

ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ ДВИЖИТЕЛЕЙ НА ПОКАЗАТЕЛИ ЭФФЕКТИВНОСТИ КОЛЕСНЫХ МАШИН ПРИ ДВИЖЕНИИ ПО СНЕГУ

Зезюлин Д.В., Вахидов У.Ш., Макаров В.С., Беляков В.В.

ФГБОУ ВПО «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева», Нижний Новгород, Россия (603950, ГСП-41, г. Н. Новгород, ул. Минина, д. 24), e-mail: balakhnaman@gmail.com

В статье рассматривается вопрос развития методов оценки эффективности колесных транспортных средств в условиях заснеженной местности. Решающее влияние на уровень показателей эффективности машины оказывает степень соответствия нагрузочных и размерно-жесткостных характеристик шин условиям движения по снегу. Проведено сравнение показателей эффективности машин разных весовых категорий с различными параметрами колесных движителей и определены границы эффективности их технико-экономического использования. В качестве объектов исследований были выбраны автомобиль ГАЗ-66 и ЗВМ – 3966 «СИВЕР», а также Трэкол 39041 и УАЗ 31514. Анализ эффективности данных транспортных средств показал, что на малых глубинах снега более эффективными являются автомобили ГАЗ-66 и УАЗ 31514, на больших – ЗВМ – 3966 «СИВЕР» и Трэкол 39041. Результаты работы имеют важное практическое значение для деятельности научно-исследовательских лабораторий и автомобильных предприятий, занимающихся вопросами проектирования многоцелевых колесных машин для работы в северных регионах.

Ключевые слова: эффективность колесных машин, снег.

INFLUENCE OF THE WHEELS PARAMETERS FOR EFFECTIVENESS OF VEHICLES IN SNOW-COVERED TERRAIN

Zezyulin D.V., Vakhidov U.S., Makarov V.S., Belyakov V.V.

Nizhny Novgorod State Technical University. R.E.Alekseyev, Nizhny Novgorod, Russia (603950, Nizhny Novgorod, street Minin, 24), e-mail: balakhnaman@gmail.com

The question of development of methods for evaluation of effectiveness of wheeled vehicles in snow-covered terrain is considered. Decisive influence on level of effectiveness of the vehicle has a degree of consistency of size-stiffness characteristics of the tire with the conditions of snow-covered terrain. The comparison of performance indicators of vehicles of different weight categories with different tyres was made. The boundaries of the effectiveness of their technical and economic use were identified. As objects of probes the GAZ-66 car and ZVM – 3966 "SIVER", and also Trekol 39041 and UAZ 31514 were chosen. The analysis of efficiency of these vehicles showed that on small depths of snow more effective are GAZ-66 cars and UAZ 31514, on big - ZVM – 3966 "SIVER" and Trekol 39041. The results are important for the activity of research laboratories and automotive companies involved in the design of multi-purpose wheeled vehicles to operate in cold regions.

Keywords: effectiveness of wheeled vehicles, snow.

Оценку проходимости машин в условиях заснеженной местности проводят по зависимости запаса силы тяги от высоты снежного покрова [5]. При этом условием проходимости является наличие запаса силы тяги, а показателем проходимости – преодолеваемая высота данного снежного покрова. Другим важным моментом при проектировании колесных машин повышенной и высокой проходимости является расчет цены достижения заданной цели: эксплуатационных затрат и сроков выполнения операции. Обобщающим показателем, характеризующим оптимальность функционирования машины в заданных условиях эксплуатации, является эффективность. Повышение эффективности использования колесных машин при движении по снегу может быть достигнуто за счет усовершенствования конструкции как самой машины, так и её движителя.

Теоретической основой для исследования влияния параметров двигателей на показатели эффективности колесных машин при движении по снегу является математическая модель, разработанная и успешно используемая в НГТУ им. Р.Е. Алексеева [1–4]. С использованием данной математической модели проведена расчетная оценка эффективности различных по назначению и грузоподъемности транспортных средств в условиях заснеженной местности.

