МЕЖГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Техническая эксплуатация автомобилей»

АВТОМОБИЛИ

Методические рекомендации к самостоятельной работе для студентов специальностей 1-37 01 06 «Техническая эксплуатация автомобилей» и 1-37 01 07 «Автосервис» заочной формы обучения

Могилев 2021

УДК 62.529
ББК 39.3:39.33-4
А22

Рекомендовано к изданию
учебно-методическим отделом
Белорусско-Российского университета

Одобрено кафедрой «Техническая эксплуатация автомобилей» «15» декабря 2020 г., протокол № 5

Составители: д-р техн. наук, проф. И. С. Сазонов;
д-р техн. наук, проф. В. А. Ким;
канд. техн. наук, доц. В. П. Лобах;
ст. преподаватель Е. А. Моисеев

Рецензент канд. техн. наук, доц. В. В. Кутузов

Методические рекомендации к самостоятельной работе по дисциплине «Автомобили» для студентов специальностей 1-37 01 06 «Техническая эксплуатация автомобилей» и 1-37 01 07 «Автосервис» заочной формы обучения.

Учебно-методическое издание

АВТОМОБИЛИ

Ответственный за выпуск О. В. Билык

Корректор А. А. Подошевко

Компьютерная верстка Н. П. Полевничая

Подписано в печать . Формат 60×84/16. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.
Печать трафаретная. Усл. печ. л. . Уч.-изд. л. Тираж 31 экз. Заказ №

Издатель и полиграфическое исполнение:
Межгосударственное образовательное учреждение высшего образования
«Белорусско-Российский университет».
Свидетельство о государственной регистрации издателя,
изготовителя, распространителя печатных изданий
№ 1/156 от 07.03.2019.
Пр-т Мира, 43, 212022, г. Могилев.

© Белорусско-Российский
университет, 2021

Содержание

Введение 4
1 Цель учебной дисциплины 5
2 Задачи учебной дисциплины 5
3 Выбор задания самостоятельной работы 5
4 Методические указания 5
5 Темы работ и их содержание 5
6 Теоретическая часть 6
6.1 Расчет внешней скоростной характеристики 6
6.2 Расчет передаточных чисел трансмиссии 7
6.3 Расчет рулевой трапеции 10
Список литературы 12
Приложение А 13

Введение

В соответствии с учебными планами специальностей 1-37 01 06 «Техническая эксплуатация автомобилей» и 1-37 01 07 «Автосервис» студенты заочной формы обучения изучают дисциплину «Автомобили».

Целью изучения дисциплины является получение студентами теоретических и практических знаний по конструкции, теории и основам расчета автотранспортных средств (АТС).

Задачи дисциплины – изучение рабочих процессов и конструктивного исполнения узлов, механизмов и систем АТС, основ теории эксплуатационных свойств автомобиля, методов проектировочного и проверочного расчетов деталей.

В результате освоения дисциплины «Автомобили» студенты:

– ознакомятся с принципами работы и устройством автомобилей различного типа их агрегатов, узлов, механизмов и систем; областью применения, спецификой работы, преимуществами и недостатками автомобилей различных типов и их элементов; основами теории автомобилей, кинематикой и динамикой основных агрегатов и автомобиля в целом; технико-эксплуатационными свойствами, характеристиками надежности и техническими характеристиками автомобилей и их элементов;

– научатся использовать методы оптимального выбора моделей автомобилей для конкретных условий эксплуатации; обеспечить эффективную эксплуатацию автомобилей в соответствии с их назначением и техническими характеристиками; использовать рациональные режимы эксплуатации автотранспортных средств.

Самостоятельная работа (СР) по дисциплине проводится в соответствии с требованиями учебного плана и Положения об аудиторной контрольной работе и компьютерном тестировании обучающихся по заочной (дистанционной) форме, утвержденного Советом Белорусско-Российского университета.

СР по данной дисциплине проводится в период лабораторно-экзаменационной сессии в соответствии с расписанием – после проведения лекционных, лабораторных и практических занятий. Общая ее продолжительность для учебной группы составляет два академических часа. Работа выполняется в письменной форме на бланках установленного образца. К выполнению СР допускаются студенты, имеющие при себе зачетную книжку, удостоверение личности (паспорт или вид на жительство, удостоверение беженца).

