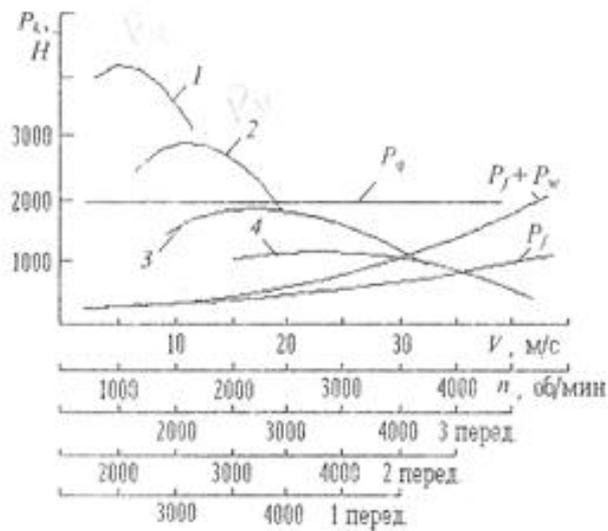


Рисунок 7 – Тяговый баланс автомобиля

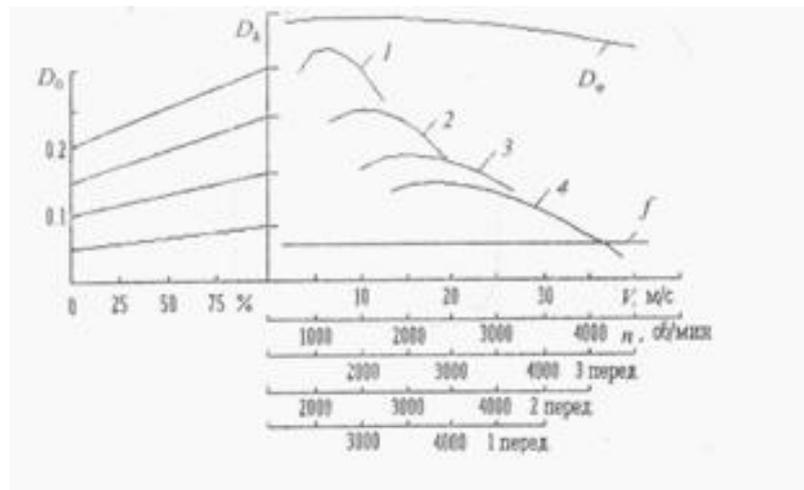


Рисунок 8 – Динамическая характеристика автомобиля

Расчет состоит в вычислении в заданном диапазоне частот вращения коленчатого вала n , скорости движения автомобиля $V(n)$, тяговых усилий на

ведущих колесах $P_k(n)$, сил сопротивления движению $P_f(n)$ и $P_w(n)$, динамического фактора по тяге $D_k(n)$ и сцеплению колес $D_f(n)$ на разных передачах по формулам:

$$V(n) = \frac{0.378nR_K}{U_{\text{КП}}U_0} \quad (38)$$

$$P_k(n) = \frac{M_e(n)U_{\text{КП}}U_0\eta_{\text{тр}}}{R_k} \quad (39)$$

$$P_f(n) = 9,81G_a f(V) \quad (40)$$

$$\text{Где } f(V) = f_0 \left(1 + \frac{V(n)^2}{19500} \right)$$

$$P_w(n) = \frac{k_w F_a V(n)^2}{13} \quad (41)$$

где $F_B = B_k - H_k$ - для грузовых и $F_B = 0,78B_a H_a$ - для легковых автомобилей.

$$D_k(n) = \frac{P_k(n) - P_w(n)}{9,81G_a} \quad (42)$$

$$D_f(n) = \frac{9,81G_{\text{в.к}}\varphi - P_w(n)}{9,81G_{\text{в.к}}} \quad (43)$$

Наименование и единица измерения параметров, входящих в формулы (4)-(9), приведены в табл. 7, которая может служить формой для записи собственных исходных данных для расчета тяговых характеристик.

