

ОБ УНИФИКАЦИИ НЕКОТОРЫХ ТЕРМИНОВ И ПОНЯТИЙ, ПРИМЕНЯЕМЫХ ПРИ ИЗУЧЕНИИ НАЗЕМНЫХ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СРЕДСТВ

THE UNIFICATION OF CERTAIN TERMS AND CONCEPTS USED IN THE STUDY OF LAND TRANSPORT-TECHNOLOGICAL VEHICLES

А.П. ПАРФЕНОВ, К.Т.Н
Ю.С. ЩЕТИНИН, К.Т.Н.

Московский политехнический университет, Москва,
Россия, a.parfen@mail.ru

A.P. PARFENOV, PhD in Engineering
YU.S. SHCHETININ, PhD in Engineering

Moscow Polytechnic University, Moscow, Russian Federation,
a.parfen@mail.ru

На основе анализа терминологии, применяемой в учебниках, монографиях и статьях, относящихся к вопросам теории, конструирования и расчета автомобилей, тракторов, колесных и гусеничных транспортно-тяговых машин, предлагаются единые термины и понятия, наиболее часто употребляемые в указанных выше дисциплинах и относящихся к ним технических документах для описания аналогичных явлений или процессов. Анализируются такие понятия, как коэффициент сцепления, сила тяги по сцеплению, сцепной вес машины, коэффициент сцепного веса, удельная сила тяги, удельная крюковая нагрузка, коэффициент сопротивления прямолинейному движению машины, коэффициент сопротивления поверхности пути, сила тяги машины, свободная мощность двигателя, потери мощности двигателя, связанные с его обслуживанием, параметр поворота гусеничного трактора и силовой фактор поворота. В различных литературных источниках для обозначения одних и тех же величин используются разные термины, одни и те же определения трактуются по-разному. Все это создает определенные неудобства и вносит путаницу в вопросы теории наземных транспортных средств. Необходимость такой унификации приобретает особую актуальность в связи с утверждением Федерального образовательного стандарта по специальности 23.05.01 «Наземные транспортно-технологические средства», в котором указанные выше дисциплины входят в программу подготовки специалистов, а владение соответствующей технической терминологией рассматривается на уровне компетенции. 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, данные предложения выносятся для обсуждения их по существу специалистами.

Ключевые слова: термины, понятия, унификация, автомобиль, трактор, транспортно-тяговая машина.

On the basis of the analysis of terminology used in textbooks, monographs and articles, related to the theory, design and calculation of automobiles, tractors, wheeled and caterpillar transport and traction machines, the uniform terms and concepts are proposed, the most frequently used in the above mentioned disciplines and related technical documents to describe similar phenomena or processes. The coefficient of traction, tractive force on the surface adhesion, the vehicle adhesive weight, the coefficient of adhesive weight, the specific tractive force, the specific hook load, the coefficient of resistance to the rectilinear motion of the machine, the road surface resistance coefficient, the tractive force of the machine, the free engine power, the engine power losses associated with its maintenance, the parameter of rotation of the caterpillar tractor and the power factor of rotation are analyzed. In various literary sources, different terms are used to designate the same quantities, the same definitions are treated differently. It has been causing certain inconveniences and introduces confusion in the theory of land vehicles. The necessity for such unification is particularly relevant in relation to the approval of the Federal Education Standard in the speciality 23.05.01 «Land Transport-Technological Means», in which the above mentioned disciplines are included in the training of specialists, and the knowledge of the relevant technical terminology is considered at the level of competence. In this article, concrete proposals are given on the unification of certain terms and concepts used in the above mentioned theoretical disciplines. Since the field of terminology and definitions is rather painful and delicate, these proposals are submitted for a substantive discussion by professionals.

Keywords: terms, concepts, unification, automobile, tractor, transport and tractive machine.

Введение

В связи с необходимостью унификации некоторых терминов, применяемых в родственных дисциплинах, касающихся теории движения наземных транспортных средств, авторы вторично обращаются к этой теме, расширив содержание некоторых терминов и дополнив перечень предлагаемых к унификации терминов. Первая статья была опубликована в журнале «Известиях МГТУ «МАМИ» [1] и, возможно, из-за ограниченного тиража издания не получила отклика от специалистов. Напомним, что речь идет о дисциплинах: «Теория трактора», «Теория автомобиля», «Теория колесных и гусеничных транспортно-тяговых машин», «Теория движения танков и БМП», «Теория танка».