1 Цель учебной дисциплины

Целью учебной дисциплины является формирование у студентов знаний и навыков по конструкции АТС, теории их эксплуатационных свойств, конструированию и расчету АТС.

2 Задачи учебной дисциплины

Задачами учебной дисциплины являются познание назначения, классификации, устройства и работы АТС и их элементов, теории движения АТС, основ конструирования АТС и их элементов.

3 Выбор задания самостоятельной работы

Самостоятельная работа состоит из одного вопроса и одной задачи. Номер вопроса принимается по последней цифре шифра студента (таблица 3.1), номер задачи задается преподавателем (таблица А.1).

Таблица 3.1 – Данные по теоретическим вопросам

Последняя цифра шифра	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Номер вопроса	1	3	5	7	9	2	4	6	8	10

4 Методические указания

При выполнении работы рекомендуется придерживаться следующих указаний.

1 Ознакомиться с содержанием контрольных вопросов и задач.

2 Ответить на вопрос с указанием назначения, классификации, устройства, работы объекта. Наличие рисунков является обязательным при ответе на вопрос. Рисунок должен иметь наименование, номер, а также названия структурных элементов.

3 Решить задачу с пояснениями в используемых формулах.

5 Темы работ и их содержание

1 Силы, действующие на автомобиль при движении по горизонтальному участку дороги.

2 Порядок определения момента трения сцепления.

3 Порядок расчета синхронизатора коробки переключения передач.

4 Требования к элементам привода коробок переключения передач.

5 Расчет передаточного числа привода коробок переключения передач.

6 Порядок расчета главной передачи автомобиля.

7 Определение КПД главной передачи.

8 Влияние центробежной силы на критическое число оборотов карданного вала.

9 Порядок расчета рулевого управления автомобиля.

10 Вывод формулы «чистого» качения колес автомобиля на повороте.

6 Теоретическая часть

6.1 Расчет внешней скоростной характеристики

Зависимость текущих значений эффективной мощности N_e, кВт, от угловой скорости вращения коленчатого вала устанавливается формулой

$$N_e = N_{\max}\left[a\frac{\omega_e}{\omega_N} + b\left(\frac{\omega_e}{\omega_N}\right)^2 - c\left(\frac{\omega_e}{\omega_N}\right)^3\right], \qquad (6.1)$$

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

ω_N – значение угловой скорости вращения коленчатого вала, рад/с;

a, b, c – коэффициенты, зависящие от типа и конструкции двигателя. Для бензиновых ДВС $a = в = c = 1{,}0$; для четырехтактных дизелей $a = 0{,}53$; $в = 1{,}56$; $c = 1{,}09$.

При расчете значения ω_e принимаются от минимальной устойчивой скорости $\omega_{\min} = 0{,}2\cdot\omega_N$ до максимальной $\omega_{\max}$ (5–6 точек). Для бензиновых ДВС $\omega_{\max} = (1{,}15...1{,}25)\cdot\omega_N$, для дизелей $\omega_{\max} = \omega_N$.

Для расчета текущих значений крутящего момента M_e, кН·м, используется формула

$$M_e = \frac{N_e}{\omega_e}. \qquad (6.2)$$

Принятые значения ω_e и рассчитанные N_e и M_e сводятся в таблицу 6.1. По этим значениям строится внешняя скоростная характеристика двигателя.

6.2 Расчет передаточных чисел трансмиссии

6.2.1 Передаточное число главной передачи. Оно определяется по формуле

$$u_0 = \frac{\omega_{ev} \cdot r_k}{u_{КПв} \cdot v_{\max}}, \qquad (6.3)$$

где ω_{ev} – угловая скорость коленчатого вала двигателя при максимальной скорости, рад/с. Принимаем $\omega_{ev} = \omega_{\max}$;

$u_{КПв}$ – передаточное число высшей ступени коробки передач;

r_k – радиус качения колеса, м; $r_k = \lambda r_н$;

λ – коэффициент деформации шины. Для шин низкого давления 0,930...0,935; для шин высокого давления 0,945...0,950;

$r_н$ – номинальный радиус колеса, м; $r_н = (0{,}5d + h) \cdot 10^{-3}$. Значения диаметра обода d и высоты профиля h принимаются по маркировке шины, переведенной в миллиметры;

$v_{\max}$ – максимальная скорость автомобиля, м/с. Определяется из условия баланса мощности при движении на высшей передаче на дороге с коэффициентом дорожного сопротивления ψ_v.