Таблица 7 - Исходные данные для расчета тягово-скоростных характеристик

Параметр	Единица измерения	Обозначение	Значение
Радиус качения колеса	м	R_k	
Передаточное число главной передачи	-	U_0	
Передаточные числа коробки передач $C_{\text{КП}}$:			
- первая передача	—	U_1	
- вторая передача	—	U_2	
- третья передача	—	U_3	
- четвертая передача	—	U_4	
КПД трансмиссии	-	$\eta_{\text{тр}}$	
Коэффициент сопротивления качению	-	f_0	
Коэффициент обтекаемости	-	k_w	
Коэффициент сцепления	-	φ	
Полная масса АТС	кг	G_a	
Масса, приходящаяся на ведущие колеса	кг	$G_{\text{в.к}}$	

Ширина АТС (колея)	м	B_a	
Высота АТС	м	H_a	

Все графики, связанные со скоростью, должны выполняться в одном масштабе шкалы скоростей. Радиус качения колеса можно определить исходя из обозначения устанавливаемых на автомобиле шин по формуле

$$R_k = \left(\frac{d_n}{2} + b_{\Pi} K_h \right) \delta_{\text{ш}}, \quad (44)$$

где $\delta_{\text{ш}}$ - коэффициент деформации шины ($\delta_{\text{ш}} = 0,93 \dots 0,95$);

d_n - посадочный диаметр колеса, м;

b_{Π} - ширина профиля шины, м;

K_h - коэффициент, определяемый отношением высоты профиля шины к его ширине ($K_h = 0,9 \dots 0,92$ - для легковых и $K_h = 0,8 \dots 0,83$ - для грузовых автомобилей).

Коэффициент полезного действия трансмиссии $\eta_{\text{тр}}$ можно принять равным: $\eta_{\text{тр}} = 0,9$ - для легковых и грузовых автомобилей с колесной формулой 4х2; $\eta_{\text{тр}} = 0,85$ - для автомобилей повышенной проходимости; $\eta_{\text{тр}} = 0,80$ - для автомобилей высокой проходимости.

Значение коэффициента обтекаемости k_w можно принять равным: для легковых автомобилей $k_w = 0,2 \dots 0,3$; для автобусов $k_w = 0,4 \dots 0,6$; для грузовых автомобилей $k_w = 0,6 \dots 0,8$.

Расчет сил сопротивления и сцепления колес следует выполнять для условий движения по ровной асфальтированной дороге. Значения коэффициентов f_0 и φ можно выбрать по табл. 9.

4. Проектирование узлов и агрегатов автомобиля

4.1 Конструкторская проработка

Проектирование агрегатов автомобиля, в соответствии с заданием, должно проводиться исходя из анализа существующих конструкций агрегатов и учета требований, предъявляемых к агрегату, с применением современных методов расчета.

Проектирование любого агрегата автомобиля или другого объекта можно разбить на четыре этапа:

1. Изучение существующих конструкторских решений заданного для проектирования агрегата, узла и, на основе анализа, с учетом требований к агрегату, выбор принципиальной схемы агрегата.

2. Конструкторская разработка проектируемого агрегата с выполнением чертежей общего вида агрегата.

3. Проведение кинематических, прочностных и других, по необходимости, расчетов.

4. Составление описания устройства узла, агрегата и особенностей его эксплуатации (регулировки, смазка, обслуживание).

При выполнении первого этапа необходимо представить материалы по анализу существующих конструкций и обоснованию принятой принципиальной конструктивной схемы разрабатываемого агрегата. В эти материалы в виде отдельного пункта должны быть включены технические требования, на основе которых производился анализ и выбиралась принципиальная схема.

В процессе конструирования агрегата (объекта), основные размеры его элементов выбираются на основе расчетов по методам, изложенным в дисциплинах «Конструирование и расчет автомобиля», «Проектирование автомобилей и тракторов», других дисциплинах, а также в специальных литературных источниках, посвященных проектированию определенного агрегата. Эти источники могут быть рекомендованы руководителем или найдены самим студентом в результате изучения литературы.

Необходимо также при конструировании узла или агрегата использовать имеющиеся по ним соответствующие ГОСТы, которые определяют ряд размеров. Для этого, перед проектированием узла или агрегата, следует выяснить, какие по нему существуют стандарты.

Конструкторская проработка проектируемого узла производится с такой степенью подробности, чтобы по созданным чертежам можно было выполнить рабочие чертежи деталей.

Если в процессе работы отдельные детали узла или агрегата изменяют свое положение (карданная передача, подвески и др.), то на сборочном чертеже должны быть показаны их крайние предельные положения условным контуром.

На чертеже должны быть выполнены все необходимые разрезы для полного представления о сопряжении отдельных деталей. Сборочный чертеж снабжается нанесенными габаритными и установочными размерами, позволяющими выполнить необходимые рабочие чертежи. Большое внимание при разработке сборочного чертежа должно быть уделено отражению технических требований на сборку, в которых нужно отразить операции смазки, регулировки, отделки, клеймения маркировки и другие необходимые требования. К сборочным чертежам узла, агрегата должна быть составлена спецификация входящих деталей. При необходимости спецификация составляется на отдельных листах специальных бланков.