Необходимо отметить, что в настоящее время нет общепринятых показателей, позволяющих оценить эффективность транспортных средств при движении по снежному покрову. В качестве критериев для оценки эффективности использования мощности двигателя колесных машин наиболее часто используются показатели транспортной и тяговой эффективности [5; 7]. Выбор критерия оценки эффективности машины определяется функциональным назначением транспортного средства.

Под транспортной эффективностью принято понимать отношение транспортной производительности к соответствующей входной мощности системы, а под тяговой эффективностью – отношение мощности на крюке к соответствующей мощности, вырабатываемой двигателем:

$$\eta_{эфф} = \frac{(m_{\Gamma} g, F_{кр}) \cdot V}{T_e \cdot \omega_e} = \frac{(m_{\Gamma} g, F_{кр}) \cdot V}{T_k \cdot \omega_k / \eta_{мп}}, \quad (1)$$

где m_{Γ} – масса перевозимого груза; $F_{кр}$ – сила тяги на крюке машины; V – скорость транспортного средства; T_e – крутящий момент двигателя; ω_e – угловая скорость вращения вала двигателя; T_k – момент, передаваемый колесу от двигателя через трансмиссию; ω_k – угловая скорость вращения колеса; $\eta_{мп}$ – к.п.д. трансмиссии.

Анализ показателей эффективности работы транспортных средств в заданных условиях заснеженной местности позволяет принять обоснованное решение о целесообразности формирования определенного варианта ходовой части машины. С использованием приведенных критериев конструктор на стадии проектирования может подобрать параметры пневмоколесного двигателя так, чтобы обеспечивалась необходимая производительность машины при минимально возможных энергетических затратах.

На рис. 2 приведен пример результатов расчетных исследований для автомобилей ГАЗ-66 на шинах КИ-115А 12.00 R18 (рис. 1, а) и ЗВМ – 3966 СБХ «СИБЕР» на шинах ИЯВ-79 (21,3-24) 1400x540 (рис. 1, б). Полные массы автомобилей близки и находятся в пределах 5800–6150 кг.

В результате расчетов определены области эффективного использования колесных транспортных средств в условиях заснеженной местности. Представленные графики (рис. 2)

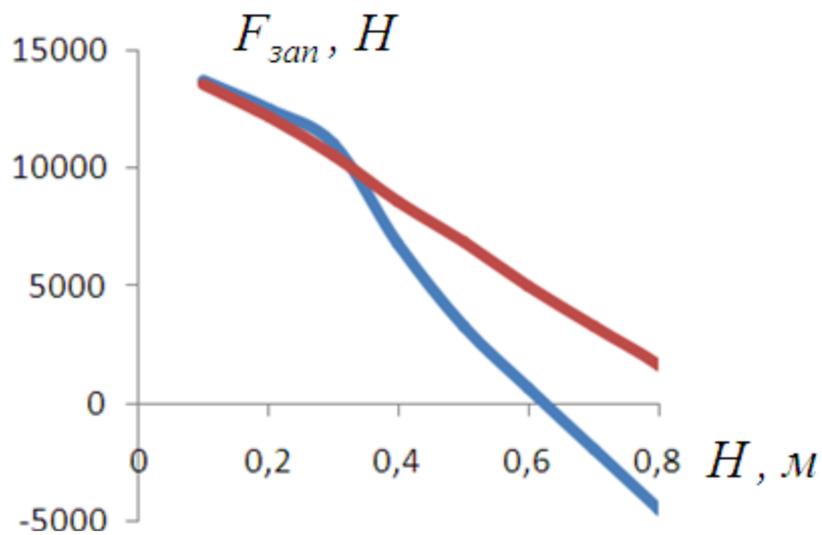
демонстрируют следующее: при выборе оптимальной конфигурации движителя необходимо учитывать, что при одинаковом уровне проходимости колесных машин по снегу показатели их эффективности могут значительно различаться.



