**Специальность:** 23.02.03 «Техническое обслуживание и ремонт автомобильного транспорта»

**Курс:** 2. **Группа:** ТМ-189-1,2,3.

**Дисциплина:** МДК 01.01 Устройство автомобилей

**Преподаватель:** Тахтамиров Олег Борисович

**Тема:** Силы сопротивления движению

.

**Содержание учебного материала:**

Сила сопротивления качению. При движении автомобиля тяго­вое усилие Pd на ведущих колесах расходуется на преодоление ра­нее рассмотренных составляющих в уравнении тягового баланса, одной из которых является сила сопротивления качению колес Pf. Качение шины по дороге является сложным, оно складывается из деформации шины, деформации полотна дороги и поверхност­ного трения между шиной и дорогой. К сопротивлению качения относится также трение в подшипниках колес и в элементах под­вески. В целом сила сопротивления качению зависит от конструк­ции и материала шины, скорости движения, приложенных к ко­лесу крутящего момента, внешних сил и дорожных условий.

Деформация шин зависит от нагрузки на колесо, профиля шины, давления воздуха в ней, приложенного к колесу момента, скорости движения, материала и расположения слоев корда и других факторов.

Трение шины о дорогу зависит от формы протектора, размера шины, деформации шины и дороги. Установлено, что основная часть энергии затрачивается на внутреннее механическое и мо­лекулярное трение в материалах шины, т. е. на упругую деформа­цию шины, которая называется гистерезисом.

Схема к определению сопротивления качению



При качении эластичного колеса по дороге деформация шины в передней части возрастает, а в задней — уменьшается, поэтому вертикальные реакции, дей­ствующие со стороны дороги на протектор, в передней части кон­такта больше, чем в задней, как показано на рис.

Линия действия силы Zк (равнодействующей нормальных ре­акций), равной по значению силе тяжести Ga, смещается от вер­тикального диаметра вперед на некоторую величину ас, т. е. созда­ется плечо сопротивления качению вследствие действия крутяще­го момента Md, образующего тангенциальную силу Тг. В результате смещения ас возникает пара сил ZK и Ga, сила ZK создает момент ZKac, противодействующий качению колеса. Для равномерного вращения колеса к нему приложена толкающая сила Tz, которая вместе с силой образует пару сил. Момент этой пары уравнове­шивает момент 2уйс. Значение силы сопротивления качению Pf, Н, находят из условия равновесия колеса:

ZKac =Pf rk



Отношение ас/rк обозначается буквой f и называется коэффици­ентом сопротивления качению, следовательно:

Pf= Ga f.

Мощность Nf, необходимая для преодоления сопротивления качению, кВт:

При скоростях движения до 50 км/ч коэффициент / обычно считают постоянным. При движении с большей скоростью коэф­фициент /заметно увеличивается из-за внутреннего трения в слоях покрышки с образованием гистерезисных потерь. В этом случае коэффициент сопротивления качению определяется по эмпири­ческим формулам:

f=f0[1 + 0,01(va - 50)]

где f0 — коэффициент сопротивления качению при движении ав­томобиля со скоростью не более 50 км/ч.

Значения коэффициента f0 находятся в пределах: асфальтовое и бетонное покрытие — 0,014...0,018; гравийное покрытие — 0,020...0,025; грунтовое покрытие — 0,025...0,035; укатанный снег — 0,07...0,10.

Сила сопротивления воздушной среды. Движение автомобиля связано с перемещением окружающих частиц воздушной среды, на которую расходуется часть мощности двигателя при движении автомобиля.

Сила сопротивления воздуха Pw составляется из силы давления встречных частиц воздуха, силы, создаваемой разрежением за ав­томобилем, и силы трения воздуха о поверхность автомобиля. Сила сопротивления воздуха зависит от лобовой площади автомобиля, его формы, скорости движения, плотности воздуха и может быть подсчитана по полученной опытным путем формуле, Н:

Pw = K F v2

где К — коэффициент сопротивления воздуха, зависящий от об­текаемости автомобиля, т.е. его формы и качества поверхности кузова или кабины, Н • с2/м4; F — лобовая площадь автомобиля, м2; va — скорость движения автомобиля, м/с.