4.2. Расчеты узлов и агрегатов

Порядок изложения расчетов определяется характером рассчитываемых величин. Расчеты в общем случае должны содержать:

- эскиз или схему рассчитываемого агрегата /детали/;
- задачу расчета (с указанием, что требуется определить при расчете);
- данные для расчета;
- условия расчета;
- расчет;
- заключение.

Эскиз или схему допускается вычерчивать в произвольном масштабе, обеспечивающем четкое представление о рассчитываемом агрегате (детали).

В расчетах проектируемого узла как минимум должно быть приведено, например, следующее:

4.2.1. При проектировании сцепления:

- определение по исходным данным момента трения сцепления;
- обоснование выбора принципиальной схемы сцепления;
- определение основных размеров фрикционных накладок и количества поверхностей трения;
- расчет нажимного устройства сцепления (периферийных пружин, центральной пружины, диафрагменной пружины) в соответствии со схемой сцепления);
- расчет сцепления на износ и нагрев;
- расчет привода управления сцеплением

4.2.2. При проектировании коробки передач:

- определить: передаточные числа коробки передач, межосевое расстояние между валами, передаточное число пары постоянного зацепления первичного и промежуточного валов (при трехвальной коробке), передаточные числа пар

зубчатых колес промежуточных передач, геометрические параметры зубчатых колес (диаметры начальных окружностей, числа зубьев, модуль и др.);

- выбрать материал и термообработку (способ упрочнения);

- провести расчет зубьев шестерен на прочность и выносливость (одной пары (по указанию руководителя проекта) или

- выполнить расчет одного из валов коробки передач (по указанию руководителя) и по расчетной схеме определить усилия и реакции, а также определить максимальный изгибающий момент и вычертить эшюры;

- подобрать подшипники для рассчитываемого вала, определив эквивалентную нагрузку и динамическую несущую способность.

4.2.3. При проектировании синхронизаторов коробки передач:

- представить расчетную схему коробки передач, обозначив включаемые проектируемым синхронизатором передачи;

- составить уравнения приведенного момента инерции ведомой системы коробки передач;

- посчитать по составленным уравнениям приведенные моменты инерции;

- определить частные моменты инерции деталей, составляющих ведомую систему (ведомые диски сцепления, первичный и промежуточный валы, шестерни, сидящие свободно на вторичном валу);

- определить потребный момент трения синхронизатора;

- используя предварительную компоновку синхронизатора по конструктивным параметрам и допускаемому осевому усилию, задавшись коэффициентом трения определить возможный момент трения синхронизатора;

- произвести сравнение потребного и возможного моментов трения; определить работу буксования и сделать вывод о ее приемлемости.

4.2.4. При проектировании раздаточной коробки:

- выбрать кинематическую схему и способ включения переднего моста;

- определить необходимые передаточные числа и количество зубьев;

- определить расчетные моменты;

- подобрать геометрические параметры зубчатых колес;

- провести расчет зубчатых колес на прочность и выносливость (одной пары по указанию руководителя) или

- выполнить расчет валов на прочность и жесткость (одного или двух валов по указанию руководителя) или

- подобрать подшипники по эквивалентной нагрузке и динамической несущей способности (для одного вала) или

- провести расчет муфты свободного хода (при разработке раздаточной коробки с автоматическим включением переднего моста).

4.2.5. При проектировании карданной передачи:

- выполнить расчет по углам в вертикальной и горизонтальной проекциях суммарных углов излома в шарнирах как статических, так и динамических;
- рассчитать детали карданной передачи на прочность (карданный вал, вилка, крестовина, игольчатый подшипник, шлицевое соединение);
- определить критическую частоту вращения карданной передачи и коэффициент запаса по частоте вращения;

4.2.6. При проектировании гипоидной главной передачи:

- определить необходимое передаточное число главной передачи и числа зубьев зубчатых колес;
- рассчитать максимальный крутящий момент по двигателю и сцепному весу автомобиля;
- определить геометрические параметры зубьев ведущего и ведомого зубчатых колес и провести их прочностной расчет (предпочтительна методика изложенная в приложениях «Компас»);
- выбрать материал и термообработку зубчатых колес;
- подобрать подшипники ведущего и ведомого зубчатого колес главной передачи.

4.2.7. При проектировании двойной главной передачи:

- выбрать передаточные числа конической и цилиндрической зубчатых пар и числа зубьев колес;
- рассчитать максимальный крутящий момент, передаваемый главной передачей от двигателя и по сцепному весу;
- определить геометрические параметры зубьев конической пары;
- определить геометрические параметры зубьев цилиндрической пары;
- провести расчет зубьев на прочность;
- выбрать материал и термообработку зубчатых колес;
- выполнить расчет валов (вала) главной передачи (по указанию руководителя);
- подобрать подшипники конической или цилиндрической пары.

