

УДК 629.113; 629.114

*В. П. Тарасик*

## О ТЕРМИНОЛОГИИ В ОБЛАСТИ АВТОТРАКТОРОСТРОЕНИЯ

UDC 629.113; 629.114

*V. P. Tarasik*

## ON TERMINOLOGY IN THE FIELD OF AUTOMOBILE AND TRACTOR MANUFACTURING

### Аннотация

Изложены результаты анализа терминов и их определений, используемых в области автотракторостроения, и предложений по их реформированию, опубликованных в печатных изданиях.

### Ключевые слова:

термин, определение термина, терминология, двигатель, трансмиссия, ведущее колесо, опорная поверхность дороги, вращающий момент, сопротивление движению автомобиля.

### Abstract

This paper gives the results of the analysis of terms and their definitions used in the field of automobile and tractor manufacturing, as well as the proposals for their revision made in different publications.

### Keywords:

term, term definition, terminology, engine, transmission, drive wheel, road surface, torque, resistance to vehicle movement.

По мере развития науки и техники в области автотракторостроения появляются новые технологии проектирования и методы исследования процессов функционирования механизмов и систем автомобиля и трактора, что сопровождается введением и использованием новых терминов и определений. Нередко происходит заимствование терминов из зарубежных публикаций, которые не всегда имеют научное обоснование, иногда носят бытовой характер или профессиональный жаргон. В этой связи научное обоснование наименований новых терминов имеет принципиальное значение для развития методологии автомобильной и тракторной науки.

Основоположниками научной терминологии в области автомобильной науки являются проф. Н. Е. Жуковский и акад. Е. А. Чудаков.

В [1, с. 15–20] Е. А. Чудаковым приведены рекомендуемые им термины и наименования параметров и характеристик автомобиля: сил, реакций, моментов, мощности, масс, моментов инерции, геометрических размеров, углов, скоростей и ускорений, а также специфических терминов, принятых для наименования параметров эксплуатационных свойств автомобиля и коэффициентов для их оценки.

Однако в дальнейшем многие авторы учебников и монографий начали вводить свои термины без должного их научного обоснования. Постоянно возникает желание многих авторов проводить реформирование существующей терминологии. К сожалению, ряд таких терминов оказался включённым в содержание ГОСТов на терминологию и определения.



В первом номере журнала «Тракторы и сельхозмашины» за 2018 г. опубликована статья сотрудников Московского политехнического университета канд. техн. наук А. П. Парфёнова и канд. техн. наук Ю. С. Щетинина «Об унификации некоторых терминов и понятий, применяемых при изучении наземных транспортно-технологических средств» [2]. Авторы статьи предлагают унифицировать ряд терминов, используемых в области автотракторостроения, и приводят свои соображения на основе анализа ряда известных литературных источников.

Действительно, некоторые используемые термины не имеют соответствующего научного обоснования и противоречат физическому смыслу отображаемого ими явления или процесса. Но и предлагаемые ими унифицированные термины также не сопровождаются убедительными обоснованиями.

Основы формирования терминологии изложены в Большой Советской Энциклопедии, авторами которой являются крупнейшие российские учёные (БСЭ, 1976, т. 25, с. 473–474). В ней приведены наиболее обоснованные наименования общенаучных терминов. Например, дано чёткое определение существенно различающихся между собой терминов «вращающий момент» и «крутящий момент» по физическому содержанию отображаемых ими процессов.

«Вращающий момент – мера внешнего воздействия, изменяющего угловую скорость вращающегося тела» (БСЭ, 1971, т. 5, с. 425). Вращающий момент является параметром потока энергии, подводимой к вращающемуся твёрдому телу и приводящей к изменению угловой скорости и кинетической энергии данного тела. Для отображения этой качественной стороны сущности термина «момент» он содержит терминоэлемент «вращающий». Следовательно, термин «вращающий момент» связан с видом движения (вращательное), при котором передаётся поток энергии.

«Крутящий момент» – это термин научных дисциплин «Сопротивление материалов» и «Теория упругости». Он связан с отображением явления кручения, скручивания стержней (валов, торсионов и т. п.). Этот термин применяется при определении деформации и напряжения кручения (БСЭ, 1973, т. 13, с. 501). При необходимости оценки величины прогиба вала (стержня, балки) используется «изгибающий момент», что отображается в этом случае термином элементом «изгибающий» (БСЭ, 1972, т. 10, с. 57).

