

равна:

$$\omega_o = \sqrt{\frac{c_n + c_o}{m}} = \sqrt{\frac{33 \cdot 10^3 + 300 \cdot 10^3}{60}} = 74,5 c^{-1},$$

относительный коэффициент потерь примет значение:

$$n = \frac{b}{2m} = \frac{300}{2 \cdot 60} = 2,5 c^{-1},$$

а минимальное значение модуляции жесткости, при которой возможно возникновение неустойчивости равно:

$$\varepsilon_{\min} = \frac{4n}{\omega_o} = \frac{4 \cdot 2,5}{74,5} = 0,13.$$

### Заключение

В результате проведенных исследований получены зависимости, позволяющие оценить границы зоны параметрической неустойчивости автомобильного колеса в области частот вблизи главного параметрического резонанса.

### Литература

1. Балабин И.В., Чабунин И.С. Автомобильные и тракторные колёса. – М.: Изд-во МГТУ «МАМИ», 2010. 444 с.
2. Гусев А.С., Карунин А.Л., Крамской Н.А., Стародубцева С.А., Щербаков В.И. Теория колебаний в автомобиле- и тракторостроении. М.: Изд-во МГТУ «МАМИ», 2007. 336 с.
3. Щербаков В.И., Чабунин И.С., Стародубцева С.А. Избранные задачи по динамике механических систем и конструкций. Изд. 2-е, испр. и доп. – М.: Изд-во МГТУ «МАМИ», 2010. 288 с.
4. Щербаков В.И., Чабунин И.С. Аналитическая динамика и теория колебаний в приложении к автомобильным конструкциям. Изд. 2-е, испр. и доп. – М.: Университет машиностроения, 2013. 205 с.
5. Щербаков В.И., Надеждин В.С. Колебания колесной машины при движении по неровной дороге. – М.: Изд-во МГТУ «МАМИ», 2011. 40 с.

### **Об унификации некоторых терминов и понятий, применяемых в теории трактора, автомобиля, быстроходных колёсных и гусеничных транспортно-тяговых машин**

к.т.н. проф. Парфенов А.П., к.т.н. проф. Щетинин Ю.С.  
Университет Машиностроения  
8(495)223-05-23 (доб.15-27), a.parfen@mail.ru

*Аннотация.* Предлагаются единые термины, относящиеся к общим понятиям, часто употребляемым в теории автомобиля, трактора, быстроходных колёсных и гусеничных транспортно-тяговых машин.

*Ключевые слова:* термины, понятия, унификация, автомобиль, трактор, быстроходная транспортная машина.

Необходимость в унификации терминов, применяемых в родственных дисциплинах, стала особенно очевидной, в связи с утверждением стандарта по подготовке специалистов по специальности 190109 «Наземные транспортно - технологические средства» по специализации «Автомобили и тракторы».

Первый шаг в направлении унификации терминов, применяемых в дисциплинах «Конструкция автомобилей и тракторов», «Конструкция быстроходных гусеничных транспортно – тяговых машин» был сделан при публикации учебника «Тракторы. Конструкция», под общей редакцией проф. док. техн. наук Шарипова В.М., подготовленного коллективом преподавателей МГТУ «МАМИ» [1].

В настоящей статье даются конкретные предложения по унификации некоторых терминов и понятий, применяемых в названных выше теоретических дисциплинах. Поскольку область терминологии и определений является достаточно болезненной и деликатной, в чём авторы статьи лично убедились при участии в разработке отечественных и международных (по линии ISO) терминологических стандартов, данные предложения выносятся для обсуждения их по существу специалистами.

**Коэффициент сцепления.** Большинство специалистов сходятся во мнении, что коэффициент сцепления движителя с поверхностью пути в направлении движения представляет собой отношение максимальной по сцеплению силы тяги  $P_\phi$ , отнесённой к сцепному весу  $G_{\text{сц}}$  автомобиля, трактора, быстроходной колёсной или гусеничной машины, танка [1-9], т.е.

$$\phi = \frac{P_\phi}{G_{\text{сц}}}, \text{ где } G_{\text{сц}} = \lambda \cdot G, G - \text{вес машины, } \lambda - \text{доля веса, приходящаяся на ведущие колёса или}$$

гусеницы.

