

УДК 629.113

В.С. Макаров, В.Е. Колотилин, В.В. Беляков, Д.В. Зезюлин

**ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ КОЛЕСНЫХ МАШИН В ТЕЧЕНИЕ ЗИМЫ  
С УЧЕТОМ ИЗМЕНЧИВОСТИ ХАРАКТЕРИСТИК СНЕЖНОГО ПОКРОВА**

Нижегородский государственный технический университет им Р.Е. Алексеева

Рассматривается эффективность транспортно-технологических машин при движении по снегу. Приведена методика, включающая следующие расчеты: статистических параметров снежного покрова; проходимости; скорости движения и эффективности. Приведены графики зависимостей силы тяги, силы сопротивления и запаса силы тяги в течение снежного периода для автомобиля ГАЗ-66 при разных значениях вероятностей высот и плотностей снега. Даны графики тягово-скоростных свойств. Показаны зависимости изменения максимальных скоростей движения и транспортной эффективности машины в течение снежного периода.

Исследования проведены при поддержке «Грантов Президента РФ» № 14.124.13.1869-МК.

*Ключевые слова:* подвижность, эффективность, снег, высота, плотность.

Районы Крайнего Севера в Российской Федерации и приравненные к ним местности занимают 11 млн кв. км или почти 2/3 территории страны. Эти районы играют исключительно важную роль в национальной экономике и обороноспособности, обеспечении геополитических и стратегических интересов России. Здесь сосредоточены основные запасы природных ресурсов, добыча и переработка которых является важнейшей составной частью экономики и основой экспортного потенциала государства. Большинство видов профильной продукции Севера безальтернативно с позиции их возможного производства в других районах страны и приобретения по импорту.

Болота, сильное обводнение грунтов затрудняют строительство автомагистралей с твердым покрытием. По этим причинам почти весь (значительный) объем перевозок выполняется в зимнее время по неподготовленной местности или по временным (односезонным) автомобильным дорогам – автозимникам.

Возрастающая потребность в увеличении интенсивности транспортного потока (в ряде регионов до 200 тыс. тонн-нетто в год) ведет к поискам путей снижения эксплуатационных затрат (уменьшению энергозатрат) на передвижение по автозимникам, характеризующимся частыми снежными заносами.

В научно-технической литературе, посвященной анализу передвижения транспортно-технологических машин по снегу, есть один существенный недостаток. Рассматривая возможность движения по снегу, исследователи ограничиваются максимальными преодолеваемыми глубинами снежного покрова. При этом делается вывод, что некая конкретная машина едет по снегу определенной плотности и определенной глубины. Но никто не говорит о том, а нужны ли такие показатели проходимости [1-4].

Зная статистические характеристики снега: плотность и глубину залегания в течение года, а также продолжительность и сроки начала сезона в разных районах рассматриваемой территории, по известным зависимостям [5-9] можно получить параметры, необходимые для оценки подвижности, проходимости и эффективности функционирования колесных машин [10-12].