В настоящее же время во всех учебниках, ГОСТах и других носителях информации используется исключительно термин «крутящий момент», что в большинстве реальных случаев описываемых явлений или процессов неверно. Например, неправильно применять термины «крутящий момент двигателя», «крутящий момент на валу трансмиссии», «крутящий момент, подводимый к ведущему колесу» и т. п. В таких случаях надлежит использовать термин «вращающий момент». Этот же термин применяется в теории электропривода при определении механической нагрузки на электродвигатель [13, 14].

Именно данный термин рекомендовал к употреблению акад. Е. А. Чудakov [1, с. 16]. Отметим также очень чёткую и однозначную его формулировку наименований терминов, характеризующих различные радиусы колеса [1, с. 17], которые положены в основу действующего ГОСТа [3]. Лишь два принятых академиком термина вызывают возражения: «полная окружная сила колеса» и «тангенциальная сила» (реакция, скорость, ускорение).

Полную окружную силу колеса  $F_{к0}$  предложено определять по формуле [1]

$$F_{к0} = \frac{M_{к}}{r_{к}}, \quad (1)$$

где  $M_{к}$  – вращающий момент, прило-

женный к колесу;  $r_k$  – радиус качения колеса.

Отмечается, что полная окружная сила  $F_{k0}$  приложена к колесу на расстоянии радиуса  $r_k$  от его оси. Как известно, сила – векторная величина, определяемая тремя факторами: точкой приложения, направлением и модулем. Два первых фактора при использовании данного термина отсутствуют. Это создаёт неопределённость при его применении, что привело к многочисленным ошибкам и заблуждениям всех, кто использовал такой термин.

Авторы учебников и монографий в формуле (1) используют различные радиусы колеса: в [6, 7] – радиус качения колеса без скольжения  $r_{k0}$ ; в [8] – радиус качения  $r_k$ ; в [9, 10] – динамический радиус  $r_d$ . Затем по этой же формуле рассчитывают полную тяговую силу  $F_T$ . Поскольку продольная реакция дороги на ведущее колесо  $R_x$  равна по модулю тяговой силе  $F_T$ , а направление вектора  $R_x$  совпадает с направлением скорости автомобиля  $v_a$ , реакцию  $R_x$  полагают **тяговой силой**, называя её **касательной силой тяги** [9, 10]. Отсюда следует вывод, что автомобиль движется под действием касательной силы тяги, т. е. энергию для движения автомобиля поставляет опорная поверхность дороги. Нужно отметить, что существуют учебники, в которых сформулирован именно такой вывод.

Рассмотрим возможность формирования энергии движения автомобиля продольной реакцией дороги  $R_x$  на ведущее колесо. Физической природой силы  $R_x$  является трение или сцепление (при проскальзывании колеса относительно поверхности дороги  $R_x$  – сила трения, при отсутствии скольжения  $R_x$  – сила сцепления). Сила  $\vec{R}_x$  – векторная величина, состоящая из геометрической суммы векторов сил трения (или сцеп-

ления), возникающих на поверхностях элементарных площадок контакта колеса с поверхностью дороги.

Как известно, мощность  $P$  любой силы  $F$  равна скалярному произведению вектора этой силы  $\vec{F}$  на вектор скорости точки её приложения  $\vec{v}$ :

$$P = \vec{F} \vec{v} = F v \cos(\vec{F}, \vec{v}).$$

Мощность силы  $\vec{R}_x$  определим по формуле

$$P_x = \vec{R}_x \vec{v}_k = R_x v_k \cos(\vec{R}_x, \vec{v}_k), \quad (2)$$

где  $\vec{v}_k$  – вектор скорости точки приложения вектора силы  $\vec{R}_x$ .

Если при движении автомобиля в конкретных дорожных условиях отсутствует внешнее скольжение, тогда  $\vec{v}_k = 0$  и мощность силы  $\vec{R}_x$  равна нулю, т. е.  $P_x = 0$ . При скольжении ведущего колеса относительно дороги векторы  $\vec{R}_x$  и  $\vec{v}_k$  имеют взаимно противоположные направления, поэтому мощность силы  $\vec{R}_x$  отрицательна, т. е. затрачивается энергия на преодоление силы трения  $\vec{R}_x$ . Таким образом, продольная реакция дороги на ведущее колесо не может быть движущей силой автомобиля. Следовательно, касательной силы тяги не существует, а есть лишь продольная реакция дороги на колесо  $\vec{R}_x$ .

