

## ХАРАКТЕР ИЗМЕНЕНИЯ СНЕЖНОГО ПОКРОВА КАК ПОЛОТНА ПУТИ С УЧЕТОМ НЕРАВНОМЕРНОСТИ ЕГО ЗАЛЕГАНИЯ НА МЕСТНОСТИ

Макаров В.С., Папунин А.В., Зезюлин Д.В., 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: makvl2010@gmail.com*

В статье рассматривается подвижность транспортно-технологических машин по снегу. Дается описание изменения характеристик снежного покрова в зависимости от особенностей местности. Приведены зависимости изменения глубины и плотности снега в зависимости от продолжительности зимнего периода. На основании статистических данных за последние периоды построены зависимости, и приведены значения сроков залегания, выпадения и схода установившегося снежного покрова по данным станции метеонаблюдения Шахунья. Впервые представлены зависимости отклонения от средних значений глубины снега по результатам маршрутных снегосъемок. Впервые на основании исследований авторов для мерных участков в поле и в лесу были получены значения коэффициентов, учитывающие влияние ландшафта на глубину и плотность снега. Исследования проведены при поддержке грантов Президента РФ.

Ключевые слова: подвижность, статистические характеристики, глубина и плотность снега.

## THE NATURE OF THE CHANGES IN SNOW COVER AS TRACKS WITH THE UNEVENNESS OF ITS POSITION ON THE TERRAIN

Makarov V.S., Papunin A.V., Zezyulin D.V., Belyakov V.V.

*Nizhny Novgorod State Technical University n.a. R.E.Alekseev, Nizhny Novgorod, Russia (603950, Nizhny Novgorod, street Minina, 24), e-mail: makvl2010@gmail.com*

The article deals with the movability of transport and technological machines in the snow. A description of changes in the characteristics of the snow cover, depending on the terrain. The dependences of the changes in the depth and density of snow, depending on the duration of the winter period. Based on the statistical data for the most recent data dependences, and lists the date of occurrence, the loss and the steady descent of snow according to the meteorology station Shahunya. First presented according to the deviation from the average depth of snow on the results of route snow surveys. For the first time on the basis of the authors' for dimensional plots in field and forest were obtained coefficients that take into account the influence of the landscape on the depth and density of the snow. The studies were conducted with the support of grants the President of the Russian Federation.

Key words: movability, the statistical characteristics, depth and density of snow

**Подвижность** транспортно-технологических машин (ТТМ) – это интегральное эксплуатационное свойство, определяющее способность ТТМ выполнять поставленную задачу с оптимальной адаптивностью к условиям эксплуатации и состоянию самой машины. Одной из составляющих подвижности является *проходимость* – это эксплуатационное свойство, определяющее возможность движения автомобиля в тяжелых дорожных условиях и по бездорожью, а также при преодолении различных препятствий [1].

Проходимость транспортных средств по снегу определяется как конструкцией самой машины, так и характеристиками снежного покрова. При оценке проходимости по снегу определяющими факторами являются глубина и плотность снега [7]. На основании данных ВНИИГМИ-МЦД [2] можно получить вероятностные характеристики рассматриваемых параметров. Рассмотрим пример по станции метеонаблюдения «Шахунья» Нижегородской области.

В работах [8;9] приводятся данные о статистике распределения глубины и плотности снега в течение зимнего периода.

