

МЕЖГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Транспортные и технологические машины»

АВТОМОБИЛИ

*Методические рекомендации к самостоятельной работе
для студентов специальности
6-05-0715-07 «Эксплуатация наземных транспортных
и технологических машин и комплексов»
заочной формы обучения*

Часть 2



Могилев 2025

УДК 62.529
ББК 39.3:39.33-4
А22

Рекомендовано к изданию
учебно-методическим отделом
Белорусско-Российского университета

Одобрено кафедрой «Транспортные и технологические машины»
«24» декабря 2024 г., протокол № 5

Составители: канд. техн. наук, доц. В. П. Лобах;
ст. преподаватель Е. А. Моисеев

Рецензент О. А. Пономарева

Методические рекомендации к самостоятельной работе по дисциплине
«Автомобили» для студентов специальности 6-05-0715-07 «Эксплуатация
наземных транспортных и технологических машин и комплексов» заочной
формы обучения.

Учебное издание

АВТОМОБИЛИ

Часть 2

Ответственный за выпуск

И. В. Лесковец

Корректор

А. А. Подошевка

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 36 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, 2025

Содержание

Введение.....	4
1 Теоретическая часть.....	5
1.1 Расчет внешней скоростной характеристики.....	5
1.2 Расчет передаточных чисел трансмиссии.....	6
1.3 Расчет рулевой трапеции.....	8
2 Выбор задания самостоятельной работы.....	10
3 Методические указания.....	10
Список литературы.....	11
Приложение А.....	12

Введение

В соответствии с учебным планом специальности 6-05-0715-07 «Эксплуатация наземных транспортных и технологических машин и комплексов» студенты 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:

– узнают принципы работы и устройство автомобилей различного типа их агрегатов, узлов, механизмов и систем; область применения, специфику работы, преимущества и недостатки автомобилей различных типов и их элементов; основы теории автомобилей, кинематику и динамику основных агрегатов и автомобиля в целом; технико-эксплуатационные свойства, характеристики надежности и технические характеристики 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 Теоретическая часть

1.1 Расчет внешней скоростной характеристики

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

$$N_e = N_{\max} \left[a \frac{\omega_e}{\omega_N} + b \left(\frac{\omega_e}{\omega_N} \right)^2 - c \left(\frac{\omega_e}{\omega_N} \right)^3 \right], \quad (1.1)$$

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 $a = b = c = 1,0$; для четырехтактных дизелей – $a = 0,53$; $b = 1,56$; $c = 1,09$.

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

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

$$M_e = \frac{N_e}{\omega_e}. \quad (1.2)$$

Принятые значения ω_e и рассчитанные N_e и M_e сводятся в таблицу 1.1. По этим значениям строится внешняя скоростная характеристика двигателя.

Таблица 1.1 – Результаты расчета внешней скоростной характеристики двигателя, скоростной, тяговой и динамической характеристик и графиков ускорений автомобиля

Параметр	Размерность	Значение параметра					
		$0,2\omega_N$	$0,4\omega_N$	$0,6\omega_N$	$0,8\omega_N$	ω_N	$1,2\omega_N$
ω_e	рад/с						
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					
<i>Примечание</i> – Расчет ведется по числу передач							

1.2 Расчет передаточных чисел трансмиссии

1.2.1 Передаточное число главной передачи. Оно определяется по формуле

$$u_0 = \frac{\omega_{ev} \cdot r_k}{u_{КПв} \cdot v_{\max}}, \quad (1.3)$$

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; $r_k = \lambda r_n$;

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

r_n – номинальный радиус колеса, м; $r_n = (0,5d + h) \cdot 10^{-3}$. 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 .