Для определения процесса формирования энергии движения, создания и расположения тяговой силы в [4, 5] автомобиль представлен в виде сложной механической системы, состоящей из трёх взаимодействующих между собой компонентов – корпуса автомобиля с расположенными в нём источником и преобразователями энергии, ведущего колеса и опорной поверхности дороги, отображающей внешнюю среду. На основе анализа их взаимодействия показано, что **тяговая сила** приложена на



**оси ведущего колеса** и преодолевает силу сопротивления движению корпуса автомобиля, также приложенную на его оси. Аналогичное мнение у авторов учебников [6, 7], однако оно изложено без соответствующих доказательств (возможно, из интуитивных соображений). Очевидно, потому, что их представление о взаимодействии колеса с дорогой было связано с понятием «полная окружная сила колеса».

Колесо совершает вращательное движение относительно собственной оси вращения и поступательное вместе с корпусом автомобиля. Поэтому для вращательного движения необходимо воздействие в виде вращающего момента (вращающий момент, подводимый к ведущему колесу, момент сопротивления качению, инерционный момент колеса), а взаимодействие колеса с корпусом автомобиля определяется силами, приложенными к оси колеса (тяговая сила колеса, тормозная сила колеса, сила сопротивления корпуса, нормальная нагрузка на колесо, поперечная сила). Детально рассмотрено и взаимодействие ведущего колеса с опорной поверхностью дороги [4, 5].

Источником энергии, необходимой для движения автомобиля и преодоления сил сопротивления его движению, является топливо. Двигатель автомобиля преобразует химическую энергию топлива в механическую, которая передаётся через трансмиссию на ведущие колёса. На ведущих колёсах формируется тяговый момент автомобиля. Функция тягового момента используется при моделировании движения автомобиля как целостной системы, в которой тяговая сила и сопротивление корпуса на оси ведущего колеса являются внутренними взаимно уравновешивающимися силами. При торможении автомобиля его движение осуществляется под действием силы инерции и тормозного момента на колёсах. Если колёса заблокируются тормозом, тогда торможение автомобиля осуществляется си-

лами трения в контакте тормозящих колёс с опорной поверхностью дороги, в результате работы которых происходит поглощение накопленной автомобилем кинетической энергии.

Использование акад. Е. А. Чудаковым в [1] терминологии «тангенциальная» в наименовании сил или реакций (тангенциальная сила, реакция) лишено физического смысла, т. к. определение их направлений в пространстве не имеет никакого отношения к тангенсу углов направлений соответствующих сил и реакций. При моделировании силового взаимодействия двух объектов, например, колеса и корпуса автомобиля или колеса и опорной поверхности дороги, обычно силу взаимодействия раскладывают на составляющие, направленные вдоль осей используемой декартовой системы координат. Поэтому составляющие называют согласно направлениям осей координат: продольная, поперечная, вертикальная (нормальная). Например, реакции дороги на колесо: продольная (но не тангенциальная!), поперечная и нормальная.

Во многих случаях при моделировании используются оси естественной системы координат. Эти оси имеют следующие наименования: касательная, нормаль и бинормаль. Тогда, например, при разложении вектора ускорения на составляющие их называют соответственно касательное ускорение, нормальное ускорение и бинормальное ускорение. Касательное ускорение направлено по касательной к траектории движения исследуемой точки, нормальное – по радиусу кривизны элементарного криволинейного участка траектории в направлении к мгновенному центру скоростей, бинормальное – перпендикулярно обоим предыдущим.

В научной литературе по автотракторостроению распространены термины «циркуляция мощности» и «переключение передач без разрыва потока мощности». Мощность – это характеристика изменения потока энергии во

времени, т. е. производная энергии по времени в процессе выполнения работы машиной. От двигателя к ведущим колёсам автомобиля передаётся (поступает) поток энергии, а не поток мощности, поэтому упомянутые термины некорректны: вместо «мощности» необходимо употреблять терминологический элемент «энергия». Это же относится и к источникам энергии. Термин «источник мощности» некорректен. Параметрами потока энергии при её передаче посредством вращательного движения являются вращающий момент (потенциал энергии) и угловая скорость (фазовая координата сосредоточенной массы – носителя потока энергии). Поэтому вместо термина «циркуляция мощности» необходимо употреблять термин «циркуляция энергии», а вместо термина «переключение передач без разрыва потока мощности» – термин «переключение передач с перекрытием».