Таблица 6.1 – Результаты расчета внешней скоростной характеристики двигателя, скоростной, тяговой и динамической характеристик и графиков ускорений автомобиля

Параметры		Размерность	Значение параметра					
ω_e		рад/с	$0{,}2\omega_N$	$0{,}4\omega_N$	$0{,}6\omega_N$	$0{,}8\omega_N$	ω_N	$1{,}2\omega_N$
N_e		кВт						
M_e		кН·м						
Первая передача $u_1 = \delta_1 =$	v_1	м/с						
	P_{T1}	кН						
	P_{B1}	кН						
	P_{C1}	кН						
	D_1	–						
	j_1	м/с^2						
	$1/j_1$	с^2/м						
Вторая передача $u_2 = \delta_2 =$	v_2	м/с						
	P_{T2}	кН						
	P_{B2}	кН						
	P_{C2}	кН						
	D_2	–						
	j_2	м/с^2						
	$1/j_2$	с^2/м						
Примечание – и т. д. по числу передач								

Условие баланса мощности при $v_{\max}$ записывается в виде

$$10^3 N_{ev} \cdot \eta = N_Д + N_B = M \cdot g \cdot \psi_v \cdot v_{\max} + k_v \cdot F \cdot v_{\max}^3, \qquad (6.4)$$

где N_{ev} – эффективная мощность двигателя при максимальной скорости, кВт. В расчет принимается значение из таблицы 6.1 при $\omega_{\max}$;

η – КПД трансмиссии. Для автомобилей с колесной формулой 4×2 η = 0,85...0,92; с колесной формулой 4 × 4 η = 0,82...0,87; с колесной формулой 6 × 4 η = 0,80...0,85; с колесной формулой 6 × 6 η = 0,78...0,82;

M – полная масса автомобиля, кг;

g – ускорение свободного падения, g = 9,81 м/с^2;

k_v – коэффициент сопротивления воздуха, имеющий значения: для легковых автомобилей k_v = 0,15...0,35 Н·с^2·м$^{-4}$, для грузовых автомобилей k_v = 0,50...0,70 Н·с^2·м$^{-4}$, для автобусов k_v = 0,25...0,4 Н·с^2·м$^{-4}$;

F – площадь лобового сопротивления автомобиля, м^2. Приближенно можно определить как произведение колеи передних колес B на высоту автомобиля H: $F = B \cdot H$.

Решение уравнения баланса мощности и определение максимальной скорости может быть выполнено путем решения кубического уравнения вида $v_{\max}^3 + pv_{\max} + q = 0$ по формуле Кардано

$$v_{\max} = \sqrt[3]{-\frac{q}{2} + \sqrt{\frac{q^2}{4} + \frac{p^3}{27}}} + \sqrt[3]{-\frac{q}{2} - \sqrt{\frac{q^2}{4} + \frac{p^3}{27}}}, \qquad (6.5)$$

где

$$p = \frac{M \cdot g \cdot \psi_v}{k_B \cdot F};$$

$$q = -\frac{N_{ev} \cdot \eta}{k_B \cdot F} \cdot 10^{-3}.$$

Рассчитанные значения u_0 и передаточные числа коробки передач округляются до второго знака после запятой.

6.2.2 Передаточные числа коробки передач. Передаточное число первой передачи, необходимое по условию преодоления максимального сопротивления дороги с заданным в задании $\psi_{\max}$, определяется по формуле

$$u_1 = \frac{M \cdot g \cdot \psi_{\max} \cdot r_k}{M_{\max} \cdot u_0 \cdot \eta \cdot 10^3}. \qquad (6.6)$$

Значение M_{max} принимается по таблице 6.1 или внешней скоростной характеристике двигателя.