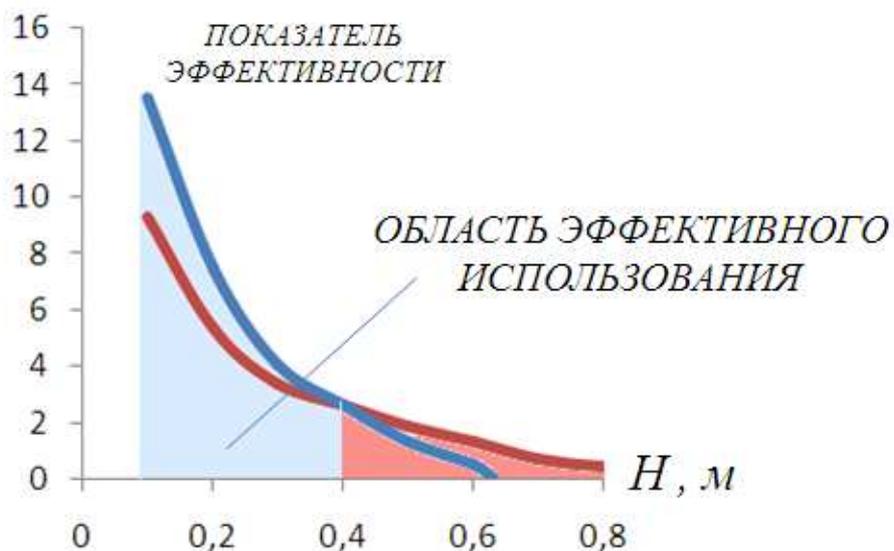
a

б

Рис. 1. Объекты расчетных исследований: *a* – автомобиль ГАЗ-66; *б* – ЗВМ – 3966 СБХ «СИВЕР».



a



б

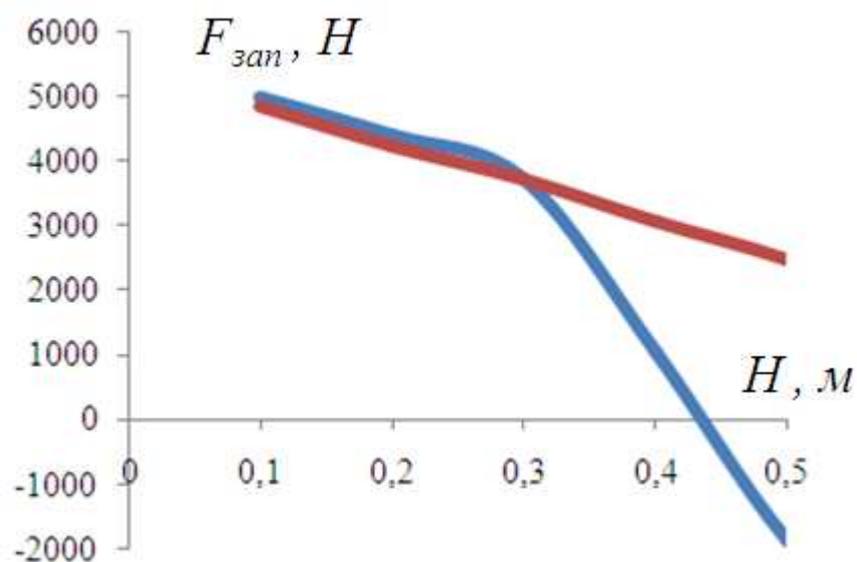
■ – ЗВМ – 3966 СБХ «СИВЕР»; ■ – автомобиль ГАЗ-66.

Рис. 2. Зависимости: *a* – запасов силы тяги сравниваемых машин от высоты снега; *б* – показателей транспортной эффективности сравниваемых машин от высоты снега.