4.2.8. При проектировании конического симметричного дифференциала:

- определить величину максимального крутящего момента, передаваемого дифференциалом;
- определить геометрические параметры зубьев сателлитов и полуосевых шестерен;
- выбрать размеры шлицевой части полуосевых шестерен и произвести расчет шлицевого соединения на прочность;
- провести расчет осей сателлитов.

4.2.9. При проектировании дифференциала повышенного трения:

- определить величины моментов, на которые производится расчет дифференциала;
- рассчитать коэффициент блокировки;
- определить размеры шлицевой части полуосевых шестерен и шлицев полуоси и выполнить расчет соединения на прочность или
- выполнить специальные расчеты элементов дифференциала в зависимости от его типа (кулачковый, червячный, гидравлический и др.) по указанию руководителя.

4.2.10. При проектировании рулевого управления:

- провести кинематический расчет рулевого привода, включая графическую проверку соотношения углов поворота внутреннего и внешнего колес(по Аккерману и с учетом шинной поворачиваемости);
- определить величину момента сопротивления повороту управляемых колес на месте;
- выбрать передаточные числа рулевого управления, включая рулевой привод и рулевой механизм;
- провести расчет одной из основных деталей рулевого управления на прочность (сошка, шарниры, тяги, поворотные рычаги, детали рулевого механизма).

4.2.11. При проектировании усилителя рулевого управления:

- выполнить статический расчет;
- определить величину момента сопротивления повороту управляемых колес на месте;
- построить график зависимости усилия, прикладываемого водителем к рулевому колесу, от момента сопротивления колес повороту и провести поверочный расчет;
- определить размеры исполнительного гидравлического цилиндра;
- определить размеры реактивных элементов и жесткость центрирующих пружин;
- определить производительность гидравлического насоса или
- определить диаметры трубопроводов;

4.2.12. При проектировании подвески:

- определить по исходным данным основные параметры подвески (приведенную жесткость, статический и динамический ход колес);

- выбрать схему подвески, определить жесткость и величины прогибов упругого элемента;
- провести расчет упругого элемента (рессоры, торсиона, пневматического, и др.) в соответствии с его выбором или
- определить силы, действующие на направляющее устройство, и провести расчет деталей направляющего устройства на прочность;
- рассчитать максимальные усилия в амортизаторе при сжатии и отбое;
- определить критические скорости движения поршня, при которых открываются клапаны или
- рассчитать энергоемкость амортизатора и степень ее уменьшения при нагреве.

4.2.13. При проектировании барабанных тормозов:

- определить по расчетной схеме и исходным данным транспортного средства тормозные силы и тормозные моменты, соответствующие оптимальному использованию сцепного веса в режиме аварийного торможения;
- выбрать диаметр тормозных барабанов, схему механизма и способ прижатия колодок к барабану;
- определить основные размеры колодок и фрикционных накладок и удельные давления на накладки;
- провести тепловой расчет тормозного механизма;
- применить графический метод расчета тормозного механизма (по согласованию с руководителем).

4.2.14. При проектировании дисковых тормозов:

- определить по расчетной схеме и исходным данным транспортного средства тормозные силы и тормозные моменты, соответствующие оптимальному использованию сцепного веса в режиме аварийного торможения;
- установить диаметр тормозного диска, определить необходимую нормальную силу прижатия тормозных колодок к диску и удельные давления на фрикционных парах;
- выбрать схемы суппорта и скобы и определить параметры рабочего цилиндра (цилиндров);
- выполнить расчет спроектированного тормоза на нагрев.

4.2.15. При проектировании подъемного гидравлического оборудования самосвалов

- определить по расчетной схеме зависимость усилия на гидроцилиндре подъемника от угла подъема кузова с построением графиков;
- выбрать число ступеней гидроцилиндра и произвести расчет изменения давления от хода выдвижения штоков гидроцилиндров подъемника с построением графиков при учете угла подъема или

- провести расчет гидроцилиндра подъемника и его деталей на прочность;
- определить требуемую производительность гидронасоса и его выбор.