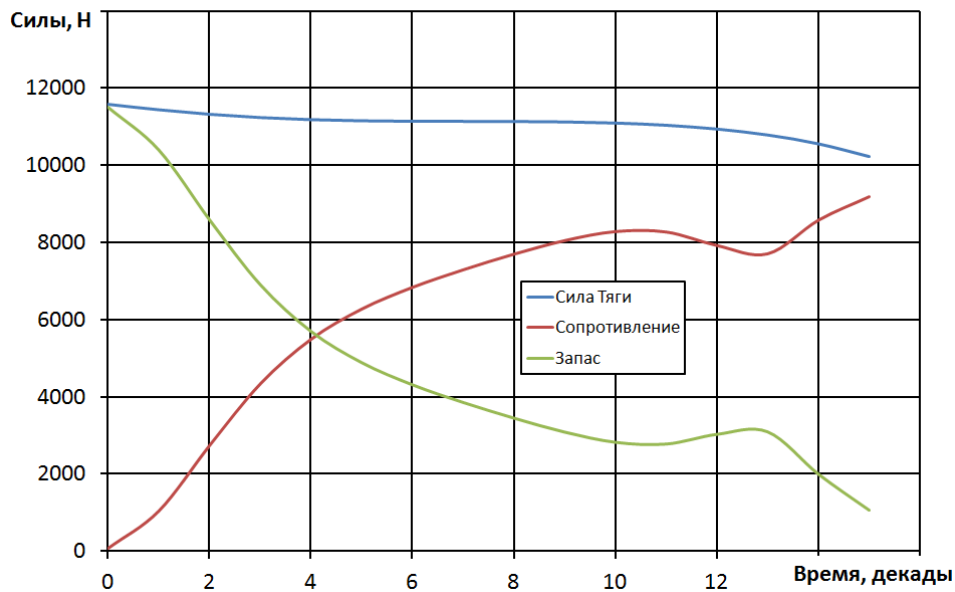
Под эффективностью следует понимать обобщающий показатель, характеризующий отношение результатов деятельности к затратам на их получение. Принимая во внимание, что создание энергоэффективной техники соответствует приоритету развития науки и техники Российской Федерации (Федеральный Закон от 28.09.2010 г. № 244), проводимое исследование является актуальным.

Рациональным критерием оценки эффективности колесных машин (КМ) при движе-

нии по снегу служит показатель, определяемый как отношение транспортной производительности к соответствующей входной мощности системы:

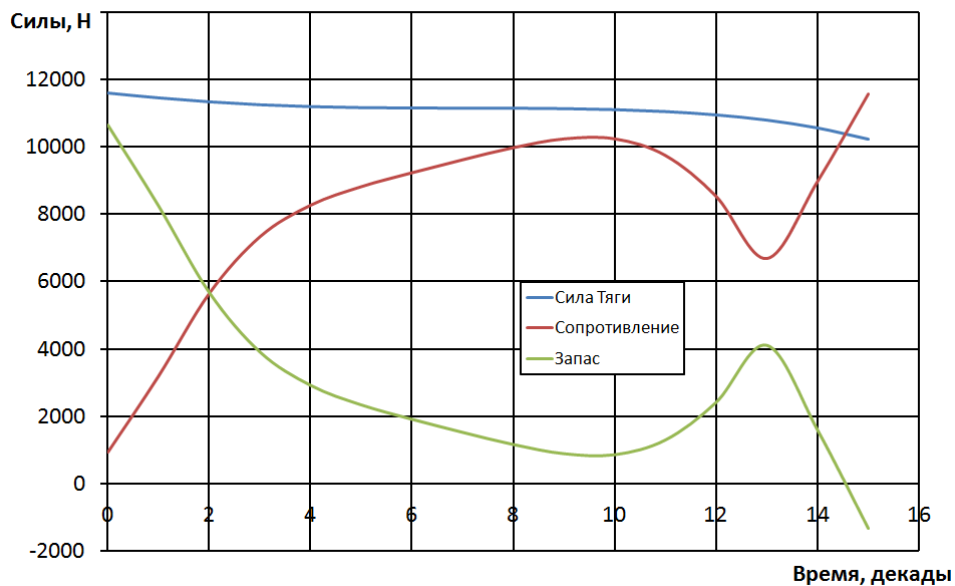
$$\eta_{\text{эфф}} = \frac{(m_{\Gamma} g)V}{P_e},$$

где  $m_{\Gamma}$  – масса перевозимого груза;  $V$  – скорость транспортного средства;  $P_e$  – потребляемая мощность двигателя машины. В предложенной зависимости есть параметр скорость. Для нахождения возможной скорости движения необходимо соотнести возможные значения тяговой силы и сопротивления движения. Рассмотрим как меняется силы тяги, сцепления и запаса силы тяги в течение снежного периода для конкретных примеров. Данные на рис. 1, 2, рис. 4, 5 приводятся для станции метеонаблюдения «Ветлуга» и автомобиля ГАЗ-66.