Возможность реализации окружной силы на колесах автомобиля при передаточном числе u_1, определенном по выражению (6.6), проверяется по условию отсутствия буксования ведущих колес, передаточное число из которых определяется по формуле

$$u_{1\phi} = \frac{G_\varphi \cdot \varphi_{max} \cdot r_k \cdot m_i}{M_{max} \cdot u_0 \cdot \eta \cdot 10^3}, \qquad (6.7)$$

где φ_{max} – максимальный коэффициент сцепления колес с дорогой;

G_φ – сцепной вес автомобиля. Для полноприводных автомобилей $G_\varphi = M \cdot g$, для заднеприводных $G_\varphi = M_2 \cdot g$, для переднеприводных $G_\varphi = M_1 \cdot g$;

M_1 – масса, приходящаяся на переднюю ось автомобиля;

M_2 – масса, приходящаяся на заднюю ось автомобиля;

m_i – коэффициент перераспределения реакций, принимаемый для передней оси m_i = 0,7...0,8, для задней оси m_i = 1,2...1,3.

Если u_1 по формуле (6.6) получится больше, чем рассчитанное по формуле (6.7), следует принять значение u_1, найденное по формуле (6.7).

Передаточное число первой передачи должно удовлетворять условию обеспечения минимально устойчивой скорости движения, принимаемой v_{min} = 1,0...1,4 м/с:

$$u_{1v} = \frac{\omega_{min} \cdot r_k}{u_0 \cdot v_{min}}, \qquad (6.8)$$

где ω_{min} – минимальная устойчивая угловая скорость вращения коленчатого вала двигателя, рад/с, принимаемая в расчете $\omega_{min} = 0{,}2\omega_N$.

Если передаточное число, определенное по формуле (6.8), больше найденного по формуле (6.6) или (6.7), оно принимается в качестве расчетного для первой передачи.

В основу выбора передаточных чисел промежуточных передач коробки передач положено условие постоянства средней мощности в процессе разгона автомобиля на всех передачах в одном и том же интервале угловой скорости коленчатого вала двигателя. Передаточное число i-й передачи для n-ступенчатой коробки передач с высшей прямой передачей в этом случае определяется по формуле

$$u_i = \sqrt[n-1]{u_1^{n-1}}. \qquad (6.9)$$

6.3 Расчет рулевой трапеции

Для расчета рулевой трапеции воспользуемся расчетной схемой (рисунок 6.1).

