


Троицкий авиационный технический колледж – филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный технический университет гражданской авиации»

РАЗРАБОТАНО

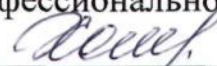
Преподавателем ЦК ТО и РАТ



« 27 » 10 2021г. Чикиным А.В.

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель директора колледжа по профессиональному образованию



« 27 » 10 2021г. Хомуткова В. А.

Методическое пособие по выполнению лабораторных работ дисциплины

«ТЕОРИЯ АВТОМОБИЛЯ»

Составитель: Чикин А. В.

Троицк 2021

Рассмотрено на заседании цикловой комиссии ТО и РАТ.

Технического обслуживания автомобильного транспорта

Протокол № 3 «22» 10 2021 г.

Заведующий отделением ТО и РАТ

 Чикин А.В.

Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины метрология, стандартизация и сертификация.

Процесс изучения ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО МОДУЛЯ ПМ.01 направлен на формирование следующих компетенций в соответствии с программой ФГОС по специальности 23.02.03 «Техническое обслуживание и ремонт автомобильного транспорта»

ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ

Наименование компетенции

ПК 1.1

Организовывать и проводить работы по проведению технических измерений с использованием контрольно-измерительных, диагностических приборов и технологического оборудования.

ПК 1.2

Осуществлять технический контроль технического состояния автомобилей с помощью контрольно-измерительных, диагностических приборов и технологического оборудования.

ПК 1.3

Знать правила безопасного использования производственного оборудования.

ПК 1.4

Производить выбор нового оборудования по совокупности экономических и эксплуатационных показателей.

ОБЩИЕ КОМПЕТЕНЦИИ

Наименование компетенции

ОК1

Понимать сущность и социальную значимость своей будущей профессии, проявлять к ней устойчивый интерес.

ОК2

Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество

ОК3

Принимать решения в стандартных и нестандартных ситуациях и нести за них ответственность.

Осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития.

ОК5

Использовать информационно-коммуникационные технологии в профессиональной деятельности.

ОК6

Работать в коллективе и в команде, эффективно общаться с коллегами, руководством.

ОК7

Брать на себя ответственность за работу членов команды (подчиненных), за результат выполнения заданий.

ОК8

Самостоятельно определять задачи профессионального и личностного развития, заниматься самообразованием, осознанно планировать повышение квалификации.

ОК9

Ориентироваться в условиях частой смены технологий в профессиональной деятельности.

Оглавление

Введение	
Подготовка студентов к выполнению лабораторной работы	
Порядок оформления отчета по лабораторным работам и его защита . .	
Лабораторная работа № 1. Расчет силового баланса автомобиля на основании результатов экспериментальных исследований	
Лабораторная работа № 2. Устойчивость автомобиля	
Лабораторная работа № 3. Определение коэффициента учета вращающихся масс	

Введение

Лабораторный практикум составлен на основании учебного плана в соответствии с рабочей программой по дисциплинам «Автомобили» и «Техника транспорта».

Основная цель лабораторных работ заключается в получении практических навыков по определению тягово-скоростных свойств и топливной экономичности транспортных средств, а также оценке влияния различных факторов на разгон и устойчивость автомобиля.

Лабораторные работы включают в себя экспериментальные определения и расчеты, необходимые для построения скоростной характеристики двигателя, силового баланса автомобиля, графиков критических скоростей при опрокидывании и заносе, зависимостей коэффициента учета вращающихся масс и максимального ускорения от передаточного числа коробки передач, а также дорожно-экономической характеристики автомобиля.

В процессе выполнения лабораторных работ студенты должны научиться давать качественную оценку автомобилей и устанавливать связь его параметров с действующими внешними факторами; освоить и знать основные эксплуатационные свойства автомобилей, методы их определения и оценки, а также связь эксплуатационных свойств с основными параметрами конструкций автомобилей; приобрести практические навыки и умения в определении и сравнении эксплуатационных свойств автомобилей по техническим характеристикам.

Теория автомобиля - это научная дисциплина, изучающая эксплуатационные свойства транспортных средств.

В теории автомобиля рассматриваются закономерности движения автомобиля, определяются силы, действующие на автомобиль в различных условиях эксплуатации, исследуются возможности наиболее выгодного его использования. Теория позволяет определять оптимальные параметры автомобиля при проектировании новых и модернизации существующих моделей. Благодаря развитию теории решается большинство вопросов по влиянию конструкции автомобиля на эксплуатационные свойства.

Эксплуатационные свойства автомобиля характеризуют возможность эффективного использования его в определенных условиях, позволяя оценить, в какой мере его конструкция соответствует требованиям эксплуатации.

Основными эксплуатационными свойствами автомобиля являются: динамичность, топливная экономичность, устойчивость, проходимость, управляемость и плавность хода.

В данном лабораторном практикуме исследуются первые три свойства автомобиля.

Под *динамичностью автомобиля* понимают его свойство перевозить грузы и пассажиров с максимально возможной средней скоростью в заданных дорожных условиях. Чем лучше динамичность автомобиля, тем больше его производительность. Динамичность автомобиля зависит от его тяговых свойств.

Топливной экономичностью автомобиля называют его свойство рационально использовать для движения энергию сжигаемого топлива. Чем меньше расход топлива, тем дешевле эксплуатация автомобиля.

Под *устойчивостью автомобиля* понимают его свойство сохранять направление движения и противостоять скольжению и опрокидыванию.

Устойчивость автомобиля в большей степени обеспечивает безопасность движения.

Теоретический анализ эксплуатационных свойств необходим при испытаниях и доводке новых моделей автомобилей, а также при выборе типа подвижного состава для удовлетворения требований эксплуатации.

ПОДГОТОВКА СТУДЕНТОВ К ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

Перед проведением лабораторной работы необходимо:

1. Изучить теоретические основы того раздела дисциплины, по которому проводится лабораторная работа.
2. Ознакомиться с общими положениями лабораторной работы, уделяя особое внимание рассмотрению величин, которые измеряются или рассчитываются в ходе выполнения работы.
3. Ознакомиться с оборудованием для проведения лабораторной работы, изучить его конструкцию, принцип работы и правила использования.
4. Изучить порядок выполнения работы, последовательность и содержание операций, необходимых для измерения той или иной величины или для исследования того или иного процесса.
5. Подготовить необходимые таблицы или протоколы для записи показаний, получаемых при выполнении опыта или эксперимента.

Иметь на занятиях калькулятор, линейку, карандаш, листы миллиметровой бумаги необходимого, для данной лабораторной работы, формата.

ПОРЯДОК ОФОРМЛЕНИЯ ОТЧЕТА ПО ЛАБОРАТОРНЫМ РАБОТАМ И ЕГО ЗАЩИТА

По выполненным заданиям (операциям) лабораторной работы студентам необходимо представить оформленный отчет и защитить его.

Отчет оформляется на отдельных листах формата А4 с соблюдением общих требований к текстовым документам. Допускается использовать отдельные тетрадные листы с соблюдением формата А4.

Структурными частями отчета по лабораторной работе являются:

- 1) титульный лист (пример оформления - в прил. А);
- 2) цели и задачи лабораторной работы;
- 3) общий порядок выполнения заданий лабораторной работы, краткая характеристика применяемых методов исследования и основные формулы, по которым ведется расчет необходимых величин (оформление формул показано в прил. Б);
- 4) принципиальная схема основного оборудования (стенда, прибора);
- 5) результаты эксперимента (опыта) в виде таблицы и графиков с текстом к ним, поясняющим физический смысл выявленных отклонений (оформление графиков показано в прил. В);
- б) выводы по результатам выполненных заданий.

Текст отчета следует выполнять четким, разборчивым почерком пастой (чернилами) одного цвета. Допускается выполнение текстовой части отчета на компьютере с помощью программных продуктов Word, Excel или др.

Чертежи, схемы, иллюстрации выполняются карандашом. Графики следует выполнять на отдельном листе миллиметровой бумаги нужного формата (пример оформления - в прил. Б). Выполнение чертежей и графиков в компьютерном выполнении не допускаются.

Защита отчета о выполненных заданиях (операциях) лабораторной работы заключается в доказательстве достоверности полученных результатов, а также в ответах на контрольные вопросы и вопросы по содержанию выполненной лабораторной работы.

*#

**ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1 РАСЧЕТ СИЛОВОГО
БАЛАНСА АВТОМОБИЛЯ НА ОСНОВАНИИ РЕЗУЛЬТАТОВ
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ**

Цель работы - изучить методику испытаний, получить практические штыки ио экспериментальному определению тягово-скоростных свойств автомобиля и обработке результатов испытаний.

Используемое оборудование: автомобиль-лаборатория»
с
установленным на нем оборудованием; самописцы типа Н-338 или др.

Основные положения

При движении автомобиля силы сопротивления движению преодолеваются силой тяги, получаемой ведущими колесами автомобиля от двигателя. Равенство этих сил называется *силовым балансом* автомобиля:

$$P_k = P_v + P_w + P_i + K + B \quad (1)$$

где P_k - тяговая сила на колесах, получаемая от крутящего момента двигателя, Н;

P_v - сила сопротивления дороги, Н;

P_w - сила сопротивления воздуха, Н;

P_i - сила сопротивления инерции автомобиля, Н.

Сила сопротивления дороги находится по формуле

$$P_v = P_f + P_{\pm} = f \pm G \sin i - G_a (f - i) \sim G_a \cdot \text{iff}, \quad (2)$$

где P_j - сила сопротивления качению колес автомобиля, Н;

P_i - сила сопротивления подъему автомобиля в гору, Н;

G_a - вес автомобиля, Н, $G_a = a/y_i$;

B_L - масса автомобиля, кг;

g - ускорение свободного падения, м/с²;

f - коэффициент сопротивления качению;

i - коэффициент уклона дороги, $i = \text{SIV}$ в;

α - угол уклона дороги в градусах;

y - коэффициент суммарного сопротивления дороги, $y = f + B_L$

В данной лабораторной работе коэффициент y определяется экспериментальным путем.

Коэффициент сопротивления качению / зависит от скорости автомобиля:

$$/ \bullet \bullet - / \circ - \Pi - \text{И}/6950), \quad (3)$$

где V - скорость автомобиля, м/с;

$/a \bullet$ коэффициент сопротивления качению колеса при скорости автомобиля, близкой к нулю.

Значение $/g$ принимают равным 0,015 «для дороги с сухим асфальтобетонным покрытием удовлетворительного состояния). Так как коэффициент / изменяется незначительно, в расчетах можно условно принимать, что / не зависит от скорости автомобиля и постоянен на протяжении всего участка дороги.