Есть ещё один вполне обоснованный способ выбора терминологии для технических объектов – это использование в качестве терминологического элемента важнейшего выходного параметра объекта, характеризующего его основное свойство и назначение. Рассмотрим на конкретном примере. В автотракторостроении получил широкое распространение термин «силовой агрегат», употребляемый для обозначения различных по конструктивному исполнению объектов (двигателя, совокупности двигателя и коробки передач, отдельной коробки передач и др.).

Из рассматриваемой области можно привести пример технического объекта, для которого подходит данный термин, – это автомобильный домкрат. На входе домкрата имеем некоторый источник энергии (обычно, человек), а на выходе получаем силу, необходимую для подъема автомобиля. Это, условно, силовой агрегат. Для реактивного двигателя также приемлем данный термин, так как выходным параметром его является сила тяги.

Выходными параметрами поршне-

вого двигателя внутреннего сгорания, различных механизмов трансмиссии, блоков двигатель–коробка передач, как известно, являются вращающий момент, мощность, частота вращения выходного вала. При этом никакие силы не фигурируют в качестве параметров данных механизмов. Поэтому нет ни малейших оснований в таком случае использовать термин «силовой агрегат». Двигатель предназначен для генерирования механической энергии, механизмы трансмиссии преобразуют параметры потока передаваемой через них энергии. Абсолютно очевидно, что это энергетические агрегаты. Поэтому необходимо использовать термин «энергетический агрегат».

Рассмотрим предложения, изложенные в [2], по реформированию некоторых терминов в области автотракторостроения и их определений.

В ГОСТе на параметры проходимости автомобиля [12] предусмотрены термины «сцепная масса автомобиля» и «коэффициент сцепной массы автомобиля». Определение первого термина: «Часть массы автомобиля, создающая нормальные нагрузки ведущих колёс автомобиля». Определение второго термина: «Отношение сцепной массы автомобиля к массе автомобиля». В [2] предлагается заменить наименование терминологического элемента «масса» на «вес». Для этого нет никаких оснований. Во-первых, термин «масса» входит в состав Международной системы единиц (СИ), во-вторых, слово «вес» представляет собой бытовое выражение. Кроме того, оно неоднозначное, в частности, может характеризовать значимость какого-либо свойства или качества предмета или явления.

Для оценки сцепления колеса с опорной поверхностью в [2] предлагается термин «коэффициент сцепления движителя с поверхностью пути» и даются следующие определения: «Отношение силы тяги по сцеплению к сцепному весу машины» и «Сила тяги по сцеплению соответствует максималь-

ному её значению в устойчивом диапазоне на данном опорном основании». Предлагаемые определения противоречивы и неоднозначны, как и рассматриваемое явление. В [4, 6, 7] приведен ряд определений, вполне корректных, и они могут служить основой для формулировки соответствующих терминов и определений. Сложность проблемы заключается в том, что сила сцепления колеса с опорной поверхностью изменяется в очень широких пределах в зависимости от дорожных условий и величины скольжения ведущего колеса. Поэтому для её характеристики необходимо несколько терминов и определений.

Первый возможный термин: «удельная продольная реакция  $\gamma_x$ » [4] (вариант: «коэффициент продольной реакции  $\gamma_x$ » [6]). Определяется по формуле

$$\gamma_x = \frac{R_x}{R_z}, \quad (3)$$

где  $R_x$  – продольная реакция опорной поверхности на ведущее колесо;  $R_z$  – нормальная реакция опорной поверхности на ведущее колесо.

Этот термин отображает характеристику изменения  $\gamma_x$  в зависимости от скольжения ведущего колеса (упругого и внешнего) в конкретных дорожных условиях и представляется в виде графика зависимости  $\gamma_x = f(\lambda_s)$ , где  $\lambda_s$  – коэффициент скольжения колеса ( $0 \leq \lambda_s \leq 1$ ). Максимальное значение  $\gamma_x$  называют максимальным коэффициентом сцепления  $\varphi_{\max}$  [4, 6]. Значение  $\gamma_x$  при  $\lambda_s = 1$  (полное скольжение) на 10...30 % меньше  $\varphi_{\max}$ . При проведении испытаний наиболее устойчивые значения  $\gamma_x$  получают при  $\lambda_s = 1$  и приводят их в справочных материалах с наименованием «коэффициент сцепления  $\varphi_x$ ». Таким образом,

для оценки сцепления колеса с опорной поверхностью необходимо использовать не менее трёх показателей.