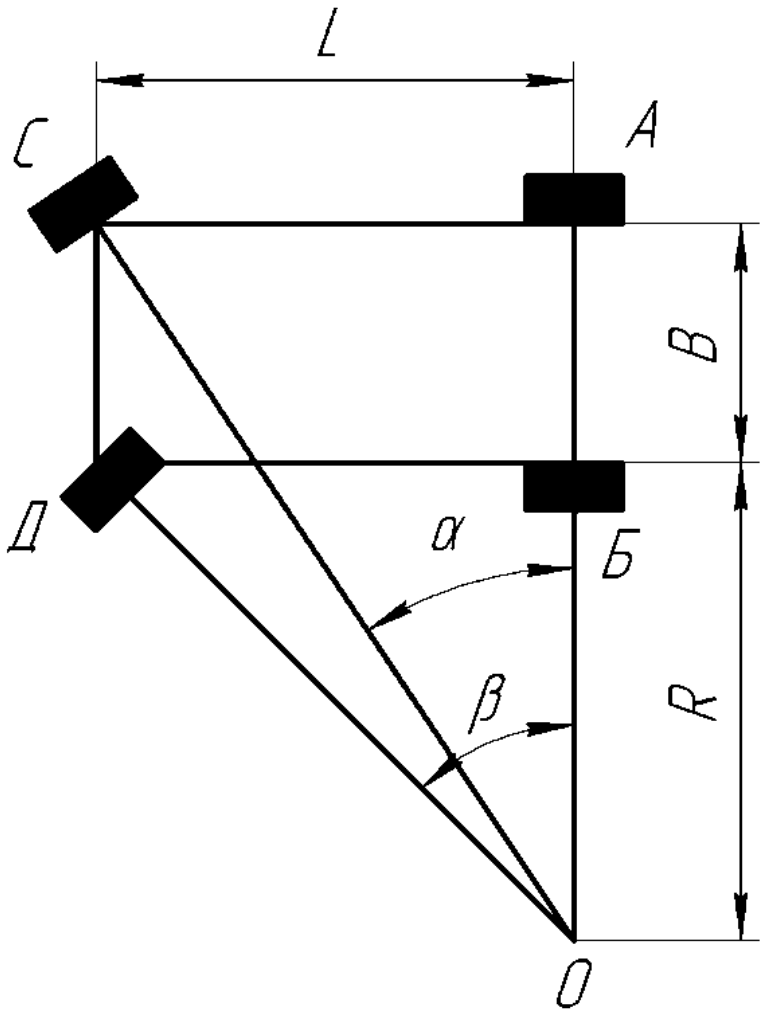

Рисунок 6.1 – Расчетная схема рулевой трапеции

Из треугольника ОАС имеем

$$\mathrm{tg}\alpha = \frac{L}{B+R}. \tag{6.10}$$

Из треугольника ОБД имеем

$$\mathrm{tg}\beta = \frac{L}{R}. \tag{6.11}$$

Выразив R из формул (6.10) и (6.11), получим

$$R = \frac{L}{\text{tg}\alpha} - B; \qquad R = \frac{L}{\text{tg}\beta}. \tag{6.12}$$

Объединив формулы (6.12), получим

$$\frac{L}{\text{tg}\alpha} - B = \frac{L}{\text{tg}\beta}. \tag{6.13}$$

Выразим tgβ, получим

$$\text{tg}\beta = \frac{L}{\frac{L}{\text{tg}\alpha} - B}; \tag{6.14}$$

$$\beta = \text{arctg}\left(\frac{L}{\frac{L}{\text{tg}\alpha} - B}\right). \tag{6.15}$$

Результаты расчета сведем в таблицу 6.2 и по полученным данным построим график (рисунок 6.2).

Таблица 6.2 – Результаты расчета

α	0	5	10	15	20	25	30	35	40
β	0	5,26	11,09	17,54	24,64	32,38	40,65	49,28	58,03

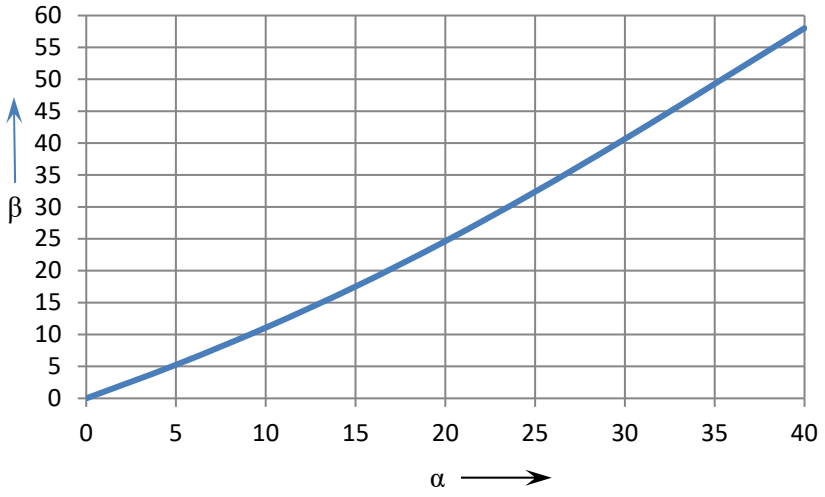

Рисунок 6.2 – График зависимости углов управляемых колес

Список литературы

1 **Иванов, А. М.** Основы конструкции автомобиля : учебник для вузов / А. М. Иванов. – Москва: За рулем, 2007. – 336 с.