Если скорость автомобиля задана в километрах в час (км/ч), то

Рw = KF(v/3,6)2.

Коэффициент сопротивления воздуха К определяют опытным путем. Его численные значения лежат в пределах: для легковых автомобилей — 0,20...0,35; грузовых — 0,60...0,70 Нс2/м4.

Лобовой площадью F автомобиля называют площадь его про­екции на плоскость, перпендикулярную к продольной оси авто­мобиля. Лобовую площадь (м2) автомобиля определяют по фор­мулам: для легкового

 Fx = 0,8 В1 Н, для грузового F2= ВН, где В, — наибольшая ширина легкового автомобиля, м; B — колея грузового автомобиля, м; Н — высота автомобиля, м.

Мощность, необходимая для преодоления силы сопротивле­ния воздуха, кВт или Вт соответственно:

Nw = = KFv3

При наличии попутного или встречного ветра со скоростью vB вместо абсолютной скорости иа следует учитывать скорость авто­мобиля относительно воздушного потока:

Pw= KF{va±vB)2/13.

Знак «+» относится к встречному ветру, знак «-» — к попут­ному.

На высоких скоростях движения от взаимодействия кузова лег­кового автомобиля и воздуха возникает также вертикальная (подъемная) сила, воздушный поток которой стремится как бы «оторвать» от дороги днище кузова автомобиля. С этим связано применение спойлерных устройств и кузовов специальной фор­мы, которые снижают подъемную силу и увеличивают сцепление шин с дорогой. При скоростях 130... 140 км/ч вертикальная сила сравнительно невелика, и ее можно не учитывать в расчетах.

Силы сопротивления подъему и дороги. Ранее были рассмотре­ны основные силы, действующие на ведущих колесах автомобиля. Однако при ускоренном его движении и особенно при преодоле­нии подъема (рис. 26.7) появляются дополнительные силы. В общем случае движения автомобиля на подъеме действуют три группы сил.

Первую группу составляют силы Pd, движущие автомобиль. Они образуются вследствие взаимодействия ведущих колес с дорогой и называются силами тяги.

Вторую группу составляют силы, оказывающие сопротивление движению. Это силы сопротивления качения задних Рк1 и перед­них Рк2 колес, действующих в плоскости дороги; сила сопротив­ления воздуха Pw, приложенная к центру лобовой площади авто­мобиля; сила сопротивления подъему Рн — направленная парал­лельно плоскости дороги и являющаяся составляющей силы тя­жести (7а автомобиля; сила инерции Pj, приложенная в центре тя­жести автомобиля и называемая силой сопротивления разгону.



Рис. 26.7. Силы, действующие на автомобиль при подъеме

Третью группу сил составляют нормальные реакции дороги на передние Zx и задние Z2 колеса, вызванные перпендикулярной составляющей Gh, значения которой определяют как Gh = Gacos а. Эта группа сил рассматривается отдельно.

Существенное влияние на указанные силы оказывают автомо­бильные дороги, которые сравнительно редко имеют горизонталь­ные участки большой длины. Гораздо чаще они состоят из череду­ющихся между собой подъемов и спусков. Крутизну подъема ха­рактеризуют или величина угла α в градусах, или величина уклона дороги /', представляющая собой отношение превышения Н к за­ложению S. На дорогах с твердым покрытием в городских услови­ях углы подъема невелики и обычно не превышают 6°. Для таких углов можно принять, что sin α = tg α. Это дает следующую зависи­мость между уклоном / и углом α:

i = tg α.

Сила сопротивления подъему Ри зависит от массы автомобиля и от угла подъема дороги. При движении на подъем силу тяжести Ga автомобиля можно разложить на две составляющие, одна из кото­рых Gacos а будет направлена перпендикулярно и другая Gasina — параллельно поверхности дороги.