Сила сопротивления воздуха P_w находится по формуле

$$/V - **F** \quad (4)$$

где k коэффициент обтекаемости, Н-с/м ; F -

площадь лобового сопротивления, м ;

V -скорость автомобиля относительно воздуха, м/с. Сила сопротивления инерции P_s находится по формуле

$$P_j - M \cdot J - S, \quad (5)$$

где M , - масса автомобиля, кг; $/$ - ускорение автомобиля , м/с"; $\langle \rangle$ коэффициент учета вращающихся масс автомобиля.

$$M_l - M_{\phi} * \text{и} -75 + I_{\text{фap}}, \quad (6)$$

где M_l - масса снаряженного автомобиля;

n число человек, находившихся ■ автомобиле во время эксперимента;

$M^* \langle p$ - масса приборов, блока питания и др. оборудования, $M^{\wedge} \text{и}, =$ 200 кг.

Коэффициент учета вращающихся масс S показывает, во сколько раз условная поступательно движущаяся масса автомобиля больше действительной. Точный расчет величины коэффициента учета вращающихся масс b затруднителен и может быть выполнен главным образом экспериментальным путем. Для ориентировочных расчетов в теории автомобиля применяется следующая эмпирическая формула:

$$3 - K03 + 0,05 \cdot *; - , \quad (?)$$

где i_k передаточное отношение коробки передач.

При различных условиях движения автомобиля силовой баланс может принимать различные формы.

При разгоне автомобиля действуют все силы из уравнения (I). При равномерном движении силовой баланс принимает вид

$$P^* - P_w + P^* \quad (8)$$

При движении накатом (выбег) силовой баланс выражается формулой

$$P_j - P_w + K \quad (II)$$

Используя уравнение (9) испытатели автомобилей определяют произведение $k \cdot P$, именуемое фактором обтекаемости. Фактор обтекаемости $k_{Рест}^*$ величина постоянная для данной модели автомобиля, зависящая только от формы (коэффициент k) и лобовой площади автомобиля F . В данной работе используют экспериментальный метод расчета фактора обтекаемости.

Экспериментальный метод определения тягово-скоростных свойств автомобиля заключается в следующем.

Автомобиль разгоняют с первой или второй передачи (а зависимости от марки автомобиля-лаборатории) до максимально возможной скорости, последовательно включая 2-ю, 3-ю и 4-ю передачи, переводят движение в режим наката (нейтральная передача) и записывают процесс разгона * наката (выбега) на самопишущий прибор (рис. 1), т.е. фиксируют изменение скорости автомобиля от времени $V = f(t)$ (рис. 2)

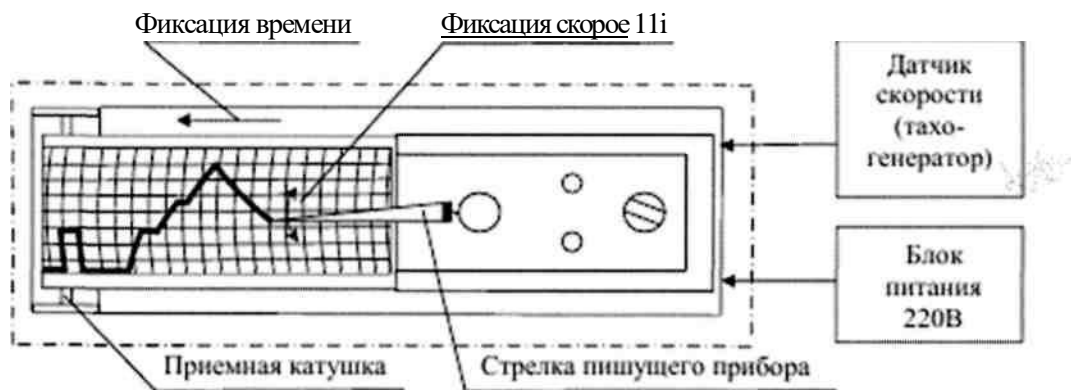


Рис. 1. Схемасамонннпшео прибора Н-338

Эксперимент проводится на горизонтальном участке с асфальтобетонным покрытием. Перед испытанием проводят тарировку для определения масштабов записи будущих замеров. Скорость автомобиля фиксируется по вертикальному отклонению стрелки прибора, а время процесса определяется скоростью протяжки ленты, от которой будет записан процесс. Для выяснения масштаба записи прибора по скорости автомобиля на прибор (при неподвижном автомобиле) подается заранее известная величина напряжения, соответствующая скорости автомобиля в 25 км/ч (6,94 м/с).

«...» , Е " • « ' ' 74^'''

Н 1
 '•25" /•; ' * • ! . . ! * * • , ' . • * : * > ч ^ ' V * . ! * I '
 KtfAl/ » , - , i * , ' i i * * V ; ... j
 ^ s * * 4 i i > ! % / : \ : . v

Рис 2. Графическая диаграмма результатов испытаний

Под действием этого напряжения стрелка прибора отклоняется от нулевого положения вверх, лента продвигается на несколько делений с целью получения линии и затем снимает напряжение с прибора, стрелка возвращается! ■ положение, соответствующее нулевому напряжению, а стало быть, и нулевой скорости автомобиля (см. участок 1-1 на рис. 2).

По величине отклонения стрелки находят масштаб записи скорости автомобиля (м с водном вертикальном делении).

По скорости протяжки ленты определяют масштаб записи времени (число секунд в одном горизонтальном делении). В данной лабораторной работе скорость протяжки ленты составляла одно деление за секунду.

Процесс «разгон*накат» с диаграммы переносят на лист миллиметровки большего формата. Цель этого переноса заключается в следующем:

1. Дальнейшие расчеты ведутся графическим методом, а значит, необходимо иметь график как можно большего масштаба.

2. При записи процесса на линию записи накладываются помехи, связанные с вибрацией кузова и с инерционными факторами, не влияющие на рассматриваемый процесс «разгон-накат», поэтому от них освобождаются и, по возможности, идеализируется вид будущего графика.

3. Для дальнейших расчетов применяют метод графического дифференцирования, требующий прямоугольных координат, в то время как на диаграммной ленте процесс записывается в криволинейных координатах.

При переносе графика «разгон-накат» на диаграмме (рис. 2) выбирают точки экстремума:

- начала движения (0);
- выключения 2-й передачи (A);
- включения 3-й передачи (B);
- выключения 3-й передачи (C);
- включения 4-й передачи (D);
- выключения 4-й передачи (E);

остановки (Q). Если автомобиль трогается с первой передачи, на диаграмме появляются точки выключения первой и включения второй передач.

На кривых района на каждой из передач выбирают еще по три промежуточных точки, а на кривой выбега еще семь промежуточных точек. Таким образом, на кривой процесса «разгон-накат» выбирают 23 точки и определяют координаты выбранных точек в делениях диаграммы (табл. II).

Таблица 1

Сводная таблица координат точек при обработке диаграммы

Номер точкм	Время			Скорое в м/с
	Координаты точек			
	в делениях диаграммы	В секундах.	в делениях диаграммы	
1	0	0	0	0
2				
3				
23				

Зная масштабы записи по времени и по скорости, полученные координаты переводят в секунды (время) и м/с (скорость автомобиля), результаты сводят в табл. I.

По максимальным значениям времени и скорости автомобиля выбирают масштабы будущего графика, учитывая необходимость как можно большего увеличения. На ОСИ наносят шкалы в выбранных масштабах единиц измерений, а на поле графика наносят точки по этим

шкалам (из табл.1). Полученные точки соединяют плавной кривой (см. рис. 3).

Для построения графика силового баланса необходимо определить все составляющие этого баланса (формула {1 >}).

$$P_k = K v^4 + F + M t - j S, \quad (10)$$

Формула (10) содержит три неизвестных: P_k , v и eP , а так как одно уравнение с тремя неизвестными не решается» определяются условия движения автомобиля, когда два неизвестных па этого уравнения равны нулю.

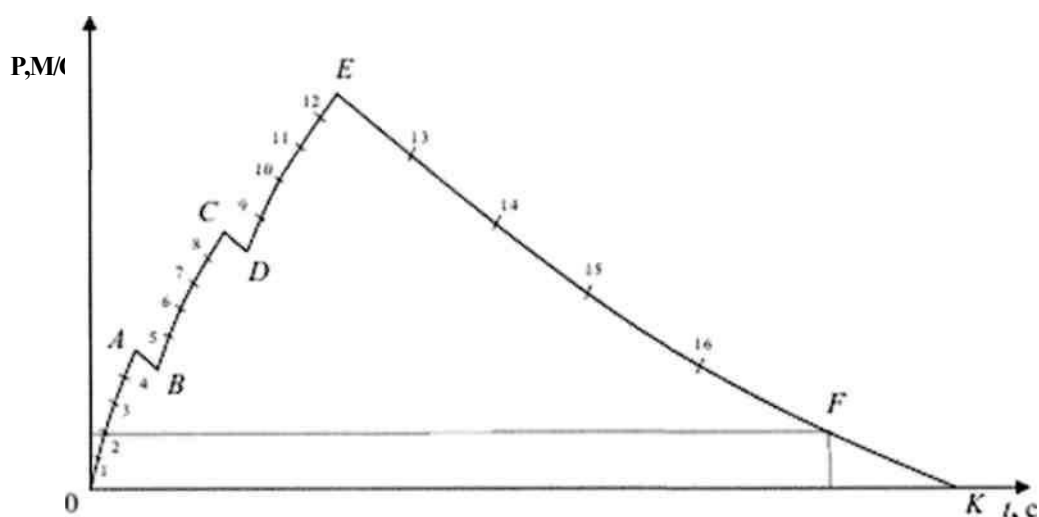


Рис. 3. Исходный «график «рагтой-накат»

УГ

При движении накатом $P_k \neq 0$ [формула (9)]. В этом случае в уравнении будет только два неизвестных: v и P_k .