Вместе с тем нет единого понимания, что принимать за силу  $P_\phi$ . Так в теории трактора (ТТ) предлагается ограничивать эту силу наибольшим допустимым её значением, которое при этом надёжно обеспечивает движение соответственно нагруженного трактора при данных почвенных условиях [3]. В теории автомобиля (ТА), теории транспортно – тяговых машин (ТТТМ) силой  $P_\phi$  предлагается считать её значение при полностью заблокированных колёсах или при полном скольжении (буксовании) колёс или гусениц, т.к. это отвечает требованию большей определённости показателя [8, 9]. В автомобильном справочнике фирмы Bosch [11] предлагается считать, что сила  $P_\phi$  должна соответствовать силе трения покоя в зоне контакта шины с дорогой, что предполагает значение силы  $P_\phi$ , а значит коэффициента  $\phi$  на 20-25% большее, чем при заблокированных колёсах и их скольжении по поверхности пути.

В процессе работы автомобиль, трактор или транспортно-тяговая машина обычно реализуют силу тяги меньшую, чем  $P_\phi$ . Поэтому некоторые исследователи применяют два значения коэффициента  $\phi$ : максимальное  $\phi_{\text{max}}$  и текущее, соответствующие двум значениям силы тяги: максимальному по сцеплению  $P_\phi$  и текущему  $P_k$ . В последнем случае отношение силы тяги  $P_k$  к сцепному весу  $G_{\text{сц}}$  в ТТ называют «коэффициентом использования сцепного веса трактора» [4, 5], «коэффициентом использования сцепления» [6], в ТТТМ некоторые исследователи – «удельной силой тяги»  $\phi_k$  [12], «текущим значением коэффициента сцепления» [10], в теории танка - «коэффициентом сцепления, используемым в данных условиях сцепления» [13]. По существу удельная сила тяги  $\phi_k$  является динамическим фактором при малой скорости движения машины, когда можно пренебречь сопротивлением воздуха. Динамический фактор используется в ТА и ТТТМ для оценки способностей машины разгоняться и преодолевать подъём. По нашему мнению, целесообразно использовать в ТТ, ТА, ТТТМ для коэффициента  $\phi_k$  единый термин - «**удельная сила тяги машины**», которая в процессе работы машины может меняться в широких пределах: от минимального значения (при  $P_k = P_f$ , движение без нагрузки на крюке,  $P_f$  – сила сопротивления прямолинейному движению машины) до коэффициента сцепления  $\phi$  (при  $P_k = P_\phi$ )

В ТТ отношение силы тяги на крюке трактора  $P_{\text{кр}}$  к его сцепному весу иногда называют коэффициентом использования сцепного веса трактора  $\phi_{\text{кр}}$  [13]. В ТА и ТТТМ этот термин не применяется, несмотря на использование понятия «сцепной вес». Предлагается в ТТ, и в случае необходимости в ТА и ТТТМ называть  $\phi_{\text{кр}}$  «**удельной силой тяги на крюке машины**», как это применяется некоторыми исследователями быстроходных гусеничных ма-

шин [12]. Коэффициент  $\varphi_{кр}$  также является величиной переменной, меняющейся от 0 (при  $P_{кр} = 0$ , движение без прицепа) до  $\varphi_{кр\max}$  при максимальном значении силы тяги на крюке

**Коэффициент сопротивления прямолинейному движению.** Термин применяется в теории гусеничных ТТМ [10] и представляет собой отношение силы сопротивления движению машины, (которой может быть автомобиль, трактор, быстроходная колесная или гусеничная машина)  $P_f$  к весу машины  $G$ , т.е.  $f = \frac{P_f}{G}$ . В ТТ и ТТТМ используют также термины: «коэффициент качения» [3], «коэффициент сопротивления качению» [4-6, 11, 14]. В теории движения гусеничных и колёсных боевых машин выделяют потери на деформацию грунта и вводят дополнительные термины: «коэффициент сопротивления грунта» [7] или «коэффициент сопротивления качению со стороны деформируемого грунта» [9]. При оценке сопротивления поверхности пути необходимо учитывать рельеф дороги, в связи с чем получили распространение такие термины, как «приведенный коэффициент сопротивления дороги» [4, 5], «коэффициент сопротивления дороги» [6] или «общий коэффициент сопротивления движению»  $\psi = f \pm \operatorname{tg} \alpha$ , [10] «коэффициент суммарного сопротивления движению»  $\psi = f \cdot \cos \alpha \pm \sin \alpha$  [7], где  $\alpha$  – угол подъёма (+) или уклона (–) поверхности пути. Не отрицая правомерности применения показателей, характеризующих сопротивление движению машин со стороны грунта, предлагается использовать следующие основные термины: «**коэффициент сопротивления прямолинейному движению**»  $f = \frac{P_f}{G}$  и «**коэффициент сопротивления дороги (поверхности пути)**»  $\psi = f \cdot \cos \alpha \pm \sin \alpha$