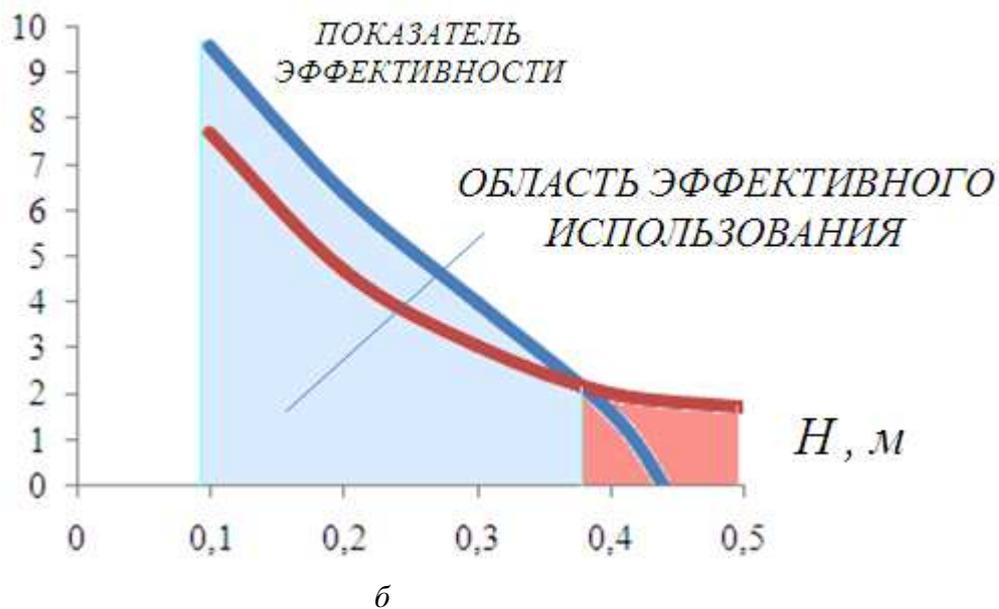
На рис. 4 представлен еще один пример определения технико-экономической целесообразности применения конкретного типа двигателя для машин (рис. 3) одной весовой категории (полная масса 2350–2500 кг) в различных условиях эксплуатации. Кроме того, на рис. 5 приведена графическая иллюстрация зависимости удельных сопротивлений движению сравниваемых машин от высоты снега. Из представленных графиков (рис. 5) видно, что по величине удельных затрат энергии не целесообразно судить об эффективности транспортного средства, так как это приводит к ошибочным прогнозам и неправильному выбору геометрических параметров колес в сочетании с другими характеристиками двигателя и шасси.



Рис. 3. Объекты расчетных исследований: Трэкол 39041 и УАЗ 31514.

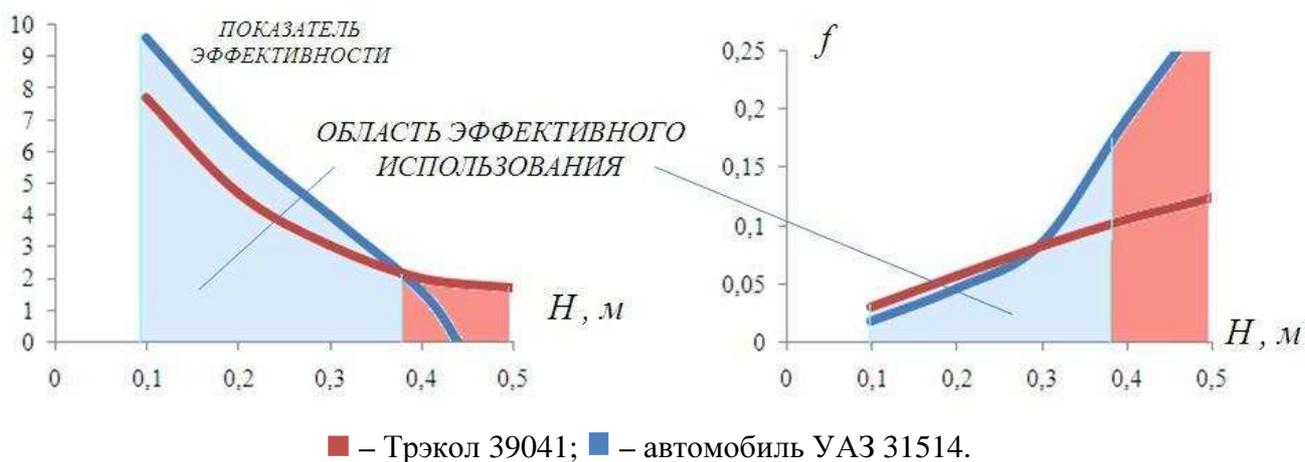


a



■ – Трэкол 39041; ■ – автомобиль УАЗ 31514.

Рис. 4. Расчетные зависимости: *a* – запасов силы тяги сравниваемых машин от высоты снега; *б* – показателей транспортной эффективности сравниваемых машин от высоты снега.



■ – Трэкол 39041; ■ – автомобиль УАЗ 31514.