Экспериментами установлено, что при движении автомобиля со скоростью менее 4 м/с сопротивление воздуха мало по сравнению с остальными силами, действующими на автомобиль. Поэтому силовое сопротивление $P_{\text{в}}$, в расчетах можно пренебречь и уравнение силового баланса (9) приобретет вид

$$P_j = P_{\text{в}}. \quad (11)$$

Раскрывая это уравнение, получают

:

$$M_{ej} \gg Q_g - y. \quad (12)$$

В этом уравнения одно неизвестное y :

$$p - (U_e - J - S) / G_m \sim (J - S) / g. \quad (13)$$

Это уравнение применимо только для режима движения накатом при скорости движения менее 4 м/с (участок FK , на рис. 3). Замедление на этом участке определяют по формуле

$$j \approx dV / At, \quad (14)$$

где ΔV — изменение скорости на участке FAT , м/с; Δt — изменение времени на участке $Ж$ с. Рассчитанное значение y сравнивают со справочными данными

$\alpha_{ж}$ для асфальтобетонного покрытия. Если полученное значение находится в пределах (1Д...0.8) w_{mr} , то это значение принимают для дальнейших расчетов, иначе принимают значение w_{mr} . Затем

приступают к решению уравнения (*), в котором неизвестным остается только KP .

$$M_{л} \gg G \gg y + xF \cdot F^2; \quad (13)$$

$$KF = (Mmj \cdot 5 - G^* > W) / P^2 \cdot \quad (14)$$

Уравнение (16) есть уравнение силового баланса для режима наката (участок EF на рис. 3). На этом участке замедление ($j = u \ddot{x} / At$) — величина переменная, поэтому для ее нахождения прибегают к методу графического дифференцирования. Участок EF разбивают на 5 приблизительно равных Δt резкое и для каждого из них вычисляют KF .

Скорость автомобиля V на отрезке принимают как среднюю (находят на графике), м/с:

где V_0 и V_K — скорость в начале и конце рассматриваемого отрезка соответственно, м/с.

Результаты заносят в табл. 2.

Затем полученные значения фактора обтекаемости усредняют:

ML-I«F/5. (18)

Для проверки правильности полученных результатов сверяют ($ttF \setminus .n$ с результатами, рассчитанными на основании данных справочника (1) (*P\щндюч«^гА^е значения коэффициента обтекаемости даны отдельно от площади лобового сопротивления.

Величину площади лобового сопротивления рассчитывают по следующим формулам:

для легковых автомобилей

$$F \ll 0,78 \blacksquare BH; \tag{19}$$

для грузовых автомобилей и автобусов

$$P\щ B_{\щ} H_1 \tag{20}$$

где Д ширина автомобиля, м; // высота автомобиля, м; #,, ширина колен перелных колес, м.

Таблица 2

Расчетная таблица фактора обтекаемости

Участок	V	V	AV	* ^г	t	Д*	/	;	1/2	к-Р
К-1										
1-2										
2-3										
3-4					1					
4-f-:					1			, ,		

Если значения ($\{xF\}$), полученные в результате обработки графика «разгон-накат», отличаются от ($кР \setminus \text{ПГГЛГТ}$ более чем на $\pm 20\%$, то-дая дальнейших расчетов принимают величину ($кF\}_{m\setminus \text{шмч}} \bullet$

На основании полученных значений коэффициента сопротивления дороги щ и фактора обтекаемости для автомобиля-лаборатории $кР$ можно рассчитывать все силы сопротивления автомобиля-лаборатории для различных условия движения.

Согласно закону Ньютона (Всякому действию есть равное, ио противоположно направленное противодействие), по сумме сил

Строить график силового баланса на базе полученных значений $P_{ц}$ и $V_{(p)}$ нерационально, т.к. имеет место большой разброс результатов. С этой целью просчитывают скоростную характеристику двигателя $M_{ff} \wedge f(\omega_e)$ (рис. 4), на которой вычисленные значения M_e интерполируются.

Масштаб выбирают из условия полного заполнения листа. Но оси абсцисс располагают $\Phi_{ш}$ (от 0 до $A_{ц}^{\wedge}$). Значение $J_{ш,л}$ принимают из справочника (I). По построенным шкалам наносят на рабочее поле графика 15 точек из табл. 3, которые затем соединяют тонкими линиями последовательно по мере увеличения значений $\Phi_{л}$ (см. рис. 4).

Минимальную угловую скорость коленчатого вала двигателя принимают равной $n_{4,мин} \sim 0,2 \llcorner \omega_{жн4}$. На графике наносят штриховыми линиями эти значения и между ними проводят результирующую кривую M_f (интерполируют).

Интерполяцию проводят по закону изменения $B_{ш}$ для двигателей внутреннего сгорания и учитывают! усредненность ее положения, т.е. суммы площадей между кривой $M_{ш}$ и ломаной сверху и снизу должны быть приблизительно одинаковы.

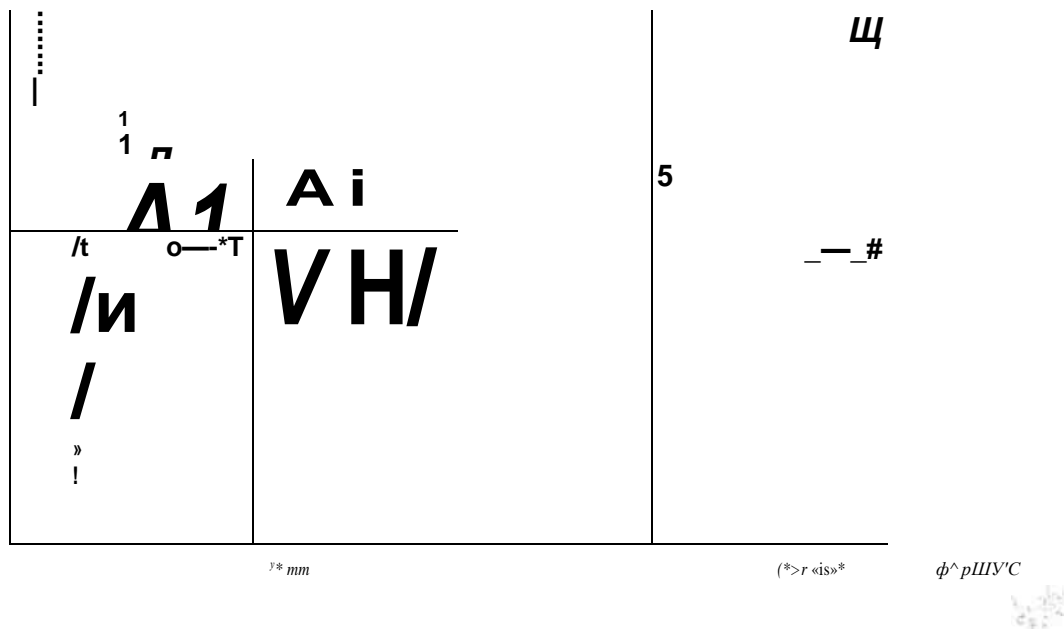


Рис. 4. Скоростная характеристика двигателя

Для дальнейших расчетов полученная кривая M^{\wedge} считается за скоростную характеристику двигателя в процессе разгона автомобиля на

всех передачах и принимается за основу при построении силового баланса автомобиля.

Выбирают 5 скорректированных значений крутящего момента двигателя на скоростной характеристике, включая точки (!)*#*£ при ω_0 , ,

0)MT и (5)A/*: при л, . Остальные две точки выбирают

произвольно. Рассчитывают значения сил /^(A-) из формулы (21) и скорость автомобиля 1^(Kф) из формулы (22) для всех передач автомобиля, на которых производились испытания. Расчеты производят, записывая промежуточные значения в табл. 4.

Таблица 4

Таблица шассиин окврмпшммй характеристик двигателя

Номер точки	Номер передачи	M?	&?	W	#>f	г**
1	2					
2	2					
3	2				
4	. 2 ..	I				
5	2					;
S	3					I
...						
5	4					

По ион ученным в табл. 4 данным строят три кривых $P_k = /(\mathcal{V}_a)$ на 2-й, 3-й и 4-й передачах (рис. 5).

Затем на график наносят кривые зависимостей $/* = /(\mathcal{Y}_\#)$ (формула 2)(учитывая принятое допущение, что $P_\# = \text{const}$) и $P_\# + P_M, - f(\mathcal{V}_0)$.

Зависимость $P_m m f(\mathcal{V}_0)$ (формула 4) рассчитывается по формуле для тех же значений $V_m\%$ что и для $P_\# - /0 \ll$)

Полученный график является силовым балансом автомобиля, полученным на основании эксперимента «разгон-накат».

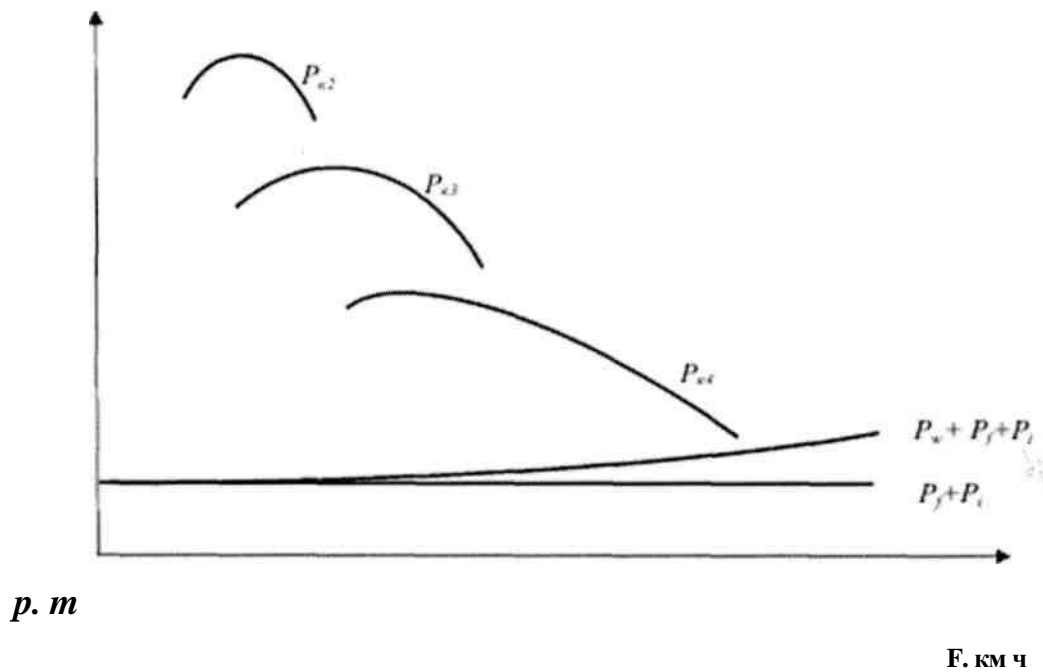


Рис. 5. Силовое сопротивление автомобиля

Порядок выполнения работы

1. Получить графическую диаграмму (см. рис. 2) результатов испытаний у преподавателя.
2. Определить масштабы записи прибора по времени и скорости.
3. Перенести графическую диаграмму $V = f(t)$ на лист миллиметровки (А3) горизонтального расположения (см. рис. 3), используя данные табл. 1.
4. Определить экспериментальное значение коэффициента дорожного сопротивления μ по формуле (13) и сравнить со справочным, $\mu_{сп}$.
5. Рассчитать значение фактора обтекаемости KF по формуле (16) и проверить правильность полученных результатов. Данные расчета свести в табл. 2.
6. Вычислить значения сил сопротивления движению автомобиля P_m , $P_{с+P_f+P_i}$ и P_{f+P_i} .
7. Определить значения силы тяги на ведущих колесах P_m (Г), а также соответствующие им крутящий момент двигателя M (21) и угловую скорость коленчатого вала двигателя ω (22) на режимах разгона автомобиля (15 значений). Полученные значения свести в табл. 3.

