

УДК 629.114

АНАЛИЗ ОСОБЕННОСТЕЙ КОНСТРУКЦИИ ГУСЕНИЧНЫХ
ДВИЖИТЕЛЕЙ САМОХОДНЫХ МАШИН ДВОЙНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Сокол П.А.¹, Могутнов Р.В.¹, Удалых Н.С.¹, Попиков П.И.²

¹Федеральное государственное казенное военное образовательное учреждение высшего образования «Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил

«Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»» (г. Воронеж) Министерства обороны Российской Федерации

²Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова»

E-mail: popikovpetr@yandex.ru

Аннотация: Гусеничные транспортные средства обладают высокой проходимостью и применяются в местностях с тяжелыми условиями эксплуатации. Для хорошей проходимости у гусеничного движителя должен быть большой коэффициент сцепления с грунтами, минимальное удельное давление на грунт. Показатель эффективности применения гусеничных транспортных средств определяется с учетом конструктивных особенностей гусеничных движителей и природно-климатических условий. Применение новых технических решений в конструкции гусеничных транспортных средств будет способствовать повышению коэффициента технической готовности за счет надежности техники в различных условиях эксплуатации.

Ключевые слова: гусеничный движитель, каретка, опорный каток, сопротивление, сцепление.

ANALYSIS OF FEATURES OF TRACK DESIGN

DUAL PURPOSE MOVERS OF SELF-PROPELLED MACHINES

Sokol P.A.¹, Mogutnov R.V.¹, Udalykh N.S.¹, Popikov P.I.²

¹Federal State Treasury Military Educational Institution of Higher Education «Military Training and Scientific Center of the Air Force «Air Force Academy named after Professor N. E. Zhukovsky and Yu. A. Gagarin»» (Voronezh) of the Ministry of Defense of the Russian Federation

²Federal State Budget Educational Institution of Higher Education «Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov»

E-mail: popikovpetr@yandex.ru

Summary: Tracked vehicles have high traffic and are used in areas with difficult operating conditions. The caterpillar mover should have a large coefficient of adhesion to the ground and a minimum specific pressure on the ground for good cross-country ability. The efficiency indicator of the tracked vehicles using is determined taking into account the design features of the tracked movers and natural and climatic conditions. The using of new technical solutions in the design of tracked vehicles will help increase the coefficient of technical readiness due to the reliability of technology in various operating conditions.

Keywords: caterpillar vehicle, carriage, track roller, resistance, grip.

Проходимость гусеничных транспортных средств (ГТС) характеризуется удельным давлением на грунт (отношением веса ГТС и внешних сил к площади контакта движителя с опорной поверхностью (ОП)), клиренсом, сцепными показателями. Высокую проходимость имеет ГТС, с развитой ОП гусеничного движителя, минимальным удельным давлением на ОП. Глубина погружения гусеничного движителя в колею прямо пропорциональна среднему удельному давлению на ОП. ГТС не теряет тяговую динамику даже при погружении в грунт до половины по высоте гусеничного движителя. Ходовая часть ГТС работает в условиях постоянного загрязнения при преодолении бродов, заболоченных участков, и попадание грязи и воды к подшипникам качения вызывает преждевременный выход их из строя, поэтому все подшипники ходовой части, в том числе и подшипники ведущего колеса, должны тщательно уплотняться. При забивании ступицы колеса грязью или плотным мокрым снегом повышаются потери тяговой мощности на перематывание гусениц, также возможно спадание гусеницы с ведущего колеса или ее разрыв. При движении по снежной ОП возникает процесс намерзания снега на беговые дорожки гусеничного движителя, вызывая их критический натяг, т.е. происходит распор гусениц, снижающий тяговую динамику ГТС, а также вызывающий разрушение резиновой ошиновки опорных катков. Для увеличения проходимости ГТС по слабо-несущим ОП используются шипы (шпоры), а для движения по заболоченной местности применяются резинометаллические гусеницы с развитой ОП, однако, дополнительные грунтозацепы не позволят двигаться со скоростью более 10-12 км/ч. Движение ГТС, особенно с прицепом, по обледенелым дорогам часто бывает неустойчивым, т.к. грунтозацепы не врезаются в лед, а силы трения металла по льду слишком малы, чтобы удерживать машину от бокового скольжения. Поэтому, целесообразно было бы для движения по обледенелым дорогам применять траки с шероховатой ОП, однако, такая поверхность будет достаточно быстро изнашивать-