Для малых углов а силу Ph, Н, можно определить из выражения

Ph = (Gasin α = Gatg α = Gi.

Мощность, кВт, затрачиваемая на преодоление подъема при движении со скоростью va:

Nh = Ph v / (3,6 x 103).

В случае движения автомобиля на подъемах и спусках вторая составляющая силы тяжести, перпендикулярная плоскости доро­ги, определяет силу сопротивления качению Pf на этих участках:

Pf = f Ga *cos* α*.*

Величины коэффициента / и уклона i в совокупности характе­ризуют качество дороги. Поэтому сила суммарного сопротивления дороги, слагающаяся из сил сопротивления качению и подъе­му, будет иметь следующий вид:

Р = Pf± Ph = fGacos α ± GgSin α = Ga(fcos α ± sin α).

Знак «+», значение которой определяют как Gh = Gacos α бе­рется при движении на подъем, знак «-» — при движении на спуске. Выражение в скобках обозначается буквой у и называется коэф­фициентом суммарного сопротивления дороги, т.е.

v| = f cos α ± sin α -f± i,

Сила сопротивления разгону. При движении автомобиля с уве­личивающейся скоростью появляется сила сопротивления разго­ну. В общем виде она представляет собой силу инерции, завися­щую от массы автомобиля та и ускорения j его движения:

P;=mJ=(GJg)j,

где g — ускорение силы тяжести (9,81 м/с2).

Кроме разгона поступательно движущейся массы автомобиля, часть тяговой силы при ускоренном движении затрачивается на ускорение вращающихся узлов.

При движении с ускорением наибольшие затраты энергии имеют место при разгоне маховика и связанных с ним деталей сцепления, а также колес со ступицами, как обладающими наи­большими моментами инерции. Остальные вращающиеся детали обладают сравнительно малым моментом инерции, и их влияние на разгон автомобиля обычно не учитывается.

Влияние момента инерции вращающихся масс, указанных уз­лов учитывается коэффициентом учета вращающихся масс β, по­казывающим во сколько раз энергия, необходимая для ускорения (разгона) автомобиля, больше силы инерции его поступательно движущейся массы.

*Список литературы:*

1. Пехальский А.П., Пехальский И.А. Устройство автомобилей. Учебник для студентов образовательных учреждений среднего профессионального образования – М. Издательский центр «Академия», 2015. – 521 с.
2. Пузанков А.Г. Автомобили. Конструкция, теория и расчет. Учебник для студентов учреждений среднего профессионального образования. 2-е издание, переработанное – М. Издательский центр «Академия», 2013. – 544 с.

**Электронные учебники:**

1. Стуканов В. А. Устройство автомобилей: Учебное пособие (Профессиональное образование). 2018
2. Передерий В. П. Устройство автомобиля: Учебное пособие (Профессиональное образование). 2017

**Контрольные вопросы**

1. Расскажите, в чем сущность образования тяговой силы Pd и других сил (показать на схеме), действующих на колесах при движении автомо­биля.
2. Назовите значения составляющих эмпирической зависимости для определения мощности двигателя при тягово-динамических расчетах.
3. Зачем нужны уравнения тягового и мощностного балансов автомо­биля и какие составляющие в них входят?
4. От каких факторов зависит КПД трансмиссии и каковы его средние значения для различных типов автомобилей?
5. Какие причины вызывают сопротивления: качению, воздуха, подъе­му, разгона, и от каких факторов они зависят?
6. Какие факторы влияют на коэффициент сцепления шин с дорогой и каковы его средние значения для дорог различных типов?
7. Каково условие безостановочного движения автомобиля?

***Примечание:***

Ответы сдать до 8 апреля на электронную почту Otakhtamirov@yandex.ru в виде фотографии ответов на поставленные вопросы по форме:

Номер вопроса – ответ в письменном виде, кратко, по существу (4-7 строк).