8. По данным табл. 3 на формате миллиметровки (А3) вертикального расположения построить скоростную характеристику двигателя $M_{ш} \text{ ■ } D_{< \gg \#}$ (см. рис. 4).

9. Выполнить интерполяцию кривой M , и рассчитать

скорректированные значения $J^{8 \wedge *}$ и $K_{ш}^{* \%}$ выразив их из формул (2.1) и (22) соответственно и занести данные в табл. 4.

10. По полученным значениям (см. табл. 4) на миллиметровке формата (А3) вертикального расположения построить график $P = f(V)$ силового баланса автомобиля (см. рис. 5),

Контрольные вопросы

1. Какие методы определения масштаба записи прибора применяются при выполнении эксперимента?

2. Написать уравнение силового баланса для различных участков графика $V = f(t)$.

3. Почему уравнение силового баланса на последнем участке графика $V_{ш} f(t)$ имеет вид $P_v \text{ ■ } P_j$?

4. Для каких условий движения возможно применение формулы (13)?

5. Распишите, из чего состоят и как находятся силы, действующие на автомобиль при движении.

6. Как выглядит уравнение силового баланса на участке $ШК$ (рис.3)?

7. Какова величина коэффициента β при накате и почему?

8. Какой метод принимается в данном расчете для решения уравнения с тремя неизвестными?

9. В каком случае силы P_i и P , будут иметь величины со знаком (+), а в каком со знаком (-)?

10. Объясните, почему на графике $M_a = f(\omega)$ получается разброс точек?

11. В чем необходимость деления отрезка кривой наката или разгона на передаче на несколько частей?

12. Почему некоторые точки графика $i_{ш} = f(\omega)$ выходят за пределы табличных значений $i_{ш}$, n и ω ?

13. Покажите на графике рис. 5 составляющие силового баланса при определенной скорости автомобиля.

14. Какие задачи можно решить с помощью графика $P = f(K)$?

15. Чем характеризуется точка пересечения кривых $P_{кж}$ и $P_w + P_{\text{в}}!$

16. Почему сила $P_{\text{в}}$, мало зависит от скорости движения, а сила $P_{ш}$ резко изменяет свое значение?

17. По графику $P = \square / (\text{л})$ определите, в каком диапазоне скоростей может двигаться автомобиль на 1-й, 2-й, 3-й или 4-й передачах.

18. На что расходуется сила P и как ее величина рассчитывается \square дайной работе?

19. Каким фактором ограничивается скорость автомобиля в вашем расчете?

20. Внести изменения \square график силового баланса при изменении условий движения: дорога пошла \gg гору $\alpha = 0,03$; дорога пошла под гору $\alpha = -0,03$; подул встречный ветер со скоростью $V = 15 \text{ м/с}$; подул попутный ветер со скоростью $V \sim 15 \text{ м/с}$.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № УСТОЙЧИВОСТЬ АВТОМОБИЛЯ

Цель работы исследовать устойчивость движения автомобиля.

Используемое оборудование: макет автомобиля БелАЗ, поверхность с переменным поперечным уклоном, измерительный инструмент.

Основные положения

При потере поперечной устойчивости автомобиль начинает либо скользить по дороге, либо опрокидывается. Потеря поперечной устойчивости является следствием действия на автомобиль боковой силы, которая может быть результатом возникновения центробежной силы при повороте автомобиля, составляющей силы тяжести при движении по кособоку, бокового ветра и т.н.

Движение по окружности на горизонтальной поверхности

Для определения боковой силы, вызывающей занос автомобиля, рассмотрим рис. 1. Принято допущение: шины автомобиля в поперечном направлении не деформируются.

Точка C — центр тяжести автомобиля;

точка O — центр поворота;

OC^m — расстояние от центра тяжести до центра поворота;

$OB^w R$ — радиус движения центра задней оси;

θ - угол между продольной осью автомобиля и направлением движения середины переднего моста (этот угол приблизительно равен полусумме поворота управляемых колес);

L - база автомобиля;

γ - угол между p и R .

При равномерном движении автомобиля по кругу с постоянным радиусом центробежная сила равна

$$F_{\text{ц}} = m \cdot \omega^2 \cdot R$$

где m - масса автомобиля, кг;

ω - угловая скорость автомобиля вокруг точки O , рад/с.

Вместе с тем

$$F_{\text{ц}} = m \cdot V^2 / R = p \cdot Y / \cos \gamma, \quad (2)$$

где V - мгновенная линейная скорость автомобиля, м/с

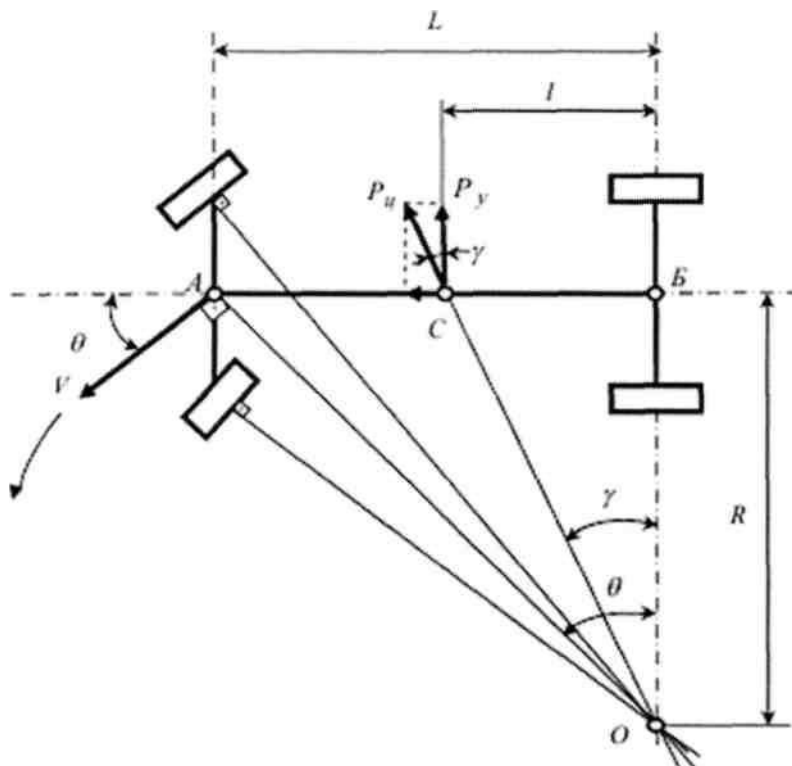


Рис. 1. Движение автомобиля на круге

После преобразования уравнения (I) с учетом выражений (2) получим

$$\frac{A}{\cos} \cdot V^2$$

Отсюда можно определить поперечную составляющую центробежной силы:

$$I \cdot P_{\cos} \cdot \sin M, V^2 / R. \quad (4)$$

Показателями поперечной устойчивости автомобиля являются максимально возможные скорости движения (критические скорости, рис. 2, **).

При движении по горизонтальному участку дороги с поворотом (см. рис. 2, а) под действием боковой силы автомобиль может либо опрокинуться относительно осн. проходящей через центры контактов шин наружных колес с дорогой, либо начать скользить (занос).

При опрокидывании уравнение моментов выглядит следующим образом:

$$R_m B - G_{it} \cdot Bn + P_y h_{fm} Q, \quad (5)$$

где B — колея автомобиля, м;

$\Sigma_{ш}$ — сумма нормальных реакций внутренних (по отношению к центру поворота) колес, И;

G_a — вес автомобиля, И;

h_{fm} — высота центра тяжести автомобиля, м,

В момент начала опрокидывания внутренние (по отношению к центру поворота) колеса автомобиля отрываются от дороги. В этом случае $R_m = 0$, тогда

$$P_y - h_{fm} z - C^{\wedge} - B/2. \quad (6)$$

Подставив вместо силы I^* ее значение m формулы (4), получим выражение для критической скорости по условиям опрокидывания:

$$| \quad \sin$$

где g — ускорение свободного падения, $g = 9,81 \text{ м/с}^2$.

Однако автомобиль проектируется таким образом, чтобы сила, его опрокидывающая, была больше силы, вызывающей занос. В таком случае боковая сила растет до тех пор, пока имеется возможность роста боковой реакции дороги из условий сцепления. При достижении боковой силой значения, равного максимальному из условий сцепления, начинается занос автомобиля» что обычно предотвращает его опрокидывание, т.е. критическая скорость начала заноса должна быть меньше скорости начала опрокидывания.

При заносе баланс сил

где μ_y - коэффициент поперечного сцепления шин с дорогой.

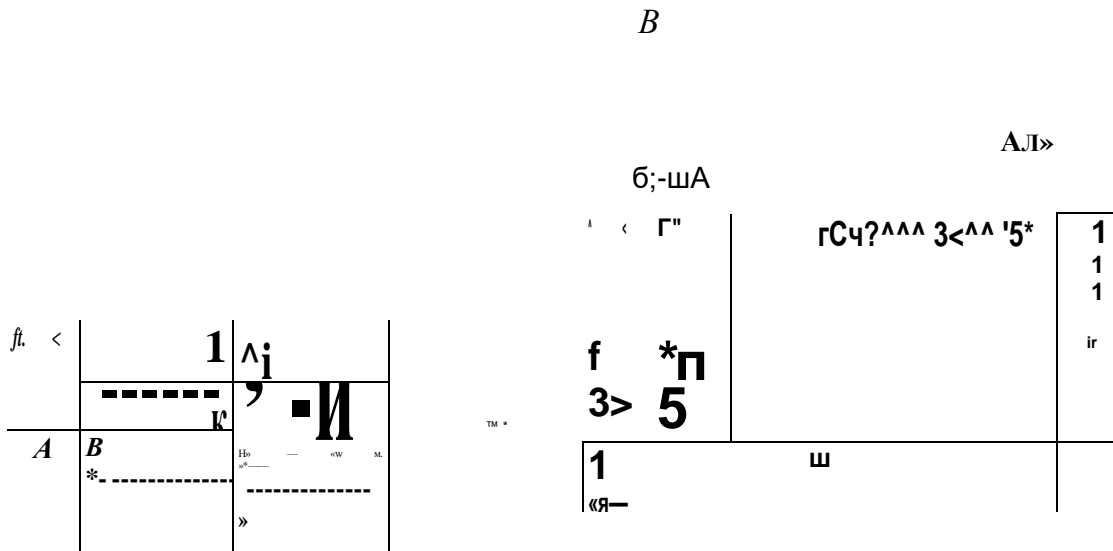


Рис. 2. Схема к расчету показателей поперечной устойчивости: а критических скоростей; б критических углов косогора

Известно, что коэффициент сцепления μ_y определяется как отношение максимально возможной касательной силы (в нашем случае боковой) к нормальной силе (на ровной дороге нормальная сила равна весу автомобиля, на косогоре лишь нормальной составляющей веса).

$$\mu_y \leq R_{zj}(G_a \cos \alpha).$$

Отсюда, учитывая выражение (4), получим критическую скорость при заносе автомобиля

$$v_{кр} = \sqrt{g \cdot h_m \cdot \tan \theta}$$

Движение по дороге с поперечным уклоном.