ся. В технических характеристиках ГТС завод-изготовитель указывает среднее удельное давление гусеничного движителя на ОП, но в процессе смещения от центра опорного контура равнодействующей внешних сил величина удельного давления будет различаться по геометрической длине гусеничной ленты и для каждой гусеницы движителя. Конструктивно металлические гусеницы имеют общий недостаток – достаточно большую массу при ограниченной площади ОП. Так, для многоцелевых тягачей и транспортеров-тягачей двойного назначения масса гусеничных лент может составлять до 10-12 % (а для отдельных ГТС может достигать 14-17 %) от полной массы тягача, а площадь ОП гусеничных лент может обеспечить удельное давление на ОП в пределах 0,4-0,65 бар, это может достигаться конструктивным уширением гусениц, приводя к увеличению их массы [1]. Уширение гусеничных лент в пределах 900 мм и более также приводит к увеличению их массы, которая может составить до 30 % массы ГТС. Наиболее существенным недостатком гусеничных лент с открытым шарниром является их низкий срок службы, а применение для снегоболотоходных ГТС гусеничных цепей с закрытым или упругим шарниром затруднительно, т.к. их вес на 15-20 % выше, чем у гусениц с открытым шарниром. Современные резинометаллические гусеницы представляют собой ленты, соединенные стяжками из металла, т.к. конструктивно не всегда удается обеспечить надежное зацепление гусеничной ленты с ведущей звездочкой, а малая поперечная жесткость гусеничной ленты может привести к потере гусеницы при повороте ГТС. Решетчатая конструкция обеспечивает удовлетворительную самоочищаемость гусеничной ленты, способствуя повышению тяговых показателей на слабонесущих и вязких ОП (рис. 1).

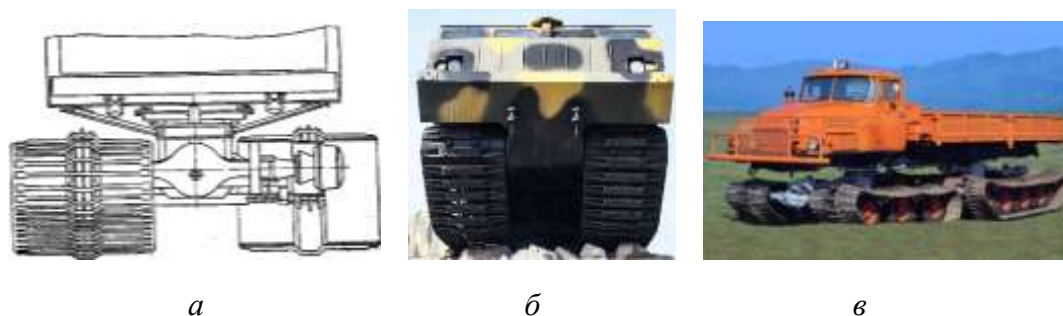


Рисунок 1 – Ходовая часть (а, б) и общий вид ленточного гусеничного движителя (в)

Результаты проведенных исследований показывают, что КПД движителей с резинометаллическими гусеницами выше, чем у гусеничных движителей других типов [2]. Но они обладают существенными недостатками, ограничивающими их

применение: возникновением упругих, а также остаточных деформаций при их растяжении; зависимостью структурных качеств материала гусеничной ленты от температуры окружающей среды, быстрым износом резиновой части гусеничной ленты; значительным количеством крепежных и соединительных деталей, которое приводит к увеличению трудозатрат во время сборки гусеничных лент, а также росту числа стыков лент, возрастанию веса гусениц, увеличению их жесткости при изгибе на дуговых ветвях и, следовательно, к снижению КПД гусеничного движителя. В то же время, ленточные гусеницы обеспечивают минимальное удельное давление на ОП (до 0,16 бар) [3].

Однако, преимущества ленточных гусениц перед металлическими побуждают вести исследование по усовершенствованию конструкции резинометаллического гусеничного движителя. Конструктивно ленточные гусеницы различаются по числу лент и их геометрической длине, по типу каркаса лент и его поперечин, а также величине гибкого участка ленты.

С целью повышения тяговых показателей и проходимости специальной колесной техники на колесные движители устанавливают легкоъемные гусеницы (рис. 2), что позволяет получить увеличение площади контакта колесного движителя с ОП и уменьшить удельное давление на грунт.



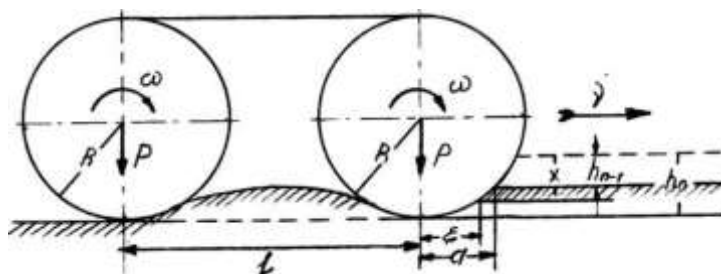
Рисунок 2 – Металлическая гусеница двухосного колесного движителя

В настоящее время широко применяется гусеница без боковых упоров, но она имеет недостатки. Радиус от центра колеса до соединительных звеньев меньше, чем до поверхности шины, а угловая скорость этих точек при движении не может быть различной, поэтому шины при движении проворачиваются внутри гусеницы, что приводит к увеличению расхода топлива, рывкам при движении, которые передаются на ведущие шестерни тандемного моста. В процессе эксплуатации широкие траки лопаются вдоль, и за один – два оборота могут разрезать обе пневматические шины тандемного моста. Другой вариант гусеницы, монтируемой на ведущие колеса балансирных тележек, состоит из соединенных между собой

звеньев, на внешнюю поверхность которых навариваются грунтозацепы.