**Сила тяги машины.** В ТА и ТТТМ пользуются термином «сила тяги машины» [5, 6, 7], в ТА иногда для колёсных машин применяют термин «окружная сила тяги машины» [2, 8]. В ТТ пользуются термином «касательная сила тяги трактора» [3-5]. Интересно отметить, что в учебнике для военных академий, посвященном теории движения колёсных машин [9], термин «сила тяги» вообще не применяется, движущая сила называется реакцией поверхности пути, действующей в направлении движения. В последнем издании энциклопедии «Колёсные и гусеничные машин» [15] в разделе, посвященном тракторам, был применён термин «сила тяги трактора», причём, по нашему мнению, без ущерба для содержания раздела. В целях унификации этого важного понятия в ТА, ТТ и ТТТМ предлагается пользоваться единым термином «**сила тяги машины**» (соответственно автомобиля, трактора, транспортно-тяговой машины).

**Свободная мощность двигателя.** Показатель используется в теории гусеничных ТТМ и представляет собой эффективную мощность двигателя за вычетом мощности, идущей на обслуживание двигателя (привод вентилятора системы охлаждения, воздухоочистителя, глушителей шума выпуска и впуска и др.). Ее принимают равной 0,83...0,9 от мощности, снятой на внешней характеристике [10]. Применительно к колёсным ТТМ, автомобилям и тракторам понятие свободная мощность не применяется. Вместе с тем в зарубежной практике применяется ряд международных стандартов, которые оценивают мощность двигателя автомобилей и тракторов при разной степени оснащения их дополнительными агрегатами, в том числе обслуживаемыми сам двигатель: ESE R24 (Европейская Экономическая комиссия), ISO TR14396 (Международная организация по стандартизации), SAE J1995 (Международная организация инженеров – автомобилестроителей), DIN 70020 (Германский национальный стандарт). Отечественный стандарт на определение мощности двигателя (ГОСТ 18509 – 88) близок к немецкому стандарту, в котором предусматривается определение мощности двигателя, оснащенного всеми агрегатами, обслуживаемыми двигатель и необходимыми для его автономной работы. По сравнению со стандартом DIN, мощность оказывается больше по ESE 24 на 7%, по ISO на 10%, SAE на 15%. Таким образом, хотя в теории и на практике в автомобилестроении и тракторостроении и не применяется понятие «свободная мощность», разница между развиваемой двигателем и потребляемой машиной мощностью

фактически признается и может быть оценена для автомобилей и тракторов в пределах 7 – 15 %. Эти затраты мощности на обслуживание двигателя необходимо учитывать при тяговом расчете трактора и автомобиля. При этом не предлагается вводить понятие «свободная мощность» в теорию и практику использования тракторов и автомобилей.

**Параметр поворота гусеничного трактора (ПП). Силовой фактор поворота (СФП).** Оба понятия успешно используются в теории поворота: первое – тракторов, второе – быст-роходных гусеничных машин и танков.

ПП гусеничного трактора  $\nu = \frac{M_{рез}}{P_k \cdot B}$ , где:  $M_{рез}$  – результирующий момент сопротивле-ния повороту,  $B$  – поперечная база трактора,  $P_k$  – касательная сила тяги трактора, был пред-ложен проф. Е.Д. Львовым.

СФП гусеничной машины  $q_{гр} = \frac{l_{гр}}{0,5 \cdot B}$ , где:  $l_{гр}$  – плечо выноса равнодействующей сил сопротивления повороту, введен проф. Г. И. Зайчиком.

Оба показателя  $\nu$  и  $q_{гр}$  оказались весьма конструктивными для развития ряда положений ТТ и ТТТМ и сравнения различных механизмов поворота гусеничных машин между собой.

Оба показателя устанавливают влияние вида, качества и состояния грунта на сопротив-ление повороту гусеничного трактора или гусеничной машины. Отличие состоит в том, что в первом случае плечо выноса равнодействующей сил сопротивления повороту делится на по-ловину поперечной базы машины, а во втором – на величину полной базы. Поэтому  $q_{гр} = 2 \cdot \nu$ . Оба показателя в равной мере могут использоваться как в ТТ, так и в ТТТМ

Предложения по унификации ряда технических терминов сведены в таблицу 1.