**Рис. 1. Графики изменения силы тяги, силы сопротивления и запаса силы тяги (50%-ная вероятность изменения высоты снега и 50%-ная вероятность изменения плотности)**

Для примера приведем данные для 95%-ной вероятности высоты снега (рис. 2).



**Рис. 2. Графики изменения силы тяги, силы сопротивления и запаса силы тяги (95%-ная вероятность изменения глубины снега и 50%-ная вероятность изменения плотности)**

Таким образом, видим, что происходит сначала интенсивный рост сопротивления, потом сопротивление равномерно растет, пока не начнется период таяния снега. При этом в начальный период наблюдается снижение сопротивления, вызванное увеличением плотности снега. При дальнейшем таянии снега происходит резкое увеличение сопротивления, что соответствует действительности. Как правило, последние две недели заснеженная местность становится непроходимой для большинства автомобилей.

Указанные графики на рис. 1 и рис. 2 показывают, как изменяется проходимость автомобиля. Рассмотрим, как в течение зимнего периода изменяется эффективность машины. Скорость движения определим, произведя тяговый расчет. Пример силового баланса автомобиля ГАЗ-66 показан на рис. 3.

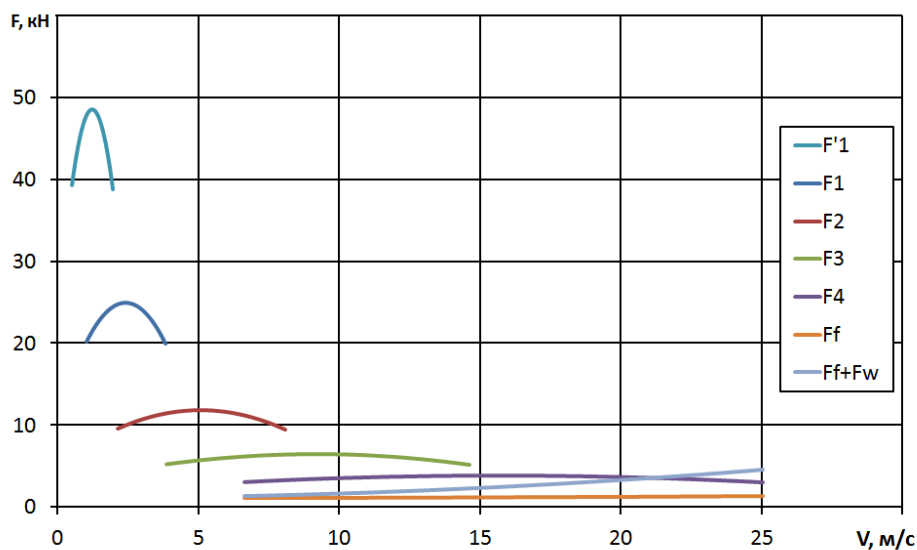


Рис. 3. Графики тягово-скоростных свойств (силового баланс) автомобиля ГАЗ-66

Таким образом, соотнося зависимости на графиках 1-2 с 3, можно получить возможные скорости движения. Сопоставим эти значения для отыскания зависимости изменения скорости движения и эффективности колесной машины в течение зимнего периода.