Вместо термина «коэффициент сопротивления качению» в [2] предлагается термин «коэффициент сопротивления прямолинейному движению машины» и его определение «отношение текущего значения силы сопротивления прямолинейному движению машины к её сцепному весу». Это предложение не выдерживает никакой критики, поскольку противоречит давно сформулированным и экспериментально подтвержденным результатам, изложенным в [1, 6, 7, 11] и закреплённым в стандарте [3].

Для оценки суммарной силы дорожного сопротивления используется термин «коэффициент суммарного дорожного сопротивления» [4] или сокращённо «коэффициент сопротивления дороги» [1, 6]. Предлагаемая же в [2] изменённая формулировка термина «коэффициент сопротивления поверхности пути» ничего нового и существенного не даёт, но при этом неудовлетворительна с точки зрения стилистики.

Термин «свободная мощность двигателя» не соответствует его определению «часть эффективной мощности, расходуемая на обслуживание двигателя», приведенному в [2]. Для оценки затрат мощности на собственные нужды существует термин «коэффициент отбора мощности на привод вспомогательного оборудования двигателя» – относительная безразмерная величина, что, безусловно, более предпочтительно для применения, чем предлагаемая абсолютная величина затраты мощности [4, 6].

В заключение отметим, что введение новых терминов и их определений требует профессионального научного обоснования, обсуждения и согласования всеми заинтересованными сторонами и пользователями.



СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Чудаков, Е. А.** Избранные труды : в 2 т. Т. 1. Теория автомобиля / Е. А. Чудаков. – Москва : Академия наук СССР, 1961. – 464 с.
2. **Парфёнов, А. П.** Об унификации некоторых терминов и понятий, применяемых при изучении наземных транспортно-технологических средств / А. П. Парфёнов, Ю. С. Щетинин // Тракторы и сельхозмашины. – 2018. – № 1. – С. 40–46.
3. **ГОСТ 17697–72.** Автомобили. Качение колеса. Термины и определения. – Москва : Изд-во стандартов, 1973. – 24 с.
4. **Тарасик, В. П.** Теория движения автомобиля : учебник для вузов / В. П. Тарасик. – Санкт-Петербург : БХВ-Петербург, 2006. – 478 с.
5. **Тарасик, В. П.** Математическое моделирование прямолинейного движения автомобиля / В. П. Тарасик // Автомобильная промышленность. – 2017. – № 9. – С. 17–22. – № 10. – С. 19–23.
6. **Гришкевич, А. И.** Автомобили. Теория : учебник для вузов / А. И. Гришкевич. – Минск : Высшая школа, 1986. – 208 с.
7. **Смирнов, Г. А.** Теория движения колёсных машин : учебник для вузов / Г. А. Смирнов. – Москва : Машиностроение, 1990. – 352 с.
8. **Литвинов, А. С.** Автомобиль. Теория эксплуатационных свойств : учебник для вузов / А. С. Литвинов, Я. Е. Фаробин. – Москва : Машиностроение, 1989. – 240 с.
9. **Гуськов, В. В.** Тракторы. Теория : учебник для вузов / В. В. Гуськов, Н. Н. Велев, Ю. Е. Атаманов ; под общ. ред. В. В. Гуськова. – Москва : Машиностроение, 1988. – 376 с.
10. **Кравец, В. Н.** Теория автомобиля : учебник для вузов / В. Н. Кравец, В. В. Селифонов. – Москва : Гринлайт, 2011. – 884 с.
11. **Ларин, В. В.** Теория движения полноприводных колёсных машин : учебник для вузов / В. В. Ларин. – Москва : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2010. – 391 с.
12. **ГОСТ 22653–77.** Автомобили. Параметры проходимости. Термины и определения. – Москва : Изд-во стандартов, 1977. – 4 с.
13. **Ключев, В. И.** Теория электропривода / В. И. Ключев. – Москва : Энергоатомиздат, 1998. – 704 с.
14. **Копылов, И. П.** Математическое моделирование электрических машин / И. П. Копылов. – Москва : Высшая школа, 1994. – 318 с.

*Статья сдана в редакцию 20 декабря 2018 года*

**Владимир Петрович Тарасик**, д-р техн. наук, проф., Белорусско-Российский университет.  
E-mail: avtobru@gmail.com.

**Vladimir Petrovich Tarasik**, DSc (Engineering), Prof., Belarusian-Russian University.  
E-mail: avtobru@gmail.com.