Приложения

Приложения А (справочное):

Таблица А.1 – Ориентировочные значения q для автомобилей общего назначения с колесными формулами 4х2 и 6х4

Мг, т	1,5	3,0	5,0	8,0	12,0
Коэффициент тары, q	1,15	0,80	0,70	0,65	0,62

Таблица А.2 – Ориентировочные значения q для полноприводных автомобилей

Колесная формула	4х4	6х6	8х8
Коэффициент тары, q	1,6...1,7	1,4...1,5	1,3...1,4

Таблица А.3 - Допустимые осевые нагрузки

Ось, тип подвески	Допустимая нагрузка, кН	
	группа дорог	
	А	Б
Одинарная независимая	100	60
Одинарная зависимая	60	45
То же самое для автомобилей повышенной проходимости, на базе двусосных автомобилей	-	65
То же самое для автобусов	-	70
Спаренные оси по расстоянию между ними, м		
1,00...1,24	70	45
1,25...1,39	80	50
1,40...1,50	90	55
>1,5	100	60

Таблица А.4 - Коэффициенты обтекаемости автомобилей

Тип автомобиля	$k_B, \text{Нс}^2/\text{м}^4$
Гонимые автомобили	0,13...0,15
Легковые автомобили	0,15...0,35
Автобусы	0,24...0,40
Грузовые автомобили	0,50...0,70
Автопоезда	0,60...0,85
Автофургоны	1,0...1,2

Таблица А.6 - Ориентировочные значения фактора сопротивления воздуха

Тип автомобиля	$W, \text{Н} \cdot \text{с}^2/\text{м}^2$
Легковые:	
особо малого	0,5...0,6
малого	0,6...0,7
среднего	0,75...0,78
большого	0,85...0,95
Грузовые грузоподъемностью, т:	
до 1,0	1,2...1,5
1,1...2,5	1,6...2,0
2,6...4,0	2,1...2,8

свыше 4,0	2,9...3,5
Автобусы средней и большой пассажироместности с кузовом вагонного типа	2,9...3,6

Таблица А.7 – Значение коэффициента сопротивления качению в зависимости от типа и состояния дорожного покрытия

Тип состояние дорожного покрытия	f	Тип состояние дорожного покрытия	f
Бетон, асфальтобетон и асфальт	0,01 – 0,03	Сухой суглинок	0,04 – 0,06
Булыжная мостовая	0,023 – 0,3	Мокрый суглинок	0,1 – 0,2
Укатанная сухая грунтовая дорога	0,02 – 0,03	Обледенелая дорога	0,01 – 0,03
Разбитая мокрая грунтовая дорога	0,1 – 0,25	Укатанный снег	0,03 – 0,05
Сухой песок	0,1 – 0,3	Рыхлый снег	0,1 – 0,3
Сырой песок	0,06 – 0,15		

Таблица А.8 – Значения коэффициентов сцепления шин автомобилей для дорог с различными типами и состояниями покрытий

№№ п/г	Цифра для варианта КП	Тип дорожного покрытия	Состояние дорожного покрытия	
			Сухое	Влажное
1	2	3	4	5
1	0	Бетон, асфальтобетон и асфальт	0,7 – 0,8	0,5 – 0,7
2	1	Булыжник	0,6 – 0,7	0,4 – 0,5
3	2	Укатанная грунтовая дорога	0,5 – 0,6	0,2 – 0,4
4	3	Разбитая грунтовая дорога	0,4 – 0,5	0,15 – 0,3
5	4	Песок	0,2 – 0,3	0,4 – 0,5
6	5	Суглинок	0,4 – 0,5	0,2 – 0,4
7	6	Задерненный луг	–	0,2 – 0,4
8	7	Обледенелая дорога	0,05 – 0,15	
9	8	Укатанный снег	0,3 – 0,5	
10	9	Рыхлый снег	0,2 – 0,4	

Заведующему кафедрой ТТМ и К
название кафедры

ФИО заведующего

от студента группы _____ курса
направления подготовки 23.05.01 НТТС
профиль Автомобили и тракторы

ФИО студента

контактный телефон студента

ЗАЯВЛЕНИЕ.

Прошу утвердить тему курсовой работы (проекта) Проектирование автомобиля по заданным параметрам на базе автомобиля прототипа (_____) по дисциплине «Проектирование автомобилей и тракторов» и утвердить план курсового проекта

План

1. Пояснительная записка

Введение

1. Оценка эксплуатационных свойств
 - 1.1. Анализ технических характеристик автомобиля
 - 1.2. Анализ эксплуатационных свойств
 - 1.3. Анализ компоновки автомобиля и определение параметров массы
 - 1.4. Подбор шин
 - 1.5. Определение КПД трансмиссии автомобиля
 - 1.6. Фактор сопротивления воздуха
 - 1.7. Определение мощности двигателя и построение его внешней скоростной характеристики
 - 1.8. Определение количества передач и передаточных чисел трансмиссии автомобиля
2. Тягово-скоростные характеристики автомобиля
3. Проектирование узлов и агрегатов автомобиля
 - 3.1 Конструкторская проработка
 - 3.2. Расчеты узлов и агрегатов