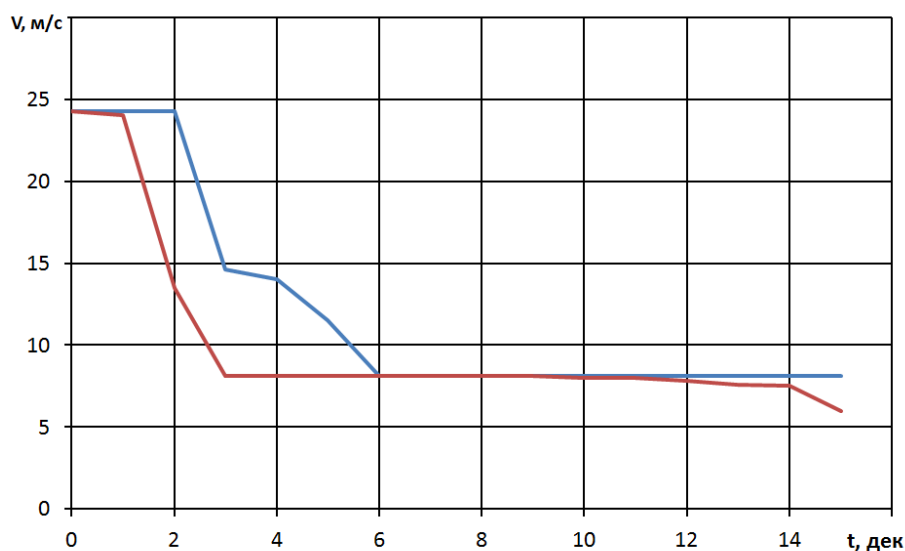


Рис. 4. Графики изменения скоростей движения при 50%-ной и 95%-ной вероятности изменения глубины снега и 50%-ной вероятности изменения плотности

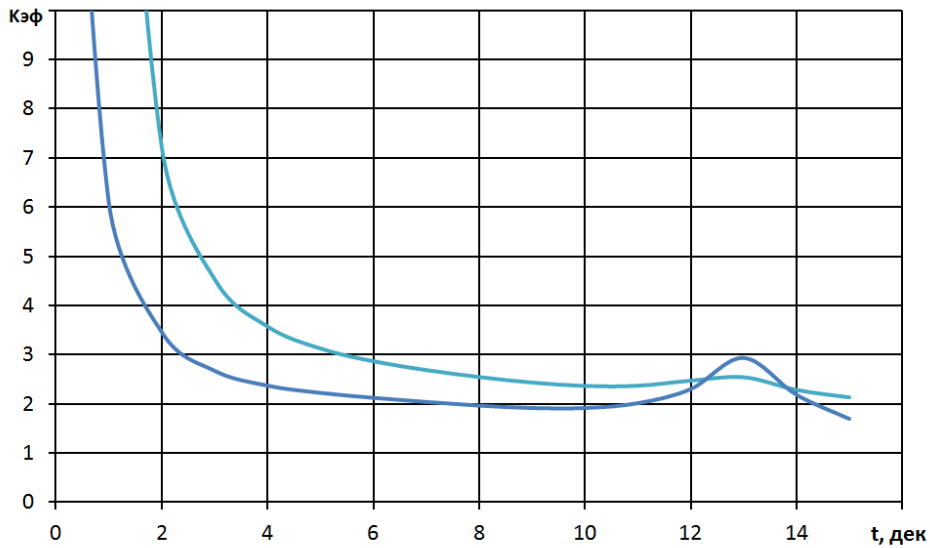


Рис. 5. Графики изменения транспортной эффективности при 50%-ной и 95%-ной вероятности изменения глубины снега и 50% вероятности изменения плотности

Рассмотрев, как меняется проходимость и эффективность КМ в течение зимнего периода, составим блок-схему методики.

Она включает в себя следующие подсистемы:

- 1) расчет статистических параметров снежного покрова – получение, обработку и анализ полученных данных;
- 2) расчет проходимости – определение тяги, сопротивления и запаса силы тяги;
- 3) расчет эффективности включает тяговый расчет.