Цель исследования

Целью исследования является унификация терминов и понятий, применяемых при изучении наземных транспортно-технологических средств.

В различных литературных источниках для обозначения одних и тех же величин используются разные термины, одни и те же определения трактуются по-разному. Все это создает определенные неудобства и вносит путаницу в вопросы теории наземных транспортных средств. Необходимость такой унификации приобретает особую актуальность в связи с утверждением Федерального образовательного стандарта по специальности 23.05.01 «Наземные транспортно-технологические средства» [2], в котором указанные выше дисциплины входят в программу подготовку специалистов, а владение соответствующей технической терминологией рассматривается на уровне компетенции. 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, 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_ϕ , отнесенной к

сцепному весу $G_{\text{сц}}$ автомобиля, трактора, быстросходной колесной или гусеничной машины, танка [3–10], т.е. $\phi = P_\phi / G_{\text{сц}}$, где $G_{\text{сц}} = \lambda G$. Здесь G – вес машины; λ – коэффициент сцепного веса машины.

Вместе с тем нет единого понимания, что принимать за силу P_ϕ .

Так, в теории трактора (ТТ), разработанной ее основоположником Е.Д. Львовым, предлагается ограничивать эту силу наибольшим допустимым ее значением, которое при этом надежно обеспечивает движение соответственно нагруженного трактора при данных почвенных условиях [4]. В теории автомобиля (ТА), в теории транспортно-тяговых машин (ТТМ) силой P_ϕ предлагается считать ее значение при полностью заблокированных колесах или при полном скольжении (буксовании) колес или гусениц, т.к. это отвечает требованию большей определенности показателя [9, 10]. В автомобильном справочнике фирмы Bosch [12] предлагается считать, что сила P_ϕ должна соответствовать силе трения покоя в зоне контакта шины с дорогой, что предполагает значение коэффициента на 20–25 % большее, чем при заблокированных колесах и их скольжении по поверхности пути. Такое понимание коэффициента сцепления согласуется с определением, принятым в теории трения и износа деталей машин, которое мы приводим в полной формулировке: «...это отношение неполной силы трения покоя к нормальной составляющей внешних сил, действующих на поверхности трения». Неполной силой трения покоя считается сила трения до начала движения [13].

Требование к большей определенности значения коэффициента ϕ является основанием предположить, что экспериментальные значения коэффициента сцепления, приводимые в справочниках и учебниках, соответствуют полному скольжению (буксованию) движителя.

В процессе работы автомобиль, трактор или транспортно-тяговая машина обычно реализуют силу тяги, меньшую, чем P_ϕ . Поэтому некоторые исследователи применяют два значения коэффициента ϕ : максимальное ϕ_{max} и текущее ϕ , соответствующие двум значениям силы тяги: максимальному по сцеплению P_ϕ и текущему.

В последнем случае отношение силы тяги P_k к сцепному весу $G_{\text{сц}}$ в ТТ называют «коэффициентом использования сцепного веса трак-

тора» [4–6], «коэффициентом использования сцепления» [7], в ТТМ – «удельной силой тяги» φ_k [7, 11], «текущим значением коэффициента сцепления» [10], в теории танка – «коэффициентом сцепления, используемым в данных условиях сцепления» [16]. По существу, удельная сила тяги является динамическим фактором при малой скорости движения машины, когда можно пренебречь сопротивлением воздуха. Динамический фактор используется в ТА и ТТМ для оценки способностей машины разгоняться и преодолевать подъем. По нашему мнению, целесообразно использовать в ТТ, ТА, ТТМ для коэффициента φ_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 φ (при $P_k = P_\varphi$).