При движении автомобиля по дороге с поперечным уклоном потеря устойчивости возможна вследствие действия поперечной составляющей силы тяжести, равной $G_m \sin \theta$ (рис. 2. 6%)

При опрокидывании уравнение моментов относительно точки A запишем

$$R_{IH}B + G_a \cdot \sin \theta \cdot h_m - G_a \cos \theta \cdot B/2 = 0. \quad (10)$$

В момент начала опрокидывания наружные колеса отрываются от дороги, т.е. $R_M = 0$, тогда

Разделив левую и правую части уравнения (10) на $G_a \cos \theta$, после преобразования получим поперечный уклон косогора

Критический угол косогора при опрокидывании определится из уравнения (12):

$$\theta_{кр} = \arctg \left(\frac{B}{2h_m} \right). \quad (13)$$

Занос автомобиля на косогоре начнется при достижении боковыми реакциями максимальной силы сцепления;

$$G_e \sin \theta + R_{ue} \leq G_a \cos \theta - p. \quad (14)$$

Разделив (14) на $G_a \cos \theta$, получим поперечный уклон косогора

Отсюда критический угол косогора по условиям заноса

$$\varphi_{кр} = \arctg \frac{v_{з}}{v_{п}}, \quad (16)$$

В рассмотренных выше вариантах предполагается занос всего автомобиля, но обычно начинают скользить колеса одного из мостов. На рис. 3. а показан автомобиль, у которого передние колеса движутся поступательно со скоростью V_1 , а задние, кроме составляющей P_y , имеют еще скорость заноса V_2 . В результате задний мост перемещается со скоростью V_3 , что вызывает поворот автомобиля вокруг центра O , хотя передние колеса при этом находятся в нейтральном положении (не повернуты). Центр поворота находится на пересечении перпендикуляров к векторам с корост еи.

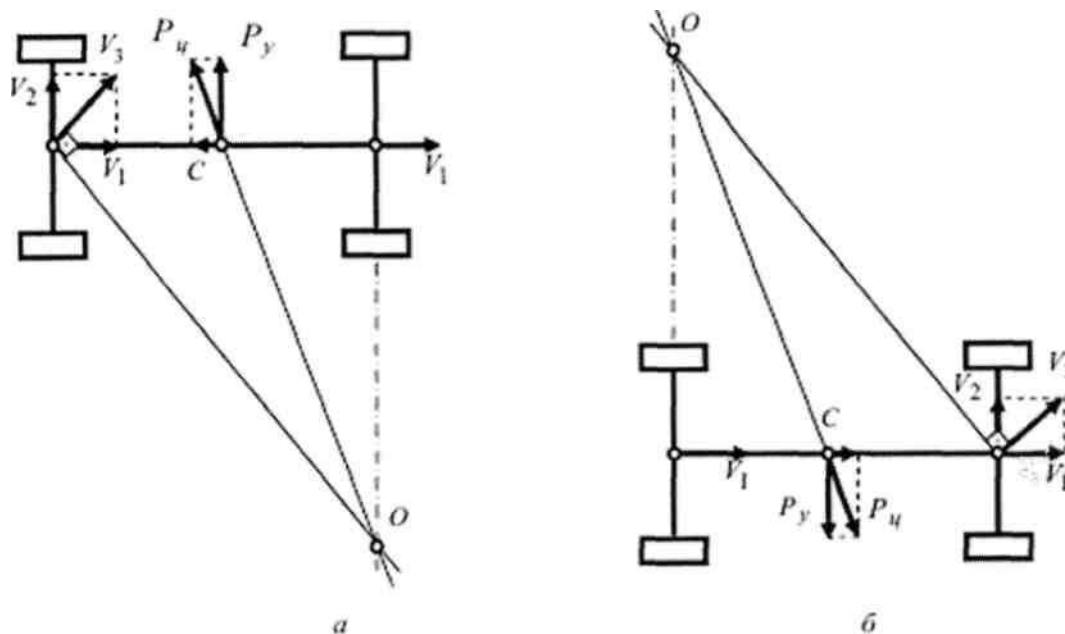


Рис. X Занос мостов автомобиля: а - заднего; б - переднего

Поперечная составляющая $P_{ц}^*$ возникающей при этом центробежной силы $P_{ц}$ действует в направлении скольжения - заднего моста, повышая скорость скольжения Γ . Это вызывает дальнейшее возрастание центробежной силы, в результате чего занос прогрессирует. Поэтому

опаснее занос заднего, а не переднего моста (рис. 3, о), при котором поперечная составляющая R_{\perp} силы L направлена в сторону,

противоположную скорости бокового скольжения V_2 , в результате чего скольжение передних колес автоматически прекращается и автомобиль не теряет устойчивости.

Порядок проведения работы

{.Определить коэффициент бокового сцепления колеса с дорогой μ , используя выражение (15), для чего;

L1. Поставить макет автомобиля БелАЗ на наклонную плоскость.

L2. Увеличить угол наклона плоскости θ до начала поперечного скольжения макета, зафиксировать в этот момент значения величин m и l (см. рис. 2. и) линейкой.

1.3. Определить $\mu = \frac{l}{m}$ по известным m и l ,

1.4. Повторить эксперимент трижды и подсчитать среднее арифметическое μ ,

2. Определить 2 значения высоты центра тяжести $h_{(m)}$ автомобиля

БелАЗ по макету с учетом различной загрузки во высоте. В данном случае допускается, что линейные и весовые параметры макета пропорциональны реальному автомобилю с коэффициентом пропорциональности $k' = 21,3$.

В нашем случае коэффициент K_{μ} был получен путем деления различных параметров реального автомобиля БелАЗ на те же параметры макета.

2.1. Поставить макет на наклонную плоскость.

2.2. Под колеса подложить упор, препятствующий боковому скольжению макета (можно линейку).

2.3. Увеличивая угол наклона θ плоскости, замерить катеты m и l (см. рис. 2, б) в момент начала опрокидывания (груз в кузове автомобиля находится в опущенном положении).

2.4. Подсчитать величину высоты центра тяжести макета A^* ,

используя уравнение (12).

2.5. Трижды повторить эксперимент и определить по средней

арифметической A^* величину центра тяжести реального автомобиля:

$h = l \cdot K_{\mu}$ 2.6. Поднять

груз и проделать работу по пунктам 2.1 – 2.5.

3. Проанализировать устойчивость движения автомобиля БелАЗ при повороте на горизонтальной поверхности и при движении по косогору, взяв за основу полученные при эксперименте значения коэффициента бокового сцепления и значения высот центра тяжести (с учетом коэффициента пропорциональности).

3.1. Определить критическую скорость при опрокидывании $V_{кр}$ при

различных радиусах поворота и различном положении груза Л по уравнению (7). Внести данные в табл. 1 ($h_{цт}$ - высота центра тяжести при опущенном грузе, м; $h_{цтн}$ - высота центра тяжести при поднятом грузе, м; R - радиус поворота, м).

3.2. Определять критическую скорость при заносе по уравнению (9) при различных радиусах поворота для двух значений коэффициента μ : а) коэффициент бокового сцепления $\mu < \mu_{эксп}$, меньше определенного

экспериментально μ^* на 20%; б) $\mu > \mu_{эксп}$, больше экспериментального (μ_j , на 20%). Данные внести в табл. 1.

Таблица I

Сводная таблица критически! СКероерет

Критическая скорость при опрокидывании $V_{кр}$ и заносе V_z , м/с	Радиус поворота R, м					
	15	20	25	30	35	40
$h_{цт}$, м						
$h_{цтн}$, м						
$V_{кр}$, м/с						
μ , коэффициент бокового сцепления						
μ^* , экспериментальный коэффициент бокового сцепления						

Значения $V_{кр}$ и V_z в таблице проставить на основании расчета.

3.3. По данным таблицы построить на одном графике зависимости критических скоростей при опрокидывании $V_{кр}^* / (L \cdot g)$ и заносе $V_z^* / (L \cdot g)$ (рис. 4).

Км/С 4

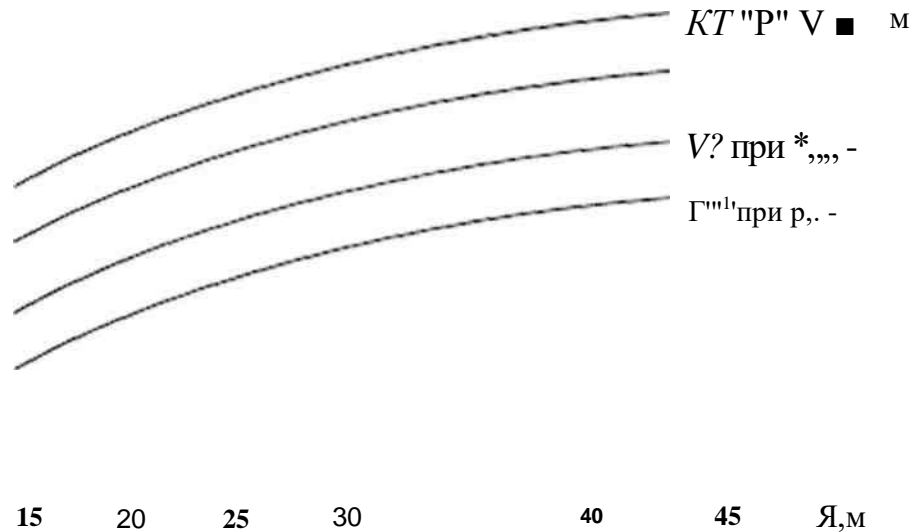


Рис. 4. Примерный вид кривых критических скоростей при опрокидывании и заносе в зависимости от R при различных значениях μ и ϕ

3.4. Используя график, провести анализ устойчивости движения автомобиля БЕЛАЗ на горизонтальной поверхности в двух случаях движения (значения величин h_{cm} и $\langle p \rangle$ выбрать произвольно):

а) радиус поворота R постоянный, скорость автомобиля в ходе эксперимента увеличивается от 0 до критической по устойчивости;

б) линейная скорость автомобиля постоянна, радиус поворота R в ходе эксперимента уменьшается от бесконечности до величины, при которой происходит потеря поперечной устойчивости.