На грунтах с низкой несущей способностью машина с легкоъемными гусеницами имеет низкое удельное давление и за счет большой площади развивает касательную силу тяги на 20-26 % выше, а коэффициент сцепления возрастает на 16-22 % по сравнению с колесным двигателем при прочих равных условиях [4]. Таким образом, гусеницы для колесных двигателей необходимы при проведении работ в условиях слабонесущих грунтов, а также в зимний период. Рядом авторов было установлено, что при упругой деформации гусеничной ленты возникает некоторое разгрузочное давление, приводящее к снижению величины силы воздействия ГТС на ОП, схема их деформации под гусеницей с упругой жесткостью показана на рисунке 3 [5].

При возрастании величины внешних контактных напряжений, действующих на недеформируемые ОП, происходит пластическая деформация верхнего слоя, впоследствии переходящая в течение материала, при этом величина пластической деформации бывает несколько большей, а поверхность при малых по величине деформациях разрушается на составные части [6], что подразумевает потерю прочности ОП. При наличии объемной деформации возникает потеря прочности материала в процессе формоизменения. Изменение прочности материала ОП происходит в виде разрыва под действием вертикальных напряжений по площадкам отрыва и в виде пластического сдвига вдоль площадок скольжения и течения материала. Возможно возникновение одновременно действующих процессов хрупкого сдвига и объемной пластической деформации материала ОП, а сам процесс сопротивления ОП разрушению из-за сдвига состоит из сил сцепления при сдвиге, не зависящих от вертикального давления по площади скольжения, и внутреннего трения, зависящего от вертикального давления на ОП.



R – радиус ведущего колеса; $hn-1$ – осадка машины после $n-1$ кратного прохода; ξ – расстояние от пятна контакта ведущего колеса с опорной поверхностью до края опорной поверхности; ω – угловая скорость вращения ведущего колеса; P – вертикальная сила от веса машины; v – скорость движения машины; l – расстояние между центрами ведущих колес
Рисунок 3 – Схема деформации опорной поверхности под колесно-гусеничным двигателем

При выполнении технологических операций на лесосеках Российской Федерации используются специальные лесные тракторы ЛХТ-55, ЛХТ-100-04(06), ТЛТ-100, ТДТ-55А, ТТ-4М и созданные на их базе агрегатные лесосечные машины: валочные, валочно-трелевочные, сучкорезы. Среднее удельное давление их гусеничных движителей на ОП составляет 0,4-0,45 бар, а ширина гусениц находится в пределах 440-640 мм [7].

В заключение необходимо подчеркнуть, что реализация новых технических решений в конструкциях гусеничных движителей, отмеченных в данной статье, может существенно повысить технический уровень отечественных самоходных машин двойного назначения и уменьшить степень воздействия на почво-грунты лесосек. Данная проблема является актуальной и требует дальнейшего изучения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Борщов, Т. С. Землеройные машины / Т. С. Борщов. – Ленинград : Издательство сельскохозяйственной литературы, журналов и плакатов, 1961. – 320 с.
- 2 Антонов, А. С. Армейские гусеничные машины. Конструкция и расчет. Часть 2 / А. С. Антонов, В. И. Белокосов, И. С. Новохатько. – Москва : ВИ МО СССР, 1974. – 432 с.
- 3 Селиванов, И. И. Автомобили и транспортные гусеничные средства высокой проходимости / И. И. Селиванов. – Москва. : Издательство "Наука" Академия наук СССР. Всесоюзный институт научной и технической информации, 1967. – 270 с.
- 4 Протас, П. А. Повышение тягово-сцепных свойств и показателей проходимости колесных форвардеров / П. А. Протас, С. Н. Пищов, И. В. Шпак // Минск : БГТУ. – С. 166-167. – URL: <http://e.biblio.bru.by/bitstream/handle/12121-21212/573/%D0%B4%D0%BE%D0%BA%2088.pdf?sequence=2&isAllowed=y>.
- 5 Базаров, С. М. Влияние деформации движителей колесно-гусеничных машин на их проходимость по лесосеке / С. М. Базаров, И. В. Григорьев, Д. С. Киселев, А. И. Никифорова, А. В. Иванов // НИР № 01201255482 "Разработка теоретических основ сквозных технологических процессов и модульных систем машин лесозаготовительного производства". – С. 36-40.
- 6 Гольдштейн, М. Н. Механические свойства грунтов / М. Н. Гольдштейн. – Москва : Издательство литературы по строительству, 1971. – 367 с.
- 7 Бартенев, И. М. Состояние и направления развития тракторостроения для лесного комплекса России / И. М. Бартенев, М. В. Драпалюк // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2012. – № 11. – С. 3-7.