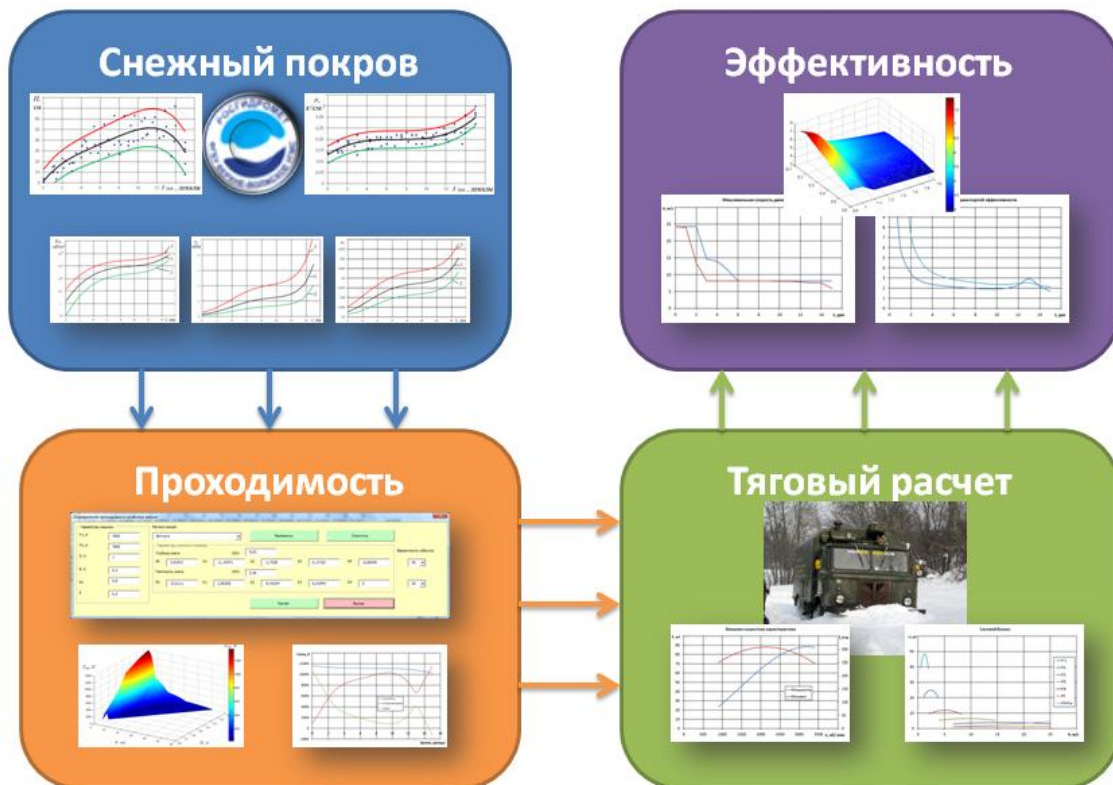


Рис. 6. Блок-схема методики определения эффективности колесных машин в течение зимнего (снежного) периода

*Исследования проведены при поддержке «Грантов Президента РФ» № 14.124.13.1869-МК.*