Рис. 5. Соотношение зависимостей показателей транспортной эффективности (слева) и удельных сопротивлений движению (справа) сравниваемых машин от высоты снега.

В результате выполнения данной работы определены области эффективного использования (области технико-экономической целесообразности применения) целого ряда транспортных средств различных весовых категорий в условиях заснеженной местности, а также получены обоснованные рекомендации по выбору конструктивных и эксплуатационных параметров двигателей, способствующих повышению эффективности колесных машин при передвижении по снежному покрову.

На рис. 6 представлены примеры результатов расчетной оценки влияния параметров двигателей на эффективность колесных транспортных средств при движении по снегу.

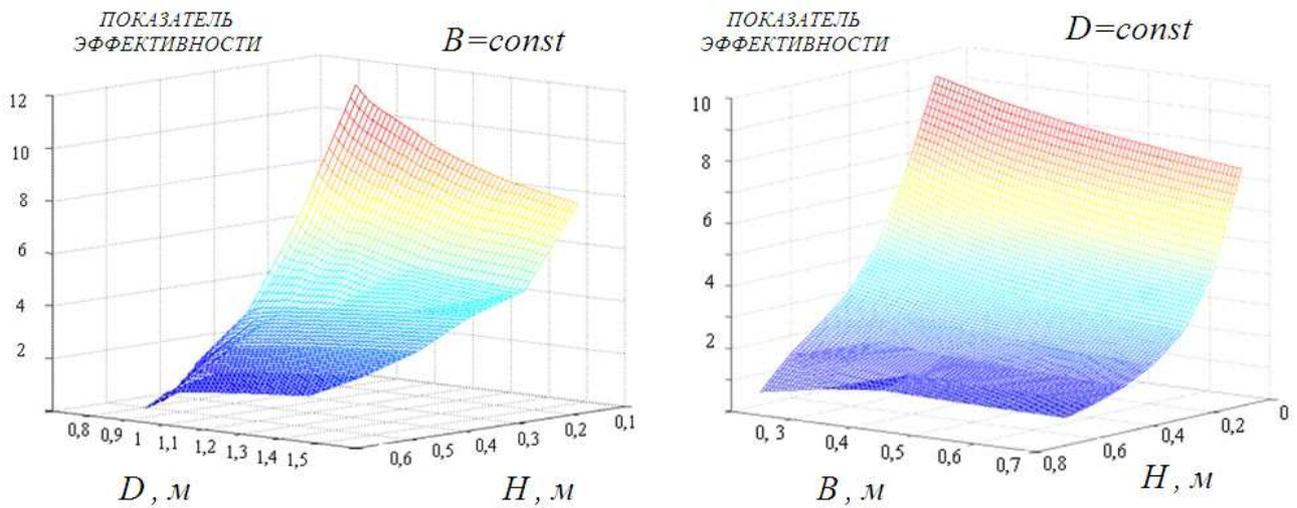


Рис. 6. Влияние геометрических размеров шин на транспортную эффективность машины (гипотетический образец полной массой 6 тонн) при движении по снегу: а – наружного диаметра D при $B=const$; б – ширины профиля шины B при $D=const$.

Приведенные данные свидетельствуют о том, что конструкционные параметры движителя влияют на эффективность колесной машины неоднозначно, а порой и противоречиво. При небольшой высоте снега увеличение диаметра колеса ведет к снижению эффективности, а при достаточно большой высоте снега (0,3–0,6 м) – к увеличению. При большой высоте снежного покрова, как видно, после определенного значения диаметра колеса снижается прирост эффективности, поэтому после некоторого значения диаметра не целесообразно его увеличение. Кроме того, не следует забывать, что чрезмерное увеличение диаметра колес приводит к снижению предельного угла опрокидывания автомобиля на косогоре, а также к значительному усложнению конструкции. Изменение ширины пневмоколесного движителя ведет к аналогичному изменению показателей эффективности, но изменение происходит в меньших пределах.

При проектировании машины с учетом заданных условий движения для принятия окончательного решения о выборе конструкционной конфигурации пневмоколесного движителя следует рассматривать корреляцию показателей проходимости и эффективности (рис. 7). В результате анализа расчетных данных установлено, что для всех рассмотренных весовых категорий колесных машин существует область рациональных (с точки зрения эффективности в условиях заснеженной местности) сочетаний геометрических размеров колес. Вместе с тем границы этой области изменяются в зависимости от характеристик снежного покрова.