Таблица 1

Применяемый термин (определение)	Рекомендуемый термин (определение)
Коэффициент сцепления движителя с поверхностью пути <b>Отношение максимальной по сцеплению силы тяги к сцепному весу машины</b> [1-9] Сила тяги по сцеплению соответствует: - силе трения покоя в зоне контакта шины с дорогой [11]; - полностью заблокированным колёсам или полному скольжению (буксованию) колёс или гусениц [8, 9]; - значению надёжно обеспечивающему движение маши-ны на данном грунте или почве [3].	Коэффициент сцепления движителя <b>Отношение силы тяги по сцеплению к сцепному весу машины.</b> Сила тяги по сцеплению соответствует максимальному ее значению на данном опорном основании.
Отношение текущего значения силы тяги к сцепному ве-су машины называют: - коэффициентом использования сцепного веса трактора [3-5]; - коэффициентом использования сцепления [6]; - удельной силой тяги [12]; - текущим значением коэффициента сцепления» [10]; - коэффициентом сцепления, используемым в данных условиях сцепления [13].	Удельная сила тяги машины.
Отношение текущего значения силы тяги на крюке к сцепному весу машины называют: - коэффициентом использования веса (трактора) [6]; - коэффициентом использования сцепного веса (тракто-ра) [14].	Удельная сила тяги на крюке машины (ав-томобилia, трактора, транспортно-тяговой машины).
Коэффициент качения (машины) [3]. Коэффициент сопротивления качению (машины) [6, 12, 14]. Коэффициент сопротивления прямолинейному движению (машины) [10].	Коэффициент сопротивления прямоли-нейному движению машины (автомобилia, трактора, транспортно-тяговой машины)

Приведенный коэффициент сопротивления дороги [4,6]. Коэффициент суммарного сопротивления дороги [7,9]. Общий коэффициент сопротивления дороги [10]; коэффициент приведенного сопротивления пути (дороги) [5].	Коэффициент сопротивления дороги (поверхности пути).
Сила тяги машины [2, 5-7]. Окружная сила тяги машины [8]. Касательная сила тяги трактора [3-6, 14].	Сила тяги машины (автомобиля, трактора, транспортно-тяговой машины).
Свободная мощность двигателя. Применяют в теории быстроходных гусеничных машин [10]. В ТА и ТТ понятие не применяют.	Потери мощности на обслуживание двигателя колесных машин достигают 7...15% от эффективной мощности и должны учитываться в тяговом расчёте тракторов и автомобилей.

### Литература

1. Тракторы. Конструкция: учебник для студентов ВУЗов. 2-е изд., испр. И перераб./В.М. Шарипов, Д.В. Апельинский, Л.Х. Арустамов и др.; под общ. Ред. В.М. Шарипова. – М.: Машиностроение, 2012. – 790 с.: ил.
2. Фалькевич Б.С. Теория автомобиля. – М: Машгиз, 1963. – 236 с.: ил.
3. Львов Е.Д. Теория трактора. – М. : Машгиз, 1960. – 252 с. :ил.
4. Чудаков Д.А. Основы теории и расчёта трактора и автомобиля. – М. : Колос, 1966 – 384 с.: ил.
5. Скотников, Мащенко А.А., Солонский А.С. Основа теории и расчёта трактора и автомобиля. – М.: Агропромиздат, 1986. – 386 с.: ил.
6. Кутьков Г.М. Тракторы и автомобили: теория и технологические свойства. М: ИНФРА-М, 2014. – 506 с.: ил.
7. Чобиток В.А. Теория движения танков и БМП. – М: Военное издательство. 1984. – 264 с.: ил.
8. Смирнов Г.А. Теория движения колёсных машин. М: «Машиностроение», 1990. – 352 с.: ил.
9. Теория движения боевых колесных машин. Коллектив авторов, под редакцией С.И. Беспалова. М.: Издательство академии бронетанковых войск, 1993. – 385 с.: ил.
10. Забавников Н.А. Основы теории транспортных гусеничных машин. М.: «Машиностроение», 1975. - 448 с.: ил.
11. Bosch. Автомобильный справочник. Первое издание. – М: «За рулём». 1999. – 895 с.: илл.
12. Влияние конструктивных параметров гусеничного трактора на его тягово-сцепные свойства. Васильев А.В. и др. – М. : , «Машиностроение», 1969. - 192с.: ил.
13. Сергеев Л.В. Теория танка. – М.: Издание академии бронетанковых войск, 1973. - 494 с.: ил.
14. Колобов Г.Г., Парфенов А.П. Тяговые характеристики тракторов. – М.: Машиностроение, 1972. - 157 с.: ил.
15. Колёсные и гусеничные машины. «Машиностроение. Энциклопедия в 40 томах. Том IV-V под редакцией В.Ф. Платонова.– М: «Машиностроение», 1997. – 688 с.: ил.