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

$$10^3 N_{ev} \cdot \eta = N_D + N_B = M \cdot g \cdot \psi_v \cdot v_{\max} + k_v \cdot F \cdot v_{\max}^3, \quad (1.4)$$

где N_{ev} – эффективная мощность двигателя при максимальной угловой скорости ω_e , кВт. В расчет принимается значение из таблицы 1.1 при ω_{\max} ;

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

M – полная масса автомобиля, кг;

g – ускорение свободного падения, $g = 9,81$ м/с²;

k_v – коэффициент сопротивления воздуха. Для легковых автомобилей 0,15...0,35 Н·с²·м⁻⁴, для грузовых автомобилей 0,50...0,70 Н·с²·м⁻⁴, для автобусов 0,25...0,4 Н·с²·м⁻⁴;

F – площадь лобового сопротивления автомобиля, м². 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 $v_{\max}^3 + p v_{\max} + q = 0$ по формуле Кардано

$$v_{\max} = \sqrt[3]{-\frac{q}{2} + \sqrt{\frac{q^2}{4} + \frac{p^3}{27}}} + \sqrt[3]{-\frac{q}{2} - \sqrt{\frac{q^2}{4} + \frac{p^3}{27}}}, \quad (1.5)$$

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.

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

$$u_1 = \frac{M \cdot g \cdot \psi_{\max} \cdot r_k}{M_{\max} \cdot u_0 \cdot \eta \cdot 10^3}. \quad (1.6)$$

Значение M_{\max} принимается по таблице 1.1 или внешней скоростной характеристике двигателя.

Возможность реализации окружной силы на колесах автомобиля при передаточном числе u_1 , определенном по выражению (1.6), проверяется по условию отсутствия буксования ведущих колес, передаточное число из которых определяется по формуле

$$u_{1\varphi} = \frac{G_\varphi \cdot \varphi_{\max} \cdot r_k \cdot m_i}{M_{\max} \cdot u_0 \cdot \eta \cdot 10^3}, \quad (1.7)$$

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. Для передней оси $m_i = 0,7 \dots 0,8$, для задней оси $m_i = 1,2 \dots 1,3$.

Если u_1 по формуле (1.6) получится больше, чем рассчитанное по формуле (1.7), следует принять значение u_1 , найденное по формуле (1.7).

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

$$u_{1v} = \frac{\omega_{\min} \cdot r_k}{u_0 \cdot v_{\min}}, \quad (1.8)$$

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

Если передаточное число, определенное по формуле (1.8), больше найденного по формуле (1.6) или (1.7), 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

$$u_i = \sqrt[n-1]{u_1^{n-1}}. \quad (1.9)$$

1.3 Расчет рулевой трапеции

Для расчета рулевой трапеции воспользуемся расчетной схемой, представленной на рисунке 1.1.

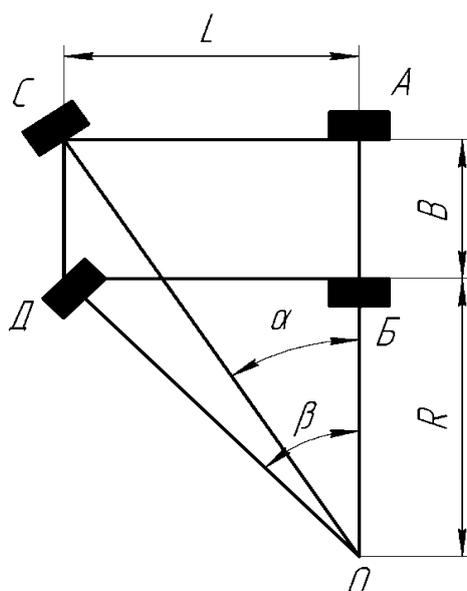


Рисунок 1.1 – Расчетная схема рулевой трапеции

Из треугольника OAC имеем

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{L}{B + R}. \quad (1.10)$$

Из треугольника OBD имеем

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{L}{R}. \quad (1.11)$$

Выразив R из формул (1.10) и (1.11), получим

$$R = \frac{L}{\operatorname{tg}\alpha} - B; \quad R = \frac{L}{\operatorname{tg}\beta}. \quad (1.12)$$