В ТТ отношение силы тяги на крюке трактора $P_{кр}$ к его сцепному весу иногда называют коэффициентом использования сцепного веса трактора $\varphi_{кр}$ [17]. В ТА применяют термин «удельная сила тяги автомобиля», однако само понятие имеет искаженный смысл. Оно трактуется как отношение силы тяги на крюке автомобиля к его массе, что определяет показатель как размерную величину. В ТТМ этот термин не применяют, несмотря на использование термина «сцепной вес». Предлагается в ТТ, ТА и ТТМ называть $\varphi_{кр}$ «удельной силой тяги на крюке машины», как это рекомендует ГОСТ 22653-77 и некоторые исследователи быстроходных гусеничных машин [15]. Коэффициент $\varphi_{кр}$ также является величиной переменной, меняющейся от 0 (при $P_{кр} = 0$, движение без прицепа) до $\varphi_{крmax}$ при максимальном значении силы тяги на крюке $P_{крmax}$.

Сцепной вес и коэффициент сцепного веса машины

Термины применяются в ТА в формулировках, устанавливаемых ГОСТ 22653-77 [14]. При этом их называют, соответственно, «Сцепная масса автомобиля» и «коэффициент сцепной массы автомобиля». Сцепная масса автомобиля определяется как «часть массы автомобиля, создающая нормальные нагрузки ведущих колес автомобиля», а «коэффициент сцепной массы» – как «отношение сцепной массы ав-

томобиля к массе автомобиля». Поскольку нагрузка является категорией силы, предлагается применять в ТА, ТТ, ТТМ термины «сцепной вес машины» и «коэффициент сцепного веса машины» (соответственно, автомобиля, трактора, транспортно-тяговой машины) в их названии и определении по ГОСТ 22653-77 – с заменой термина «сцепная масса» на «сцепной вес».

Коэффициент сопротивления прямолинейному движению

Термин применяется в теории гусеничных ТТМ [11] 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. $f = P_f/G$.

В ТТ и ТТМ используют также термины: «коэффициент качения» [4], «коэффициент сопротивления качению» [5, 6, 11]. В теории движения гусеничных и колесных боевых машин выделяют потери на деформацию грунта и вводят дополнительные термины: «коэффициент сопротивления грунта» [8] 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» [5], «коэффициент сопротивления дороги» [7] или «общий коэффициент сопротивления движению» $\psi = f \pm \operatorname{tg} \alpha$ [10], «коэффициент суммарного сопротивления движению» $\psi = f \cos \alpha \pm \sin \alpha$ [8], где α – угол подъема (+) 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» $f = P_f/G$ и «коэффициент сопротивления поверхности пути» $\psi = f \cos \alpha \pm \sin \alpha$.

Сила тяги машины

В ТА и ТТМ пользуются термином «сила тяги машины» [5, 6, 7], в ТА иногда для колесных машин применяют термин «окружная сила тяги машины» [3, 9]. В ТТ пользуются термином «касательная сила тяги трактора» [4–6]. Интересно отметить, что в учебнике

для военных академий, посвященном теории движения колесных машин [8], термин «сила тяги» вообще не применяется, движущая сила называется реакцией поверхности пути, действующей в направлении движения. В последнем издании энциклопедии «Колесные и гусеничные машин» [18] в разделе, посвященном тракторам, был применен термин «сила тяги трактора», причем, по нашему мнению, без ущерба для содержания раздела. В целях унификации этого важного понятия в ТА, ТТ и ТТМ 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 [11]. Применительно к колесным ТТМ, автомобилям и тракторам понятие «свободная» мощность не применяется. Вместе с тем, в зарубежной практике используется ряд международных стандартов, которые оценивают мощность двигателя автомобилей и тракторов при разной степени оснащения их дополнительными агрегатами, в том числе обслуживающими 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, который оснащен всеми агрегатами, обслуживающими 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 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, автомобилей и колесных транспортно-тяговых машин.

Параметр поворота гусеничного трактора (ПП). Силовой фактор поворота (СФП)

Оба понятия успешно используются в теории поворота: первое – тракторов, второе – быстроходных гусеничных машин и танков.

ПП гусеничного трактора $\nu = M_{\text{рез}} / (P_{\text{к}} B)$ был предложен проф. Е.Д. Львовым; $M_{\text{рез}}$ – результирующий момент сопротивления повороту; B – поперечная база трактора; $P_{\text{к}}$ – касательная сила тяги трактора,

СФП гусеничной машины $q = l_{\text{гр}} / (0,5B)$ введен проф. Г.И. Зайчиком; где $l_{\text{гр}}$ – плечо выноса равнодействующей сил сопротивления повороту.