2. Графическая часть

Лист 1. *Чертежа компоновочной схемы автомобиля*

Лист 2. *Сборочный чертеж узла, агрегата автомобиля*

Заключение

Список использованных источников

Дата _____

Подпись студента _____

Согласен научный руководитель

(И.О.Фамилия)

подпись

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
 федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
 «Чувашская государственная сельскохозяйственная академия»
 (ФГБОУ ВО Чувашская ГСХА)

Инженерный факультет
 Кафедра транспортно-технологических машин и комплексов

Направление подготовки (специальность) 23.05.01 - «Наземные транспортно-технологические средства»

Профиль Автомобили и тракторы

УТВЕРЖДАЮ
 Зав. кафедрой транспортно-технологических машин и комплексов

_____ 20__ г.

ЗАДАНИЕ

по выполнению курсового проекта

Студента (ки) _____ курса _____ группы

Ф.И.О. _____

1. Тема работы: Проектирование автомобиля по заданным параметрам на базе автомобиля прототипа
 (_____)

2. Дата выдачи задания _____ 20__ г.

3. Исходные данные к работе: марка автомобиля _____; коэффициент изменения грузоподъемности _____; коэффициент изменения максимальной скорости _____; дорожные условия эксплуатации _____; узел, агрегат, система для разработки _____

4. Основные вопросы, подлежащие разработке

1. Оценка эксплуатационных свойств

1.1. Анализ технических характеристик автомобиля

1.2. Анализ эксплуатационных свойств

1.3. Анализ компоновки автомобиля и определение параметров массы

1.4. Подбор шин

1.5. Определение КПД трансмиссии автомобиля

1.6. Фактор сопротивления воздуха

1.7. Определение мощности двигателя и построение его внешней скоростной характеристики