Объединив формулы (1.12), получим

$$\frac{L}{\operatorname{tg}\alpha} - B = \frac{L}{\operatorname{tg}\beta}. \quad (1.13)$$

Выразив $\operatorname{tg}\beta$, получим

$$\operatorname{tg}\beta = \frac{L}{\frac{L}{\operatorname{tg}\alpha} - B}, \quad (1.14)$$

где

$$\beta = \operatorname{arctg} \left(\frac{L}{\frac{L}{\operatorname{tg}\alpha} - B} \right). \quad (1.15)$$

Результаты расчета сведем в таблицу 1.2.

Таблица 1.2 – 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

График зависимости углов управляемых колес представлен на рисунке 1.2.

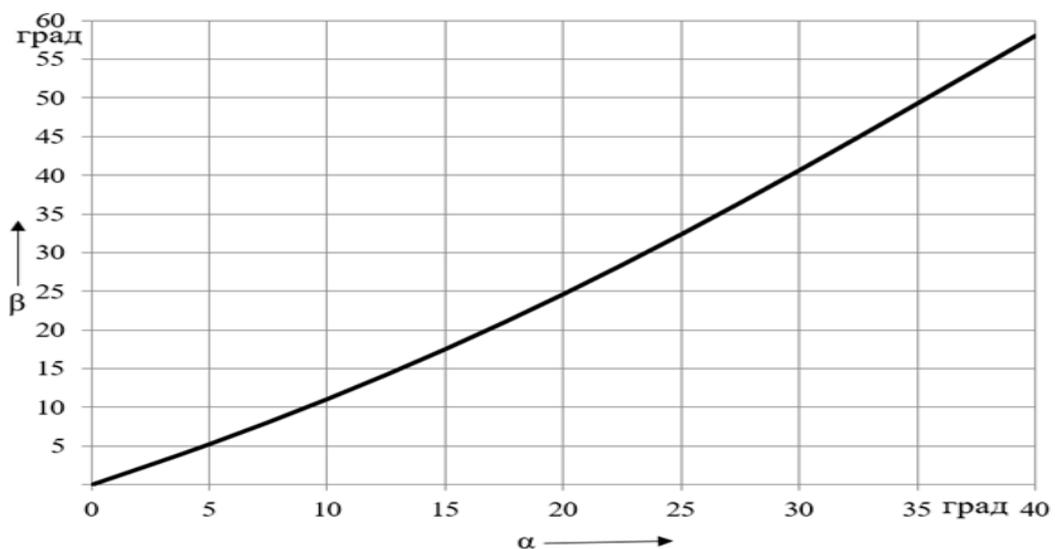


Рисунок 1.2 – График зависимости углов управляемых колес

2 Выбор задания самостоятельной работы

Самостоятельная работа состоит из одного вопроса и одной задачи. Номер вопроса принимается по последней цифре шифра студента (таблица 2.1), задачи задаются преподавателем (таблица А.1).

Таблица 2.1 – Исходные данные

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

3 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.

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.

Список литературы

- 1 **Иванов, А. М.** Основы конструкции автомобиля: учебник / А. М. Иванов. – М.: За рулем, 2007. – 336 с.
- 2 **Гудцов, В. Н.** Современный легковой автомобиль. Экология. Экономичность. Электроника. Эргономика (тенденции и перспективы развития): учеб. пособие / В. Н. Гудцов. – М.: Кнорус, 2012. – 448 с.
- 3 **Вахламов, В. К.** Автомобили. Основы конструкции: учебник / В. К. Вахламов. – 5-е изд., стер. – М.: 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. – М.: Академия, 2012. – 384 с.
- 5 **Карташевич, А. Н.** Тракторы и автомобили. Конструкция: учеб. пособие / А. Н. Карташевич, О. В. Понталев, А. В. Гордеенко; под ред. А. Н. Карташевича. – Минск: Новое знание; М.: ИНФРА-М, 2013. – 312 с.: ил.
- 6 **Савич, Е. Л.** Легковые автомобили: учебник / Е. Л. Савич. – 2-е изд., перераб. и доп. – Минск: Новое знание; М.: ИНФРА-М, 2013. – 758 с.: ил.
- 7 **Сокол, Н. А.** Основы конструкции и расчета автомобиля: учеб. пособие / Н. А. Сокол, С. И. Попов. – Ростов н/Д: Феникс, 2006. – 303 с.