Оба показателя ν и q оказались весьма конструктивными для развития ряда положений ТТ и ТТМ и сравнения различных механизмов поворота гусеничных машин между собой.

При установившемся повороте выражение СФП можно представить в виде:

$$q = \frac{l_{\text{гр}}}{0,5B} \frac{P_{\text{к}}}{P_{\text{к}}} = \frac{M_{\text{рез}}}{M_B} = 2\nu,$$

где $M_B = (P_2 - P_1)0,5B$ – поворачивающий момент; P_2 и P_1 – силы тяги на забегающей и отстающей гусеницах, соответственно.

Из приведенных соотношений следует, что силовой фактор поворота q и параметр поворота ν имеют одинаковый физический смысл. Оба показателя устанавливают влияние вида, качества и состояния грунта на сопротивление повороту гусеничного трактора или гусеничной машины. Чем выше эти показатели, тем труднее происходит поворот машины. Оба показателя в равной мере могут использоваться как в ТТ, так и в ТТМ.

Предложения по унификации ряда технических терминов сведены в табл. 1.

Таблица 1

| Применяемый термин (определение) | Рекомендуемый термин (определение) |
|---|--|
| Сцепная масса автомобиля Часть массы автомобиля, создающая нормальные нагрузки ведущих колес автомобиля [14]. | Сцепной вес автомобиля (трактора, быстроходной гусеничной машины) Часть веса автомобиля (колесного трактора), создающая нормальные нагрузки на его ведущие колеса или полный вес гусеничного трактора, гусеничной машины. |
| Коэффициент сцепной массы автомобиля Отношение сцепной массы автомобиля к массе автомобиля [14]. | Коэффициент сцепного веса автомобиля (трактора, колесной или гусеничной машины) λ Отношение сцепного веса автомобиля (трактора, колесной или гусеничной машины) к его (ее) весу. |
| Коэффициент сцепления движителя с поверхностью пути Отношение максимальной по сцеплению силы тяги к сцепному весу машины [3–10]. Сила тяги по сцеплению соответствует: – силе трения покоя в зоне контакта шины с дорогой [12]; – полностью заблокированным колесам или полному скольжению (буксованию) колес или гусениц [9,10]; – значению, надежно обеспечивающему движение машины на данном грунте или почве [4]. | Коэффициент сцепления движителя с поверхностью пути φ Отношение силы тяги по сцеплению к сцепному весу машины. Сила тяги по сцеплению соответствует максимуму ее значению в устойчивом диапазоне [12] на данном опорном основании. |
| Отношение текущего значения силы тяги к сцепному весу машины называют: – коэффициентом использования сцепного веса трактора [4–6]; – коэффициентом использования сцепления [7]; – удельной силой тяги [7,11]; – текущим значением коэффициента сцепления [10]; – коэффициентом сцепления, используемым в данных условиях сцепления [16]. | Удельная сила тяги машины φ_k Отношение текущего значения силы тяги машины к ее сцепному весу. |
| Отношение текущего значения силы тяги на крюке к сцепному весу машины называют: – коэффициентом использования веса (трактора) [7]; – коэффициентом использования сцепного веса (трактора) [17]; – удельной силой тяги на крюке автомобиля [14]. | Удельная сила тяги на крюке машины (автомобиля, трактора, транспортно-тяговой машины) $\varphi_{кр}$ Отношение текущего значения силы тяги на крюке машины к ее сцепному весу. |
| Отношение текущего значения силы сопротивления прямолинейному движению машины к ее сцепному весу называют: – коэффициентом качения (машины) [4]; – коэффициентом сопротивления качению (машины) [5,6,11]; – коэффициентом сопротивления качению со стороны деформируемого грунта [9]. | Коэффициент сопротивления прямолинейному движению машины (автомобиля, трактора, транспортно-тяговой машины) f Отношение текущего значения силы сопротивления прямолинейному движению машины к ее сцепному весу. |
| Отношение текущего значения суммарной силы сопротивления движению машины к ее сцепному весу называют: – приведенным коэффициентом сопротивления дороги [5]; – коэффициентом суммарного сопротивления движению [8]; – общим коэффициентом сопротивления движению [10]. | Коэффициент сопротивления поверхности пути Ψ Отношение текущего значения суммарной силы сопротивления движению машины к ее сцепному весу. |
| Сила тяги машины [3, 6, 7] Окружная сила тяги машины [3, 9] Касательная сила тяги трактора [4–6, 17] Сила тяги трактора [18] | Сила тяги машины (автомобиля, трактора, транспортно-тяговой машины) |
| Свободная мощность двигателя Часть эффективной мощности, расходуемая на обслуживание двигателя [11]. | Мощность, расходуемая на обслуживание двигателя колесных и гусеничных машин Достигает 7...15 % от эффективной мощности и должна учитываться в тяговом расчете тракторов и автомобилей. |