#### Библиографический список

1. **Зезюлин, Д.В.** Разработка методики выбора конструкционных параметров движителей, обеспечивающих эффективность движения колесных машин по снегу: дисс... канд. техн. наук: 05.05.03. – Н. Новгород, 2013. – 218 с.
2. **Зезюлин, Д.В.** Влияние параметров движителей на показатели эффективности колесных машин при движении по снегу / Д.В. Зезюлин [и др.] // Современные проблемы науки и образования. 2012. № 5; URL: [www.science-education.ru/105-6927](http://www.science-education.ru/105-6927) (дата обращения: 17.09.2012).
3. **Зезюлин, Д.В.** Расчетный анализ влияния параметров движителей на показатели эффективности колесных машин при движении по снежному полотну пути / Д.В. Зезюлин, В.С. Макаров, В.В. Беляков // Леса России и хозяйство в них. 2012. Т. 1–2. № 42–43. С. 41–42.
4. **Макаров, В.С.** Оценка эффективности движения колесных машин на основании статистических характеристик снежного покрова / В.С. Макаров [и др.] // Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева. – 2013. №1 С. 150–158.
5. **Макаров, В.С.** Статистический анализ характеристик снежного покрова // Современные проблемы науки и образования. 2013. № 1; URL: <http://www.science-education.ru/107-8289>.
6. **Макаров, В.С.** Формирование снежного покрова в зависимости от ландшафта местности и оценка подвижности транспортно-технологических машин в течение зимнего периода / В.С. Макаров [и др.] // Труды НГТУ им. Р.Е.Алексеева. 2013. №2. С. 155–160.
7. **Макаров, В.С.** Характер изменения снежного покрова как полотна пути с учетом неравномерности его залегания на местности / В.С. Макаров [и др.] // Современные проблемы науки и образования. 2013. № 4; URL: <http://www.science-education.ru/110-9696>.
8. **Макаров, В.С.** Многоуровневая модель снега как полотна пути для транспортно-технологических машин на примере территории Российской Федерации / В.С. Макаров, Д.В. Зезюлин, В.В. Беляков // Фундаментальные исследования. 2013. № 10. С. 270–276.
9. **Беляков, В.В.** К вопросу выбора экспериментальных данных для составления статистических моделей снежного покрова как полотна пути для транспортно-технологических машин / В.В. Беляков [и др.] // Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева. 2014. №1. С. 136–141.
10. **Макаров, В.С.** Анализ влияния местности на параметры снежного покрова / В.С. Макаров, Д.В. Зезюлин, В.В. Беляков // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований 2014. №8. С. 21–25.
11. **Макаров, В.С.** Снег как полотно пути для транспортных средств / В.С. Макаров, Д.В. Зезюлин, В.В. Беляков // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований 2014. №4. С. 21–24.
12. **Беляков, В.В.** Концепция подвижности наземных транспортно-технологических машин / В.В. Беляков [и др.] // Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева. 2013. №3. С. 145–174.
13. **Беляков, В.В.** Подвижность наземных транспортно-технологических машин / В.В. Беляков [и др.] // Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева. 2013. №4. С. 72–77.
14. **Беляков, В.В.** Подвижность и конкурентоспособность транспортно-технологических машин // Изв. АИН РФ им. акад. А.М. Прохорова. Транспортно-технологические машины и комплексы. 2003. Т. 5. С. 3–25.
15. Вездеходные транспортно-технологические машины. Основы теории движения. Научно-техническое издание: монография / под общ. ред. В.В. Белякова и А.П. Куляшова. – Н. Новгород: ТАЛИАМ, 2004. – 961 с.
16. **Беляков, В.В.** Взаимодействие со снежным покровом эластичных движителей специальных транспортных средств: дисс. ... док. техн. наук: 05.05.03. – Нижний Новгород, 1999. – 485 с.

*Дата поступления  
в редакцию 20.09.2014*

**V.S. Makarov, V.E. Kolotilin, V.V. Belyakov, D.V. Zeziulin**

**ESTIMATION OF EFFICIENCY OF WHEELED VEHICLES DURING THE WINTER,  
TAKING INTO ACCOUNT THE VARIABILITY OF SNOW CHARACTERISTICS**

Nizhny Novgorod state technical university n.a. R.E. Alexeev

The article considers the effectiveness of transport and technological machines when driving on snow. The methodology includes the calculation of statistical parameters of snow cover; calculation of trafficability; calculation of speed and efficiency. Graphs of traction, resistance forces and the stock of traction during snow season for the GAZ-66 at different values of the probability of heights and densities of snow are shown. Graphs traction and speed properties are also given. Dependences of change of maximum velocities and transport efficiency of the machine during the snow season are shown. The Investigations were carried out with the support of «The grants of the President of the Russian Federation» № 14.124.13.1869-МК.

*Key words:* mobility efficiency, snow, height and density.