1.8. Определение количества передач и передаточных чисел трансмиссии автомобиля

2. Тягово-скоростные характеристики автомобиля

3. Проектирование узлов и агрегатов автомобиля

3.1 Конструкторская проработка

3.2. Расчеты узлов и агрегатов

5. Основные источники литературы _____

6. Срок выполнения _____

7. Срок сдачи студентом законченной работы _____

Руководитель _____

Студент _____

Варианты заданий для проектирования

№ варианта	Марка автомобиля	Коэффициент изменения максимальной скорости			Коэффициент изменения грузоподъемности			Дорожные условия (варианты из табл. А8)
		А	Б	В	Г	Д	Е	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
01	ГАЗ-2310	1,1	1,2	1,3	1,1	1,15	1,2	асфальтобетон
02	ГАЗ-3302	1,1	1,2	1,3	1,1	1,15	1,2	асфальтобетон
03	ГАЗ-3307	1,1	1,2	1,3	1,1	1,15	1,2	асфальтобетон
04	ЗИЛ-5301	1,1	1,2	1,3	1,1	1,15	1,2	асфальтобетон
05	ЗИЛ-431410	1,1	1,2	1,3	1,1	1,15	1,2	асфальтобетон
06	ЗИЛ-433100	1,1	1,2	1,3	1,1	1,15	1,2	асфальтобетон
07	ЗИЛ-534330	1,1	1,2	1,3	1,1	1,15	1,2	асфальтобетон
08	ЗИЛ-133Г40	1,1	1,2	1,3	1,1	1,15	1,2	асфальтобетон
09	МАЗ-53363	1,1	1,2	1,3	1,1	1,15	1,2	асфальтобетон
10	КАМАЗ-4310	1,1	1,2	1,3	1,1	1,15	1,2	асфальтобетон
11	КАМАЗ-6540	1,1	1,2	1,3	1,1	1,15	1,2	асфальтобетон
12	УРАЛ-4320-01	1,1	1,2	1,3	1,1	1,15	1,2	асфальтобетон
13	ЗИЛ-ММЗ-4502	1,1	1,2	1,3	1,1	1,15	1,2	грунтовая дорога
14	МАЗ-5551	1,1	1,2	1,3	1,1	1,15	1,2	грунтовая дорога
15	ГАЗ-САЗ-3507	1,1	1,2	1,3	1,1	1,15	1,2	грунтовая дорога
16	КАМАЗ-55111	1,1	1,2	1,3	1,1	1,15	1,2	грунтовая дорога
17	КАМАЗ-45142	1,1	1,2	1,3	1,1	1,15	1,2	грунтовая дорога
18	КАМАЗ-6520	1,1	1,2	1,3	1,1	1,15	1,2	грунтовая дорога
19	КАМАЗ-6546	1,1	1,2	1,3	1,1	1,15	1,2	грунтовая дорога
20	УРАЛ-5557-10	1,1	1,2	1,3	1,1	1,15	1,2	грунтовая дорога
21	УРАЛ-55571-30	1,1	1,2	1,3	1,1	1,15	1,2	грунтовая дорога
22	УРАЛ-63615-10	1,1	1,2	1,3	1,1	1,15	1,2	грунтовая дорога
23	УРАЛ-4402-31	1,1	1,2	1,3	1,1	1,15	1,2	грунтовая дорога
24	КАМАЗ-65111	1,1	1,2	1,3	1,1	1,15	1,2	грунтовая дорога
25	КАМАЗ-6522	1,1	1,2	1,3	1,1	1,15	1,2	грунтовая дорога
26	КАМАЗ-45141	1,1	1,2	1,3	1,1	1,15	1,2	грунтовая дорога
27	ЗИЛ-541700	1,1	1,2	1,3	1,1	1,15	1,2	грунтовая дорога
28	МАЗ-543203	1,1	1,2	1,3	1,1	1,15	1,2	грунтовая дорога
29	МАЗ-437090	1,1	1,2	1,3	1,1	1,15	1,2	укатанный снег
30	ГАЗ-66	1,1	1,2	1,3	1,1	1,15	1,2	укатанный снег
31	МАЗ-630305	1,1	1,2	1,3	1,1	1,15	1,2	укатанный снег
32	КАМАЗ-4308	1,1	1,2	1,3	1,1	1,15	1,2	укатанный снег
33	КАМАЗ-43260	1,1	1,2	1,3	1,1	1,15	1,2	укатанный снег
34	ЗИЛ-433420	1,1	1,2	1,3	1,1	1,15	1,2	укатанный снег
35	КАМАЗ-43253	1,1	1,2	1,3	1,1	1,15	1,2	укатанный снег
36	КАМАЗ-65117	1,1	1,2	1,3	1,1	1,15	1,2	укатанный снег
37	ГАЗ-33027	1,1	1,2	1,3	1,1	1,15	1,2	
38	УАЗ-3303 б	1,1	1,2	1,3	1,1	1,15	1,2	
39	ЗИЛ-131	1,1	1,2	1,3	1,1	1,15	1,2	
40	КАМАЗ-43115	1,1	1,2	1,3	1,1	1,15	1,2	
41	УРАЛ-5323-20	1,1	1,2	1,3	1,1	1,15	1,2	
42	УРАЛ-4320-01	1,1	1,2	1,3	1,1	1,15	1,2	
43	МАЗ-630305	1,1	1,2	1,3	1,1	1,15	1,2	
44	ЗИЛ-432720	1,1	1,2	1,3	1,1	1,15	1,2	
45	ГАЗ-3309	1,1	1,2	1,3	1,1	1,15	1,2	

46	ГАЗ Садко Next	1,1	1,2	1,3	1,1	1,15	1,2	
47	ГАЗонNext	1,1	1,2	1,3	1,1	1,15	1,2	
48	КамАЗ-6355 Арктика	1,1	1,2	1,3	1,1	1,15	1,2	
49	КАМАЗ-5490 NEO (КПП)	1,1	1,2	1,3	1,1	1,15	1,2	
50	КАМАЗ-65201- 49	1,1	1,2	1,3	1,1	1,15	1,2	

Примечания:

1. Номер варианта выбирается по последним двум цифрам номера зачетной книжки, при превышении двух последних цифр цифры 50 для получения номера варианта необходимо из нее вычесть 50, (57-50=07, 07 – номер варианта);

2. Выбор вариантов коэффициентов изменения максимальной скорости и грузоподъемности осуществляется по столбикам 3-5 и 6-8: А и Г – 2019/2020 уч. г., Б и Д - 2020/2021уч. г., В и Е -2021/2022уч. г.(далее повторяются);

3. Варианты типов дорожного покрытия выбираются по второй цифре номера зачетной книжки из табл. А8.