Заключение

Предложена унификация терминов и понятий, применяемых при изучении наземных транспортно-технологических средств.

Литература

1. Парфенов А.П., Щетинин Ю.С. Об унификации некоторых терминов и понятий, применяемых в теории трактора, автомобиля, быстроходных колесных и гусеничных транспортно-тяговых машин // Известия МГТУ «МАМИ». 2014. Т. 1. № 4 (22). С. 102–106.
2. Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования по специальности 23.05.01 «Наземные транспортно-технологические средства» (уровень специалиста): утв. приказом Министерства образования и науки Российской Федерации 11 августа 2016 г. № 1022.
3. Фалькевич Б.С. Теория автомобиля. М.: Машгиз, 1963. 236 с.
4. Львов Е.Д. Теория трактора. М.: Машгиз, 1960. 252 с.
5. Чудаков Д.А. Основы теории и расчета трактора и автомобиля. М.: Колос, 1966. 384 с.
6. Скотников В.А., Машенский А.А., Солонский А.С. Основы теории и расчета трактора и автомобиля. М.: Агропромиздат, 1986. 386 с.
7. Кут'ков Г.М. Тракторы и автомобили: теория и технологические свойства. М.: ИНФРА-М, 2014. 506 с.
8. Чобиток В.А. Теория движения танков и БМП. М.: Военное издательство, 1984. 264 с.
9. Смирнов Г.А. Теория движения колесных машин. М.: Машиностроение, 1990. 352 с.
10. Беспалов С.И., Антонов Д.А., Лазаренко В.П. и др. Теория движения боевых колесных машин / под ред. С.И. Беспалова. М.: Издательство академии бронетанковых войск, 1993. 385 с.
11. Забавников Н.А. Основы теории транспортных гусеничных машин. М.: Машиностроение, 1975. 448 с.
12. Bosch. Автомобильный справочник. М.: За рулем, 1999. 895 с.
13. Зозуля В.Д., Шведков Л.Е., Ровинский Д.Я., Браун Э.Д. Словарь-справочник по трению, износу и смазке деталей машин. Киев: Наук. Думка, 1990. 264 с.
14. ГОСТ 22653-77. Автомобили. Параметры проходимости. Термины и определения. М.: Изд-во стандартов, 1979. 4 с.
15. Васильев А.В., Докучаева Е.Н., Уткин-Любовцев О.И. Влияние конструктивных параметров гусе-

ничного трактора на его тягово-сцепные свойства. М.: Машиностроение, 1969. 192 с.

16. Сергеев Л.В. Теория танка. М.: Издание академии бронетанковых войск, 1973. 494 с.
17. Колобов Г.Г., Парфенов А.П. Тяговые характеристики тракторов. М.: Машиностроение, 1972. 157 с.
18. Платонов В.Ф., Азаев В.С., Александров Е.Б. и др. Машиностроение. Энциклопедия. Колесные и гусеничные машины. Т. IV-15 / Под общ. ред. В.Ф. Платонова. М.: Машиностроение, 1997. 688 с.