При выполнении пункта 3.4 необходимо выбрать произвольно один из двух случаев движения, после чего провести анализ.

3.5. Определить поперечный уклон косогора $tg\beta_0$ (для k_m и $L_{як}$) и $tg\beta_0$ (для $\mu = 0,8$ и ϕ и $\sqrt{2} < P1$), используя уравнения (12) и (15).

Контрольные вопросы

1. Провести анализ устойчивости по п. 3.4 (величины h_{cm} и $\langle p \rangle$, взять по заданию преподавателя).

2. Как влияют на поперечную устойчивость параметры k_{cm} , $\langle p \rangle$. В7

3. Порядок проведения работы по определению h_{cm} и $\langle p \rangle$. 4. Определить β_0 , при котором возможно опрокидывание автомобиля на косогоре без поперечного скольжения, если известны B и h

Ф«'

5. Определить $\langle \cdot, \cdot \rangle$, при котором возможно опрокидывание, а не занос автомобиля на повороте при движении по горизонтальной плоскости, если известны V и h_m .

6. Вывести зависимость V ? $\square \wedge I, B_{цм}$.

9. Вывести зависимость $F \cdot f' \square j \{ R, (p_y), 10$.

Вывести зависимость $(\mathcal{A}_4 - f \{ B, \mathcal{L}_m), 11$.

Вывести зависимость $f \dot{\varphi}^m / \{ \phi_y$.

12, Определить h_m , при которой возможно опрокидывание, а не занос автомобиля при известных $\langle p \rangle$, и i_f на косогоре.

13, Определить $I_{цм}$, при которой возможно опрокидывание, а не занос на повороте по горизонтальной плоскости, если известны f и B .

14, Доказать, что наиболее опасен занос задней оси, а не передней.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА N«1 ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА УЧЕТА ВРАЩАЮЩИХСЯ МАСС

Цель работы изучить методику определения коэффициента учета вращающихся масс и оценить влияние этого коэффициента на интенсивность разгона автомобиля.

Общие положения

При разгоне автомобиля двигатель преодолевает сопротивление инерции поступательно движущейся массы автомобиля и сопротивление инерции вращающихся масс.

Мерой инертности для поступательно движущихся предметов является их масса M , а для вращающихся деталей их момент инерции J .

Сила сопротивления инерции поступательно движущихся объектов определяется;

$$P_{\text{ин}} = Mj_t \quad (1)$$

где M — масса объекта, кг;

j_t — линейное ускорение объекта, м/с². Сила сопротивления инерции вращающихся объектов определяется:

$$P_{ж} - (/\ll)/Г, \quad (2)$$

где J — момент инерции вращающихся масс, кгм²; /; ■

угловое ускорение этих масс, рад/с*";

z — радиус, на котором действует сила сопротивления этих масс, м.

Суммарная сила сопротивления инерции вращающихся масс автомобиля $P_в$ рассчитывается как сумма инерционности деталей двигателя $P_{т.ф\%}$ и деталей колес P_t . Моменту инерции деталей трансмиссии (шестерни

коробки передач, раздаточной коробки, редуктора главной передачи, карданные валы, полуоси и др.) ввиду их малых радиусов и сравнительно низких угловых ускорений при ориентировочных расчетах не учитываются,

$$'ш \quad 'eS \cdot m^* \quad v''/$$

Общая сила сопротивления инерции автомобиля (как и вес силы

силового баланса) приложена к ведущему колесу автомобиля. Поэтому силу сопротивления инерции вращающихся масс также необходимо привести к ведущим колесам. Для деталей двигателя приведенная сила сопротивления инерции $P\#$ находится следующим образом:

где U_4 — суммарный момент инерции вращающихся масс деталей двигателя, кгм²;

$\epsilon\phi\sim$ — угловое ускорение деталей двигателя, рад/с ; $'тp$ — передаточное число трансмиссии; $Чц$ — коэффициент полетного действия трансмиссии; z_k — радиус качения колеса, м. Для деталей, относящихся к колесам (шины, обода, тормозные барабаны), приведенная сила сопротивления инерции \wedge определяется:

где U_k — суммарный момент инерции вращающихся масс деталей колес, кгм²;

$бя$ — угловое ускорение деталей колес автомобиля, рад/с*.

Учитывая, что

$$F_{\text{ин}} = m_{\text{ин}} \cdot a_{\text{в}} \quad (10)$$

где $a_{\text{в}}$ - линейное ускорение автомобиля, м/с².

Силы сопротивления и инерции деталей двигателя $P_{\text{д}}$ и деталей колес $P_{\text{к}}$ могут быть преобразованы следующим образом:

"

Суммарная сила сопротивления инерции вращающихся масс автомобиля $F_{\text{ин}}$ определяется по формуле

$$F_{\text{ин}} = \sum m_{\text{ин}} \cdot a_{\text{в}} \quad (11)$$

$$F_{\text{ин}} = \sum m_{\text{ин}} \cdot a_{\text{в}} \quad (11)$$

Пг

Суммарная сила сопротивления инерции всего автомобиля будет равна

где $F_{\text{ин}}$ - сила сопротивления инерции линейно движущихся масс автомобиля, кг·м/с²,

$$F_{\text{ин}} = \sum m_{\text{ин}} \cdot a_{\text{в}} \quad (13)$$

где $A_{\text{в}}$ - масса автомобиля, кг.

$$F_{\text{ин}} = \sum m_{\text{ин}} \cdot a_{\text{в}} + \dots \quad (14)$$

$$F_{\text{ин}} = \sum m_{\text{ин}} \cdot a_{\text{в}} + \dots$$

или

!:-

Выражение в скобках «оказывает, насколько общая приведенная масса автомобиля превышает действительную массу M_a автомобиля, и называется коэффициентом учета вращающихся масс S ,

$$S = 1 + \frac{I_{\Sigma} \cdot j^2}{M_a \cdot r^2}$$

(16)

Тогда

$$F_j = M_e \cdot j \cdot S \quad (17)$$

Коэффициент S отражает влияние, оказываемое на инерционный

процесс неравномерно-поступательного движения автомобиля ее вращающимися массами.

Введением коэффициента S вращающиеся массы автомобиля условно приводятся к дополнительной поступательно движущейся массе, поэтому коэффициент S называется также коэффициентом условного увеличения массы автомобиля. Он показывает, во сколько раз сила, необходимая для разгона с заданным ускорением j поступательно движущихся и

вращающихся масс автомобиля, больше силы, необходимой для разгона только его поступательно движущихся масс.

Величина коэффициента S зависит от величины моментов инерции вращающихся масс, передаточного числа и КПД трансмиссии, от веса автомобиля и радиуса качения колес. Особо значительное влияние на величину коэффициента S оказывает передаточное отношение трансмиссии, поскольку в выражении для определения S оно входит в квадрате. Существенно возрастает значение S с увеличением размеров применяемых шин и повышением в результате этого их моментов инерции. В особенности это касается автомобилей высокой проходимости, на которых устанавливаются шины большого диаметра и широкого профиля.

Поскольку инерционный момент вращающихся масс двигателя, приведенный к ведущим колесам, определяется через передаточное число трансмиссии, общая приведенная масса автомобиля на низших передачах в

$M >$

коробке передач получается значительной. Затраты энергии на раскручивание масс двигателя приводят к тому, что подведенный к ведущим колесам крутящий момент при разгоне снижается по сравнению с установившимся режимом настолько, что ускорение на первой передаче у большегрузных автомобилей часто получается меньшим, чем на второй передаче.

Коэффициент учета вращающихся масс при разгоне на высших передачах обычно не превышает значений 1,06...1,10. На низших же передачах он возрастает у легковых автомобилей до 1,2...1,4, а для грузовых до 1,7...3,0. Минимальное значение коэффициента учета вращающихся масс соответствует режиму движения автомобиля накатом (выбег), когда двигатель отсоединен от трансмиссии:

$$k = \frac{M_a + \sum M_i}{M_a} \quad \text{от}$$

Для расчета значения коэффициента учета вращающихся масс необходимо определить моменты инерции вращающихся масс двигателя и колес. Для определения моментов инерции вращающихся деталей сложной формы часто используют экспериментальные методы. Это методы физического маятника, крутильных колебаний, колебаний на нитяных подвесах, прокручивания с постоянным ускорением, двойного выбега и др. Наиболее простым является метод колебания на подвесе из трех нитей (рис. 1).

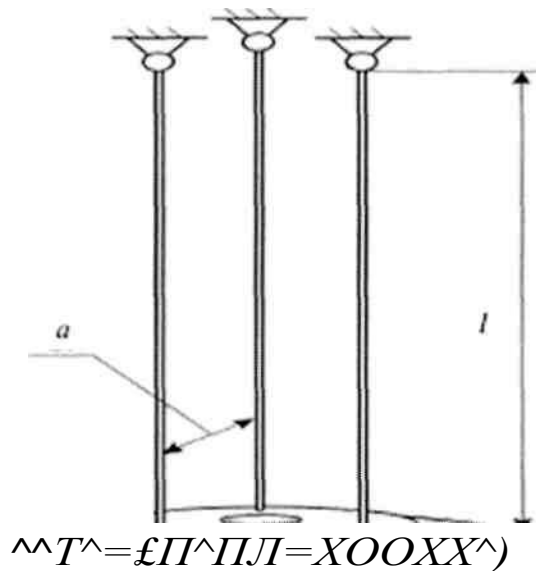


Рис. 1. Метод определения момента инерции

Момент инерции находят по формуле

где a – расстояние между нитями, $l \ll 0,16$ м; T – период одного колебания, с; M – масса детали, кг; l – длина нитей. $l = 2,1$ м. Таким методом определяю! моменты инерции маховика, колеса в сборе с шиной, ступицы, тормозного барабана и других деталей.

Определение же момента инерции всех подвижных масс двигателя, приведенных к оси коленчатого вала, является сложной задачей, для решения которой проводят специальные испытания.