Приложение А (рекомендуемое)

Таблица А.1 – Исходные данные для решения задачи

Автомобиль	ЗиЛ-432720	ЗиЛ-442300	ЗиЛ-5301СС	КамаЗ-43114	КамаЗ-5460	КрАЗ-5444	МАЗ-437040
Тип двигателя	Дизель	Дизель	Дизель	Дизель	Дизель	Дизель	Дизель
Максимальная мощность, кВт при оборотах, мин ⁻¹	80 3500	136 3200	80 3500	176 3250	265 3150	243 3100	100 3450
Полная масса, кг	8250	11250	6950	15450	18000	17450	10100
на переднюю ось	4060	3250	2210	5380	6500	6000	3750
на заднюю ось	4190	8000	4740	10040	11500	11450	6350
Колесная база, мм	3340	3000	3850	3997	3800	4700	3700
Колея передних колес, мм	1820	1830	1820	2010	2042	1840	2015
Число передач	5	5	5	5	8	8	5
Размер шин	12.00 R20	260 R508	225/75 R16C	425/85 R21	315/80 R22,5	12.00 R20	235/75 R17,5
Максимальная скорость, км/ч	70	85	95	90	100	95	100

Продолжение таблицы А.1

Автомобиль	МАЗ-555102	Iveco MH 440 E 35	ГАЗ-3302	ГАЗ-3309	УАЗ-3303	УАЗ-2206	ГАЗ-32213
Тип двигателя	Дизель	Дизель	Бензин	Дизель	Бензин	Бензин	Бензин
Максимальная мощность, кВт при оборотах, мин ⁻¹	169 3650	259 4000	103 4500	96 3200	67,6 4000	67,6 4000	103 4500
Полная масса, кг	18000	19000	3500	8100	2610	2780	3250
на переднюю ось	6500	7000	1200	2150	1200	1330	1200
на заднюю ось	11500	12000	2300	5975	1410	1450	2050
Колесная база, мм	3300	3800	2900	3770	2300	2300	2900
Колеса передних колес, мм	2500	2050	1560	1630	1445	1445	1560
Число передач	5	8	5	5	5	5	5
Размер шин	12,00 R20	295/80 R22,5	175 R16C	8,25 R20	225/75 R16	225/75 R16	175/75 R16
Максимальная скорость, км/ч	91	85	115	90	100	105	115

Окончание таблицы А.1

Автомобиль	КАВЗ-3976	ПАЗ-3205	МРАЗ-42191	ЛАЗ-52528	ЛпАЗ-5292	МАЗ-103	МАЗ-256
Тип двигателя	Бензин	Бензин	Дизель	Дизель	Дизель	Дизель	Дизель
Максимальная мощность, кВт при оборотах, мин ⁻¹	92 3200	96 3200	169 2100	180 1900	172 2600	169 2100	115 2400
Полная масса, кг	6289	8155	16340	17070	18000	18000	9500
на переднюю ось	1680	3055	5510	6010	6500	6500	3600
на заднюю ось	4609	5100	10830	11060	11500	11500	5900
Колесная база, мм	3770	3600	4810	5470	5960	6140	4200
Колея передних колес, мм	1630	1690	2051	2050	2101	2048	1982
Число передач	5	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	235/78 R17,5
Максимальная скорость, км/ч	90	90	100	75	75	70	110