References

1. Parfenov A.P., Shchetinin Yu.S. The unification of some terms and concepts used in the theory of the tractor, automobile, high-speed wheeled and caterpillar transport-traction machines. Izvestiya MGTU «MAIMI». 2014. Vol. 1. No 4 (22), pp. 102–106 (in Russ.).
2. Federal'nyy gosudarstvennyy obrazovatel'nyy standart vysshego obrazovaniya po spetsial'nosti 23.05.01 «Nazemnye transportno-tekhnologicheskie sredstva» (uroven' spetsialista). Utverzhden prikazom Ministerstva obrazovaniya i nauki Rossiyskoy Federatsii 11 avgusta 2016 g. № 1022.
3. Fal'kevich B.S. Teoriya avtomobilya [Theory of the automobile]. Moscow: Mashgiz Publ., 1963. 236 p.
4. L'vov E.D. Teoriya traktora [Theory of the tractor]. Moscow: Mashgiz Publ., 1960. 252 p.
5. Chudakov D.A. Osnovy teorii i rascheta traktora i avtomobilya [The fundamentals of the theory and calculation of the tractor and automobile]. Moscow: Kolos Publ., 1966. 384 p.
6. Skotnikov V.A., Mashchenskiy A.A., Solonskiy A.S. Osnovy teorii i rascheta traktora i avtomobilya [The basics of the theory and calculation of the tractor and automobile]. Moscow: Agropromizdat Publ., 1986. 386 p.
7. Kut'kov G.M. Traktory i avtomobili: teoriya i tekhnologicheskie svoystva [Tractors and automobiles: theory and technological properties]. Moscow: INFRA-M Publ., 2014. 506 p.
8. Chobitok V.A. Teoriya dvizheniya tankov i BMP [Theory of the movement of tanks and infantry fighting vehicles]. Moscow: Voennoe izdatel'stvo Publ., 1984. 264 p.
9. Smirnov G.A. Teoriya dvizheniya kolesnykh mashin [Theory of wheeled vehicles motion]. Moscow: Mashinostroenie Publ., 1990. 352 p.
10. Bespalov S.I., Antonov D.A., Lazarenko V.P. i dr. Teoriya dvizheniya boevykh kolesnykh mashin

- [Theory of motion of fighting wheeled vehicles]. Pod red. S.I. Beshpalova. Moscow: Izdatel'stvo akademii bronetankovykh voysk Publ., 1993. 385 p.
11. Zabavnikov N.A. Osnovy teorii transportnykh gusenichnykh mashin [The fundamentals of the theory of transport caterpillar vehicles]. Moscow: Mashinostroenie Publ., 1975. 448 p.
 12. Bosch. Avtomobil'nyy spravochnik [Automotive handbook]. Moscow: Za rulem Publ., 1999. 895 p.
 13. Zozulya V.D., Shvedkov L.E., Rovinskiy D.Ya., Braun E.D. Slovar'-spravochnik po treniyu, iznosu i smazke detaley mashin [Dictionary-handbook on friction, wear and lubrication of machine parts]. Kiev: Nauk. Dumka Publ., 1990. 264 p.
 14. GOST 22653-77. Avtomobili. Parametry prokhodimosti. Terminy i opredeleniya [Automobiles. Passability parameters. Terms and definitions]. Moscow: Izd-vo standartov Publ., 1979. 4 p.
 15. Vasil'ev A.V. Dokuchaeva E.N., Utkin-Lyubovtsev O.I. Vliyanie konstruktivnykh parametrov gusenichnogo traktora na ego tyagovostsepnnye svoystva [Influence of design factors of a caterpillar tractor on its traction-coupling properties]. Moscow: Mashinostroenie Publ., 1969. 192 p.
 16. Sergeev L.V. Teoriya tanka [Theory of the tank]. Moscow: Izdanie akademii bronetankovykh voysk Publ., 1973. 494 p.
 17. Kolobov G.G., Parfenov A.P. Tyagovye kharakteristiki traktorov [Traction characteristics of tractors]. Moscow: Mashinostroenie Publ., 1972. 157 p.
 18. Platonov V.F., Azaev V.S., Aleksandrov E.B i dr. Mashinostroenie. Entsiklopediya. Kolesnye i gusenichnye mashiny [Mechanical engineering. Encyclopedia. Wheeled and caterpillar vehicles.]. Vol. IV-15. Pod obshch. red. V.F. Platonova. Moscow: Mashinostroenie Publ., 1997. 688 p.