Приложение Б5

Выбор варианта узла и агрегата для разработки

Номер варианта	Наименования узлов и агрегатов автомобиля	Примечание
1	Сцепление	
2	Коробка передач	
3	Карданная передача	
4	Раздаточная коробка	требуется согласование
5	Главная передача	требуется согласование
6	Межосевой дифференциал	требуется согласование
7	Тормозной механизм ведущей оси	
8	Рулевой механизм	
9	Гидроусилитель руля	
10	Подъемное гидравлическое оборудование самосвалов	требуется согласование

Примечание:

1. Номер варианта выбирается по последней цифре номера зачетной книжки

Список рекомендованных литературных источников

1. Автомобилестроение. Автомобили, прицепы и полуприцепы. Сборник государственных и отраслевых нормалей. Т.1, М.: Издательство стандартов 1974, - 7 с.
2. Автотракторные колеса: справочник / под общ.ред. И. В. Балабина. - М.: Машиностроение, 1985. - 272 с.
3. Вахламов В. К. Автомобили: конструкция и эксплуатационные свойства: учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности "Автомобили и автомобильное хозяйство" направления подготовки дипломированных специалистов "Эксплуатация наземного транспорта и транспортного оборудования" по заочной форме / В.К. Вахламов. - М. : Академия, 2009. - 480 с.
4. Вахламов В.К. Автомобили. Теория и конструкция автомобиля и двигателя. – 5-е изд. стер.- М.: Академия, 2010. – 816 с.
5. Вахламов В.К. Автомобили. Эксплуатационные свойства – 4-е изд. стер. – М.: Академия, 2010. – 240 с.
6. Вахламов В.К. Автомобили: конструкция и эксплуатационные свойства / В.К. Вахламов. - М. : Академия, 2009. - 480 с.
7. Вахламов В.К. Автомобили: Конструкция и элементы расчета: Учебник для студентов высших учебных заведений / Владимир Константинович Вахламов. – М.: Издательский центр «Академия», 2006. – 480 с
8. Вахламов В.К. Конструкция, расчет и эксплуатационные свойства автомобилей. - - изд. 2-е, стер. - М : Издательский центр "Академия", 2009. -556 с.
9. Высоцкий, М.С. Автомобили: Основы проектирования: Учеб.пособие для вузов /М. С. Высоцкий, А. Г. Выгонный, Л. Х. Гилелес, С. Г. Херсонский; Под ред. М. С. Высоцкого.— Мн.: Выш. шк., 1987 , — 152 с.: ил.
10. Иванов, А.М. Проектирование автомобиля: конспект лекций для направления подготовки специалистов 190109 – специализация «Автомобильная техника в транспортных технологиях» / А.М. Иванов, В.И. Осипов. – М.: МАДИ, 2014. – 40 с.
11. Исаев Е.У. Проектирование автомобиля : учеб.пособие / Е.У. Исаев [и др.]. – Тольятти : Изд-во ТГУ, 2013. – 260 с. : пер.
12. Исайчев, В.Т., Проектирование и расчет агрегатов и систем автотранспортных средств (трансмиссия): методические указания / В.Т. Исайчев; Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург: ОГУ, 2013. – 93 с.
13. Кутьков Г.М. Теория трактора и автомобиля. – М.: Колос, 1996. – 314 с.

14. Кутьков Г.М. Тракторы и автомобили. Теория и технологические свойства. – М.: Колос С – 2004 – 354 с.
15. Кушвид Р.П., Карузин О.И. Автомобильные дифференциалы: Учебное пособие. М.: МГИУ, 2002 - 24с.
16. 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.
17. Осепчугов В. В., Фрумкин А. К. Автомобиль: Анализ конструкций, элементы расчета: Учебник для студентов ВУЗов по специальности «Автомобили и автомобильное хозяйство». - М.: Машиностроение, 1989 - 304с.
18. Павлов, В.В. Проектировочные расчеты транспортных средств специального назначения (ТССН): учеб.пособие / В.В. Павлов. – М.: МАДИ, 2014. – 116 с.
19. Проектирование полноприводных колесных машин: учеб.для вузов: в 3 т Т. 1. / Афанасьев Б.А., Белоусов Б.Н., Гладов Г.И. и др.; под ред. А.А. Полунгяна - М.: МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2008 Гриф МО
20. Проектирование полноприводных колесных машин: учеб.для вузов: в 3 т Т. 2. / Афанасьев Б.А., Жеглов Л.Ф., Зузов В.Н. и др.; под ред. А.А. Полунгяна - М.: МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2008 Гриф МО
21. Проектирование полноприводных колесных машин: учеб.для вузов: в 3 т Т. 3 / Афанасьев Б.А., Белоусов Б.Н., Жеглов Л.Ф. и др.; под ред. А.А. Полунгяна - М.: МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2008 Гриф МО.
22. Родионов В.Ф., Фитерманн Б.М. Проектирование легковых автомобилей. – 2-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1980. – 479с., ил.

Содержание

стр.

1. Цели и задачи курсовой работы
2. Общие правила оформления расчетно-пояснительной записки
3. Структура расчетно-пояснительной записки
4. Оформление графической части
5. Порядок защиты работ
6. Тематика курсовых работ
7. Методические рекомендации по выполнению курсового проекта

Приложения

Литература