Установлено, что моменты инерции вращающихся масс двигателей легковых автомобилей обычно находятся в пределах $0,2 \dots 0,5$ кгм². а двигателей грузовых автомобилей составляют $0,4 \dots 5,0$ кг²и. По полученным данным общий момент инерции J , у многих двигателей

примерно в 2,5 раза превышает момент инерции маховика. Поэтому в лабораторной работе рекомендуется определять суммарный момент инерции вращающихся масс двигателя по экспериментально полученному моменту инерции маховика.

Моменты инерции связанных с колесами деталей $J_{\text{л}}$, (ступиц, тормозных барабанов и др.) составляют примерно 10 % от моментов инерции колес в сборе с пневматическими шинами.

Порядок выполнения работы 1.8 соответствует с полученным вариантом задания (см. табл. I) закрепить маховик на подвесе.

2. Повернуть маховик на $45-60^\circ$ относительно оси вращения и отпустить!, для свободных колебаний.

3. Замерить секундомером время десяти полных колебаний и определить период T одного колебания.

4. Определить массу M маховика на рычажных весах.

5. Результаты замеров занести в отчет и определить момент инерции маховика по формуле (19).

6. Выписать из табл. I исходные данные для расчетного варианта и подсчитать значения коэффициента учета вращающихся масс для условий рая она на всех передачах по формуле (16), а также при движении автомобиля накатом. Расчеты выполнить для полной M_0 и собственной $J_{\text{л}}$ масс АТС.

Карпаты МДаннйДЛй tit..... мнения расчетов

на	Модель АТС	Масса колеса, кг 14	Радиус качения колеса, м 0.28	Момент инерции колеса, юш ¹ 0.68
[ВАЗ-2101			
2	ВАЗ-2106	14	0.28	0.68
3	ВАЗ-2107	15	0.28	0.77
4	«Моонч-2140»	15	0.28	0.7?
5	ГАЗ-24	20	0.31	1.22
6	ГАЗ-3302	21	0.30	1.31
1	КАВЗ-6S5	84	0.53	10.25
7	ПАЗ-672	К6	0.5	10.65 ?
9	ГЛЗ-53Л	84	0.46	10.25
К»	ЗИЛ-130-76	95	0.49	12.43
11	КамАЗ-5320	80	0.5	9.46
12	ЮшАЗ-53212	80	0.5	9.46
13	МЛЗ-5335	120	0.54	17.38
14	МЛЗ-53352	120	0.54	17.38
15	КрЛ 1-25761	138		0.54

Значения μ_m КПД трансмиссии для грузовых автомобилей

рекомендуется принимать равным 0,85, а для легковых автомобилей равным 0,9.

7. С использованием полученных данных коэффициента учета вращающихся масс подсчитать значения максимального ускорения груженого и снаряженного АТС на всех передачах по формуле

$$a_{\text{вид}} = \frac{M_{\text{т}} \cdot \mu_m}{M_{\text{а}} + r_k}$$

8. Результаты расчетов свести в табл. 2 и построить графики зависимостей $a_{\text{вид}}(t_M)$ и $\mu_m(\omega)$ для груженого и снаряженного АТС.

9. Найти значения передаточного числа первой передачи по условию получения максимального ускорения.

Таблица 2

		Результаты расчета			
Режим движения АТС	Передающее число коробки передач i_k	коэффициент учета вращающихся масс S		Максимальное АТС $j_{m,AX}$, м/с*	
		полная M ,	собственная L ,	полная M ,	собственная
Район	4-й	_____		_____	

Примерный вид графических зависимостей показан на рис. 2.



**

Рис. 2. Влияние передаточного числа коробки передач: а - на величину коэффициента учета вращающихся масс; б - на максимальное ускорение в разгоне ДМ груженой (П) и снаряженной АТС (2)

В отчет по лабораторной работе внести расчетные формулы, результаты измерений и расчетов, полученные графические зависимости с заключением и выводами по ним.

Контрольные вопросы

1. Чем приведенная масса отличается от действительной массы автомобиля?

2. Почему инерционные массы двигателя при относительно малой величине оказывают решающее влияние на значение приведенной массы и ускорение разгона?

3. Какое влияние на ускорение автомобиля оказывает уменьшение радиуса качения ведущих колес?

4. Какое влияние на ускорение автомобиля может оказать замена карбюратора двигателя на дизельный, аналогичный по мощности?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №4 ПОСТРОЕНИЕ ВНЕШНЕЙ СКОРОСТНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДВИГАТЕЛЯ И ДОРОЖНО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ АВТОМОБИЛЯ

Цель работы ■ - приобретение практических навыков графического построения характеристик.

Основные положения

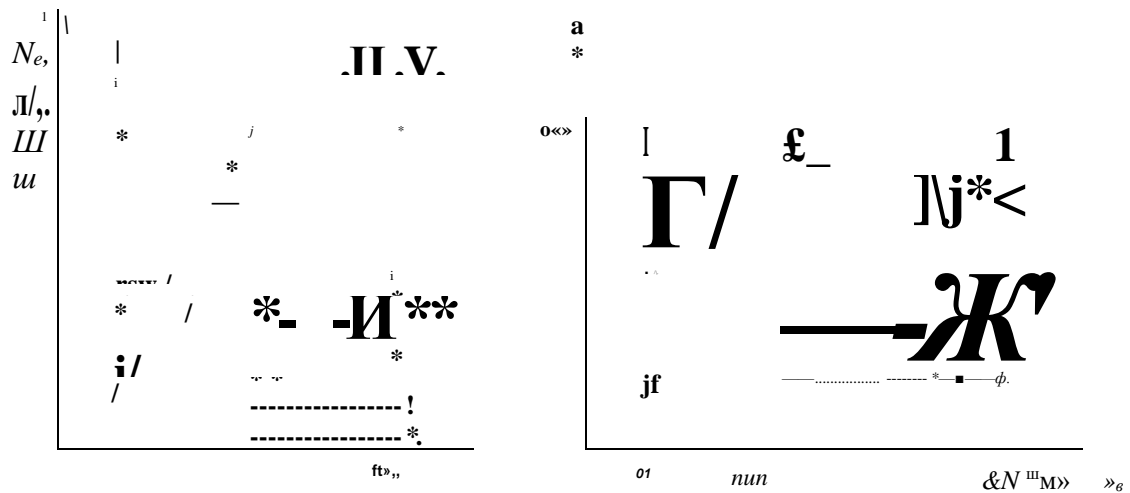
При движении автомобиля на него действуют силы и моменты, которые можно разделить на силы и моменты, движущие автомобиль, и на силы и моменты, оказывающие сопротивление движению.

Основной движущей силой является касательная реакция дороги на ведущие колеса автомобиля, которая возникает в результате работы двигателя и обусловлена взаимодействием колеса с дорогой.

Величина мощности, развиваемая двигателем, может изменяться вследствие изменения количества и качества горючей смеси в цилиндрах, угловой скорости коленчатого вала и других причин.

В тяговой динамике мощность считают функцией только угловой скорости коленчатого вала. При таких условиях в основу расчета динамики автомобиля можно положить внешнюю скоростную характеристику двигателя.

Внешней скоростной характеристикой двигателя (ДВС) называют зависимость изменения эффективной мощности L^* , эффективного момента M_t и удельного расхода топлива $g_{\#}$ от угловой скорости коленчатого вала Φ_{ω} при полной загрузке двигателя (рис. 1).



Ряс Л. Внешняя скоростная характеристика двигателя:
 й - грузового автомобиля; о - легкового автомобиля

Снятие внешней скоростной характеристики двигателя проводится на основании стендовых испытаний, при которых двигатель, работающий с полностью открытой дроссельной заслонкой, нагружается определенным тормозным моментом $A_{\#ж}$, при этом фиксируется угловая скорость коленчатого вала M_{II} . При изменении тормозного момента на M_{m2} опять фиксируется угловая скорость коленчатого вала M_{II} .

Нагружение двигателя тормозным моментом на стенде осуществляется присоединением к нему тормозного механизма, которым может быть либо генератор электрического тока, замкнутый на электрическое сопротивление, требующее для вращения генератора большого крутящего момента, либо гидравлический тормоз (лопастное колесо, вращающееся в полости, заполненной жидкостью),

Изменение величины электрического сопротивления в первом случае и изменение уровня или вязкости жидкости во втором позволяют изменять величину тормозного момента, нагружающего двигатель.

Расчет скоростной характеристики ведется по следующей схеме:

$$M_{яx} = M_{II} \text{ и } M_{m2} = m M_{II},$$

где M_{II} и M_{III2} — крутящие моменты на коленчатом валу, Н*м.

где N_{ei} и i_{Σ} , мощности двигателя при соответствующих угловых скоростях коленчатого вала ω , Ω и крутящих моментов M_d и $M_{\#2}$

-

Построение внешней скоростной характеристики

Сущее γ вует эмнрическая зависимость эффективной мощности двигателя N_e от угловой скорости коленчатого вала ω , дающая неплохое совпадение с экспериментом:

где N_f - текущее значение мощности, кВт. при m_t , рад/с; A_L , максимальное значение мощности двигателя, кВт:

Φ_n - угловая скорость коленчатого вала при N_t рад/с;

a и b коэффициенты, учитывающие конструктивные особенности двигателя.

$a = 0,8$; $b = 1,13$; $c = 1$ - для карбюраторного двигателя;

$a = 0,44$; $b = 1,56$; $c = 1$ - для двухтактных дизельных двигателей;

$a = 0,44$; $b = 1,56$; $c = 1$ для четырехтактных дизельных двигателей.

Полученные при стендовых испытаниях значения i_{Σ}, N_e, ω подставляют в формулу (1) и получают систему из двух уравнений с двумя неизвестными N_e и ω :

$$N_e = A_L \left(\frac{\omega}{\omega_n} \right)^a + b \left(\frac{\omega}{\omega_n} \right)^c - c$$

$$N_e = P \left(\frac{\omega}{\omega_n} \right)^h + h \left(\frac{\omega}{\omega_n} \right)^2 + f \left(\frac{\omega}{\omega_n} \right)^k + v f J$$

Решая эту систему, находят максимальное значение мощности $N_{e_{max}}$ и соответствующее значение угловой скорости коленчатого вала ω_n для данного двигателя.

Для построения скоростной характеристики двигателя задаются несколькими определенными значениями m_t , вычисляют по формуле (1) соответствующие значения N_e и строят зависимость $M_g - f(\omega)$.

Рекомендуется выбирать следующие значения ω_n :

$\omega_n = m_t \cdot \omega_{н\max}$

$m_t = 0,5$ для двигателей грузовых автомобилей;

$m_t = 1$ для двигателей легковых автомобилей.