2 **Гудцов, В. Н.** Современный легковой автомобиль. Экология. Экономичность. Электроника. Эргономика (тенденции и перспективы развития): учебное пособие для вузов / В. Н. Гудцов. – Москва: Кнорус, 2012. – 448 с.

3 **Вахламов, В. К.** Автомобили. Основы конструкции: учебник / В. К. Вахламов. – 5-е изд., стер. – Москва: Академия, 2010. – 528 с.

4 **Иванов, А. М.** Автомобили. Конструкция и рабочие процессы: учебник / А. М. Иванов, С. Н. Иванов, Н. П. Квасновская; под ред. В. И. Осипова. – Москва: Академия, 2012. – 384 с.

5 **Сокол, Н. А.** Основы конструкции и расчета автомобиля: учебное пособие для вузов / Н. А. Сокол, С. И. Попов. – Ростов-на-Дону: Феникс, 2006. – 303 с.

Приложение А
(обязательное)

Таблица А.1 – Исходные данные

Параметры	Размерность	Автомобиль					
		ЗиЛ-432720	ЗиЛ-442300	ЗиЛ-5301СС	КамАЗ-43114	КамАЗ-5460	КрАЗ-5444
Тип двигателя	–	Дизель	Дизель	Дизель	Дизель	Дизель	Дизель
Максимальная мощность, при оборотах	кВт мин$^{-1}$	80 3500	136 3200	80 3500	176 3250	265 3150	243 3100
Полная масса	кг	8250	11250	6950	15450	18000	17450
на переднюю ось	кг	4060	3250	2210	5380	6500	6000
на заднюю ось	кг	4190	8000	4740	10040	11500	11450
Колесная база	мм	3340	3000	3850	3997	3800	4700
Колея передних колес	мм	1820	1830	1820	2010	2042	1840
Число передач	–	5	5	5	5	8	8
Размер шин	–	12,00 R20	260 R508	225/75 R16C	425/85 R21	315/80 R22,5	12,00 R20
Максимальная скорость	км/ч	70	85	95	90	100	95

Продолжение таблицы А.1

Параметры	Размерность	Автомобиль					
		МАЗ-555102	Iveco MH 440 E 35	ГАЗ-3302	ГАЗ-3309	УАЗ-3303	УАЗ-2206
Тип двигателя	–	Дизель	Дизель	Бензин	Дизель	Бензин	Бензин
Максимальная мощность, при оборотах	кВт мин$^{-1}$	169 3650	259 4000	103 4500	96 3200	67,6 4000	67,6 4000
Полная масса	кг	18000	19000	3500	8100	2610	2780
на переднюю ось	кг	6500	7000	1200	2150	1200	1330
на заднюю ось	кг	11500	12000	2300	5975	1410	1450
Колесная база	мм	3300	3800	2900	3770	2300	2300
Колея передних колес	мм	2500	2050	1560	1630	1445	1445
Число передач	–	5	8	5	5	5	5
Размер шин	–	12,00 R20	295/80 R22,5	175 R16C	8,25 R20	225/75 R16	225/75 R16
Максимальная скорость	км/ч	91	85	115	90	100	105

Продолжение таблицы А.1

Параметры	Размерность	Автомобиль					
		КАВЗ-3976	ПАЗ-3205	МРАЗ-42191	ЛАЗ-52528	ЛиАЗ-5292	МАЗ-103
Тип двигателя	–	Бензин	Бензин	Дизель	Дизель	Дизель	Дизель
Максимальная мощность, при оборотах	кВт мин$^{-1}$	92 3200	96 3200	169 2100	180 1900	172 2600	169 2100
Полная масса	кг	6289	8155	16340	17070	18000	18000
на переднюю ось	кг	1680	3055	5510	6010	6500	6500
на заднюю ось	кг	4609	5100	10830	11060	11500	11500
Колесная база	мм	3770	3600	4810	5470	5960	6140
Колея передних колес	мм	1630	1690	2051	2050	2101	2048
Число передач	–	5	5	5	5	5	5
Размер шин	–	8,25 R20	8,25 R20	295/80 R22,5	11,0 R20	11/70 R22,5	11/70 R22,5
Максимальная скорость	км/ч	90	90	100	75	75	70