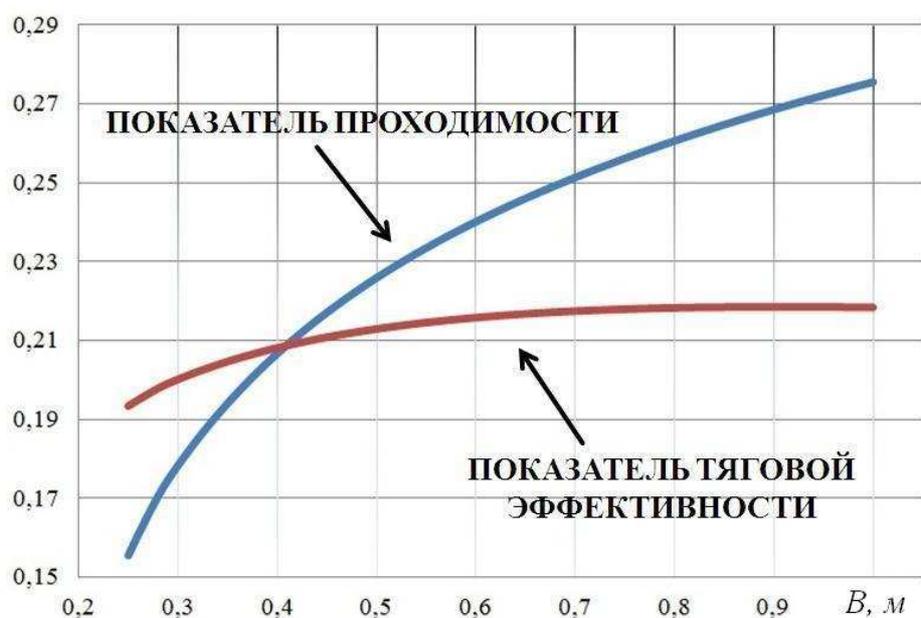


Рис. 7. Соотношение показателей проходимости и эффективности машины полной массой 11,5 тонн с колесной формулой 8x8 в зависимости от ширины колеса при высоте снега $H=0,5$ м.

Тематика данного исследования соответствует пункту Перечня критических технологий Российской Федерации «Технологии создания энергоэффективных двигателей и движителей для транспортных систем».

Список литературы

1. Вездеходные транспортно-технологические машины / под ред. В.В. Белякова и А.П. Куляшова. – Н. Новгород : ТАЛАН, 2004. – 960 с.
2. Макаров В., Беляков В. Расчет проходимости колесных машин при криволинейном движении по снегу. – LAP Lambert Academic Publishing GmbH & Co. – 2012. – 160 с.
3. Макаров В.С. Расчет проходимости колесных машин при криволинейном движении по снегу / В.В. Беляков [и др.] // Вестник Ижевского государственного технического университета. – 2010. – № 3 (47). – С. 35-38.
4. Макаров В.С. Методика расчета и оценка проходимости колесных машин при криволинейном движении по снегу : дисс. ... канд. техн. наук: 05.05.03. – Н. Новгород, 2009. – 161 с.
5. Снегоходные машины / Л.В. Барахтанов [и др.]. – Горький : Волго-Вятское кн. изд-во, 1986. – 191 с.
6. Wong J.Y. Terramechanics and Off-Road Vehicle Engineering. – Second Edition. – England, Oxford : Elsevier. – 2010. – 488 p. – ISBN: 978-0-7506-8561-0.

7. Wong J.Y. Theory of Ground Vehicles. – Fourth Edition. – New York : John Wiley, 2008. – 592 p. – ISBN: 978-0-470-17038-0.

Рецензенты:

Барахтанов Л.В., д.т.н., профессор кафедры «Автомобили и тракторы» ФГБОУ ВПО «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева», г. Нижний Новгород.

Шапкин В.А., д.т.н., профессор кафедры «Строительные и дорожные машины» ФГБОУ ВПО «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева», г. Нижний Новгород.