В промежутках между $\Phi_{m\lambda}$ и $\theta_{m\lambda}$ для двигателей грузовых автомобилей принимают еще 4 значения $\langle \rangle_{\#}$, а для двигателей легковых автомобилей принимают еще 5 значений (θ_e , включая $\&N$).

Полученная зависимость будет иметь следующий вид (см. рис, I).

Затем рассчитывают значения крутящего момента на коленчатом- «аду двигателя M_e для выбранных значений a »_г:

$$B\lambda \quad \text{и} \quad \Pi\phi_{\lambda} \quad (2)$$

и строят соответствующую зависимость $M_e \blacksquare / \Pi\phi_e$ на том же графике (см. рис.1).

Как правило, на скоростной характеристике двигателя наносят также кривую удельного расхода топлива $\#$, (г/кВт-ч).

Расчет значений этой величины проводится следующим образом:

Где M_m - удельный расход топлива при t_{it} , г/кВт-ч, $\&L \sim 320 \text{ г/кВт} \cdot \langle \rangle_{\#}$;

для карбюраторных двигателей, $g_w \cdot 250 \text{ г/кВт} \cdot \langle \rangle_{\#}$ - для дизельных двигателей;

K_m - коэффициент, зависящий от угловой скорости двигателя m_{ω}

K_d - коэффициент, зависящий от используемой мощности.

$$/C = 1,27 - 0,94 \cdot (\omega; \langle \rangle_{\#}, v) + 0,67 \cdot (\omega; \langle \rangle_{\#}, v)^2. \quad (4)$$

где ω , $\langle \rangle_{\#}$, v - текущее значение угловой скорости коленчатого вала двигателя (рад/с);

$\langle \rangle_{\#}$ - угловая скорость коленчатого вала двигателя при максимальной мощности.

$$/C_v \text{ и } 2,57 - 4,1 \cdot p + 2,53 \cdot p^2 - \text{ для карбюраторных двигателей ;} \quad (5)$$

$$K \blacksquare \text{ и } 1,55 - 1,9 \cdot p + 1,34 \cdot p^2 - \text{ для дизельных двигателей,}$$

где p - степень использования мощности, т.е. отношение потребной для данных условий движения мощности к максимальной, которую способен выдать двигатель при полностью открытой дроссельной заслонке, но при той же угловой скорости коленчатого вала.

$$p \sim N_a J N_t$$

m

На скоростной характеристике двигателя, которая строится для полностью открытой дроссельной заслонки, наносится кривая удельного расхода топлива g'_t , т.е. удельный расход при полной загрузке двигателя $p \cdot m$, % значит, K_m и \.

Построение дорожной и часовой характеристики автомобиля

Для оценки расхода топлива при движении автомобиля применяют дорожно-экономическую характеристику, которая представляет собой зависимость дорожного расхода топлива Q_x (л/100 км-пробега) от скорости автомобиля в различных дорожных условиях (рис. 2).

Для построения этой характеристики пользуются уравнением

где g'_t - расход топлива при выбранных угловых скоростях двигателя Φ_d (см, рис. 1);

N_n - потребляемая мощность двигателя для работы в заданных условиях (дорожное сопротивление и сопротивление воздуха), кВт;

γ - плотность топлива, г/см³ $\rho=0,75$ - бензин, $\gamma = 0,83$ - дизельное топливо;

V_e - скорость автомобиля, м/с.

Потребляемую мощность рассчитывают по формуле

$$N_{\text{н}} = (N_v + N_{\text{в}}) / \eta_{\text{т}} \quad (8)$$

где $N_{\text{в}}$ - мощность, затрачиваемая автомобилем на преодоление дорожных условий, кВт;

N_v - мощность, затрачиваемая на преодоление сопротивления воздуха, кВт;

$\eta_{\text{т}}$ - коэффициент полезного действия трансмиссии автомобиля.
 $\eta_{\text{т}} \approx 0,85-0,9$ - одинарная главная передача, $\eta_{\text{т}} \approx 0,8-0,85$ - двойная главная передача.

Значения затрат мощности па преодоление дорожного сопротивления N_w находят по формуле

$$N_w = G_a \cdot \psi \cdot U_d \quad (9)$$

где G_a - полный вес автомобиля, Н;

ψ - коэффициент сопротивления дороги;

U_d - скорость автомобиля, м/с.

Величина коэффициента сопротивления дороги рассчитывается по формуле

$$\psi = \frac{G}{4}, \quad (10)$$

где G - коэффициент сопротивления качения;

α - уклон дороги в долях ($\alpha = \tan a$, где a - уклон дороги в градусах).

Значение G находят по справочнику [1].

Q .

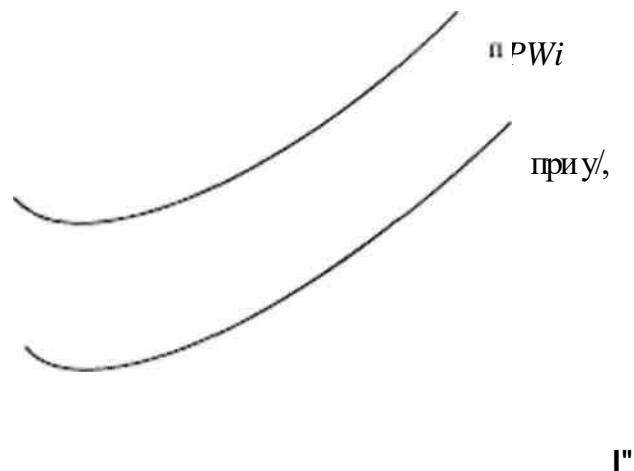


Рис. 2. Дорожно-экономическая характеристика автомобиля

Значения скорости U_a автомобиля находят по формуле

$$(11)$$

где m_t - выбранные 6 или 7 значений угловой скорости при расчете по формулам (1) и (2).

i_{mp} передаточное число фазисм песни, находится как произведение передаточных чисел всех работающих агрегатов трансмиссии;

$r_{ш}$ - радиус качения колеса, его приближенное значение находится по формуле

$$r_{ш} = \frac{d}{2} + 0,85 A$$

где d посадочный диаметр шины;

h высота профиля шины. Мощность затрат на сопротивление воздуха N_4 определяют по формуле

(J2)

где k коэффициент обтекаемости, $N \gg C_{ли}^4$, см. [1];

F лобовая площадь автомобиля, м², $F = 0,78 \cdot B \cdot H$ для легковых автомобилей, $F = B_x \cdot fJ$ для грузовых автомобилей;

$Ш$ - ширина автомобиля, м; //

высота автомобиля, и; B , м

колея передних колес, м.

Таблица 1

Габариты на варианты расчета

Л. варианты	1	2	3	4 5 ...	6	7
Марка автомобиля	ЗАЗ-96К	ВАЗ-2101	ВАЗ-2103	ВАЗ-2106	ИЖ-2125	ГАЗ-24	УАЗ-469
Уклон дороги α	$B, Ш$	0,02	0,04	0,035	0,025	0,02	0,04

Окончание табл. 1

N	9	10	11	12	13	14	15	16
ПАЗ-672	ЛАЗ-695	ЛиАЗ-677	ГАЗ-52	ЗШП-130	«Урал»-4320	КамАЗ-5320	МАЗ-5335	КрАЗ-257
0,035	$\alpha, \sigma: 5$	0,03	$d, (i)$	0,04	0,035	$\sigma > 0,02$	0,03	0,02

Порядок выполнения работы

1. Задание на расчет определенной марки автомобиля и дорожные условия его движения в табл. (.
2. По справочнику [I] выбрать необходимые данные для расчетов. 3. По значениям $Af_{\#}$ и m_x выполнить расчет скоростной характеристики двигателя $B I_e \gg / (e_f)$ по формуле (1) .
4. По формуле (2) рассчитать зависимость $M_{и} \bullet \cdot f f m^{\wedge}$.
5. Определить значения g_e по формуле (3) для выбранных m_e .
При вычислениях по СЛОЖНЫМ формулам рекомендуется результаты промежуточных расчетов заносить в табл. 2.
6. На миллиметровке формата Л4 вертикального расположения построить полученные зависимости. Масштабы необходимо выбирать с учетом более полного заполнения листа. Ориентировочное расположение кривых показано на рис. I.
7. Рассчитать дорожный расход топлива по формуле C?). Для построения дорожно-экономической характеристики автомобиля рекомендуется применять расчет движения на высшей передаче для б ? значения скорости автомобиля, соответствующих выбранным ранее значениям угловой скорости m_e коленчатого вала двигателя. Расчет произвести для горизонтального участка дороги с асфальтобетонным покрытием ($/ \blacksquare 0$)^ и для дороги с подъемом в гору №2. Покрытие дороги в гору также принимается асфальтобетонным. Результаты расчетов заносят в таблицу 3. При этом для горизонтального участка иг, н дороги в гору u_{g2} заполняют разные таблицы для каждой дороги.
8. Построить зависимость $Q_t \blacksquare f f V_a)$ на миллиметровке формата А4.

Расчет внешней скоростной характеристика двигателя Таблица 2

и/н $\left(\frac{\omega_e}{\omega_N} \right)$ \llcorner , \square $0,94 \cdot \left(\frac{\omega_e}{\omega_N} \right)$ 0,67-i «JU Лп Ш*
 \llcorner^*,v ,Л»д*
 \rightarrow N. M,
 !
X

6			
7			

nzz:

Расчет дорожной «экономической» характеристики автомобиля

№ п/п	ω_c	g_c'	V_c	N_v	N_{ω}	N_{II}	N_c	P	K_c	Q_c
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										

Контрольные вопросы

1. Почему характеристика двигателя, полученная на рис. I. называется внешней скоростной характеристикой? Какие еще вы знаете характеристики двигателя?

2. Какой режим работы двигателя дает наибольшую экономию топлива? Назовите угловую скорость двигателя, соответствующую этому режиму.

3. Какой режим работы двигателя соответствует максимальной тяговой силе на колесах? Назовите угловую скорость двигателя, соответствующую этому режиму.

4. Почему у двигателей легковых автомобилей ограничитель оборотов допускает работу двигателя в зоне падения мощности ω , $M_{\omega} > \omega$)?

5. Как при расчетах дорожного расхода топлива учитывается нагрузка двигателя?

6. Почему для расчета потребной мощности ее надо делить на К.П.Д. трансмиссии?

7. Какой принцип выбора промежуточных значений $\omega_{ш}$ при расчете скоростной характеристики двигателя?

8. Почему при расчете g_c для скоростной характеристики двигателя P принимается равной единице?

9. В работе расход топлива оценивается в л/100 км. Какая единица лучше отражает расход топлива при работе автомобиля?

10. Какую передачу нужно использовать при расчете дорожного расхода топлива и почему?