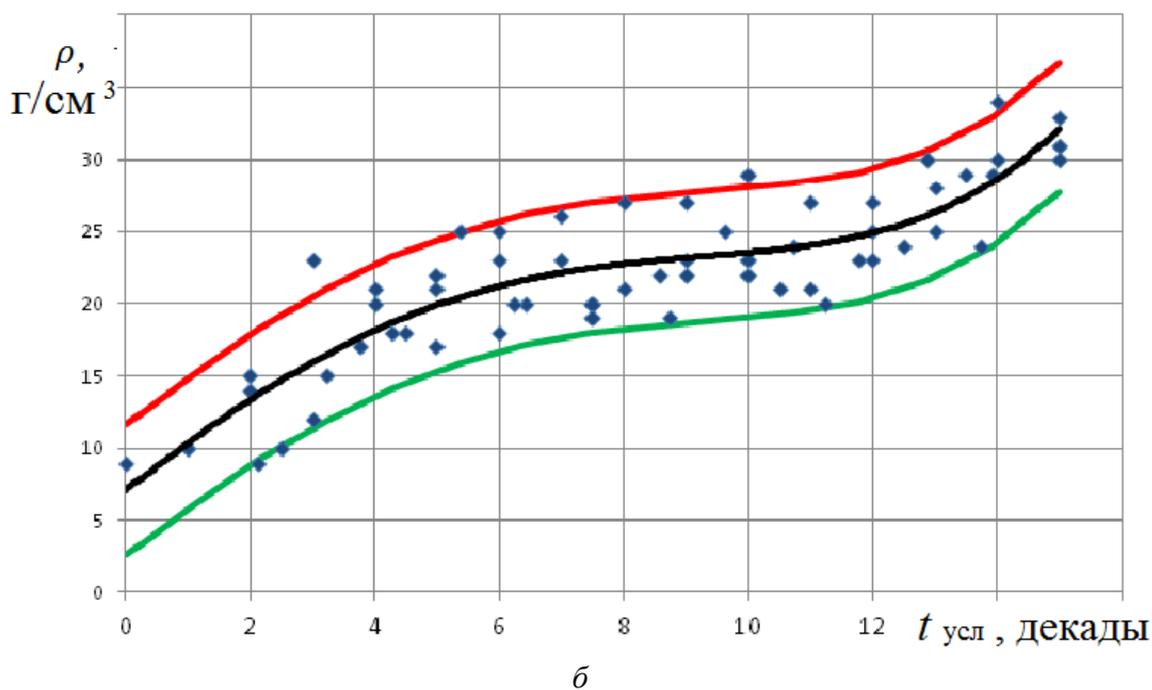
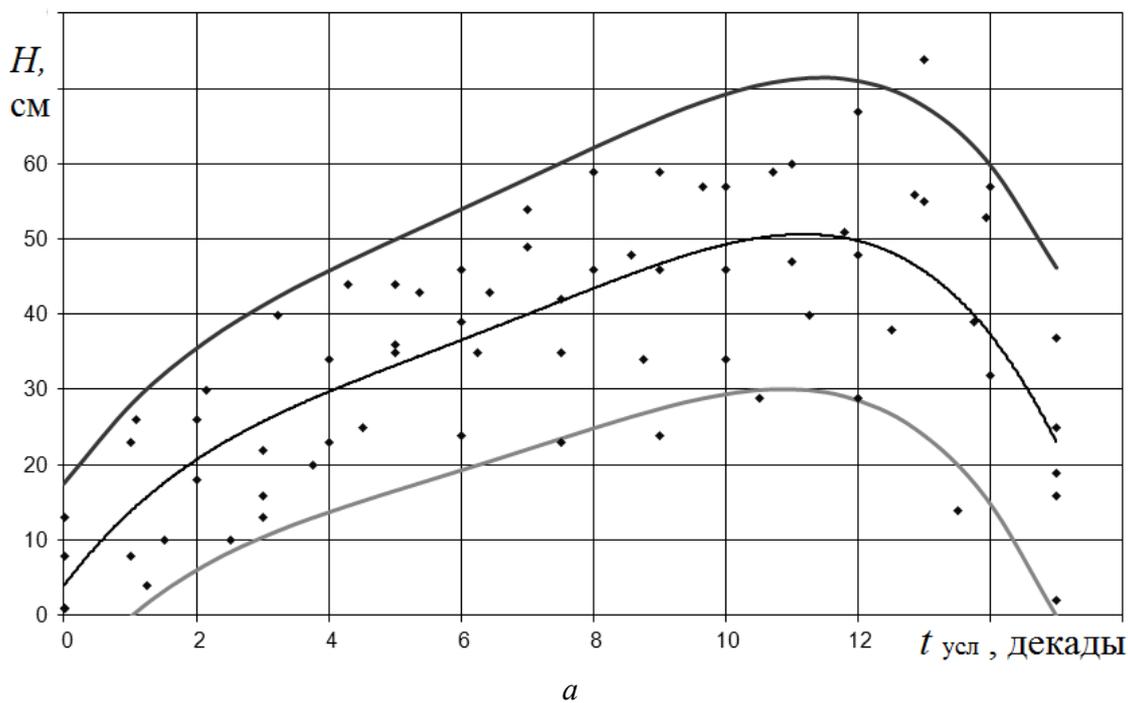


Рис. 1. Характеристики снежного покрова в зависимости от условной продолжительности зимнего периода по станции метеонаблюдения «Шахунья» Нижегородской области, полученные по результатам многолетних наблюдений: *a* – глубина, *б*- плотность

Средние значения глубины снежного покрова определяются по зависимости:

$$H = \sum_{i=0}^4 a_i t_{\text{усл}}^i,$$

где  $a_i$  – эмпирические коэффициенты,  $t_{усл}^i$  – текущая условная продолжительность зимнего сезона с установившимся снежным покровом ( $t_{усл}^i = \overline{(0,15)}$ ).

Зависимости для определения границ 5 и 95% вероятностей глубин снежного покрова определяются по:

$$H_{5(95)} = H \mp e^{0,5} \cdot \zeta \cdot \sigma,$$

где  $\zeta = T_{усл}^{-1}(e - 2)t_{усл}^i + 1$  – эмпирический коэффициент,  $\sigma$  - среднеквадратичное отклонение для станции метеонаблюдения,  $T_{усл}^i$  - условная продолжительность зимнего сезона с установившимся снежным покровом ( $T_{усл}^i = 15$ ).

Средние значения плотности снежного покрова определяются по зависимости:

$$\rho = \sum_{i=0}^4 b_i t_{усл}^i,$$

где  $b_i$  – эмпирические коэффициенты.

Зависимости для определения границ 5 и 95% вероятностей плотностей снежного покрова определяется по:

$$\rho_{5(95)} = \rho \mp e^{0,5} \cdot \sigma,$$

где  $\sigma$  - среднеквадратичное отклонение для станции метеонаблюдения.

Сроком начала залегания снежного покрова по рассматриваемой станции метеонаблюдения на основании данных за последние 20 лет можно считать 1 декаду ноября  $\pm 1$  декада. Срок схода снега 2 декада апреля  $\pm 1$  декада. Таким образом, сроки залегания установившегося снежного покрова составляют  $17 \pm 2$  декады.

Для связи реальных сроков залегания установившегося снежного покрова и условных предложена зависимость:

$$t_{усл}^i = \frac{T_{усл}^i (t - 1)}{T - 1} + 1,$$

где  $t$  - текущая декада и  $T$  – число декад продолжительности залегания снежного покрова.

Но в проведенном исследовании приведены данные для средних значений глубин. На практике снегосъемки [2] осуществляются 1 или 2 км (в поле и в лесу). Каждые 10 (в лесу) или 20 (в поле) метров измеряется высота снежного покрова, каждые 100 (в лесу) или 200 (в поле) метров измеряются остальные характеристики снежного покрова.

На основании данных за последние 20 лет проведем анализ изменения глубины снежного покрова при одном замере. На рис. 2 и 3 показаны отклонения от средних значений глубины снега по результатам маршрутных снегосъемок, максимального и минимального соответственно.

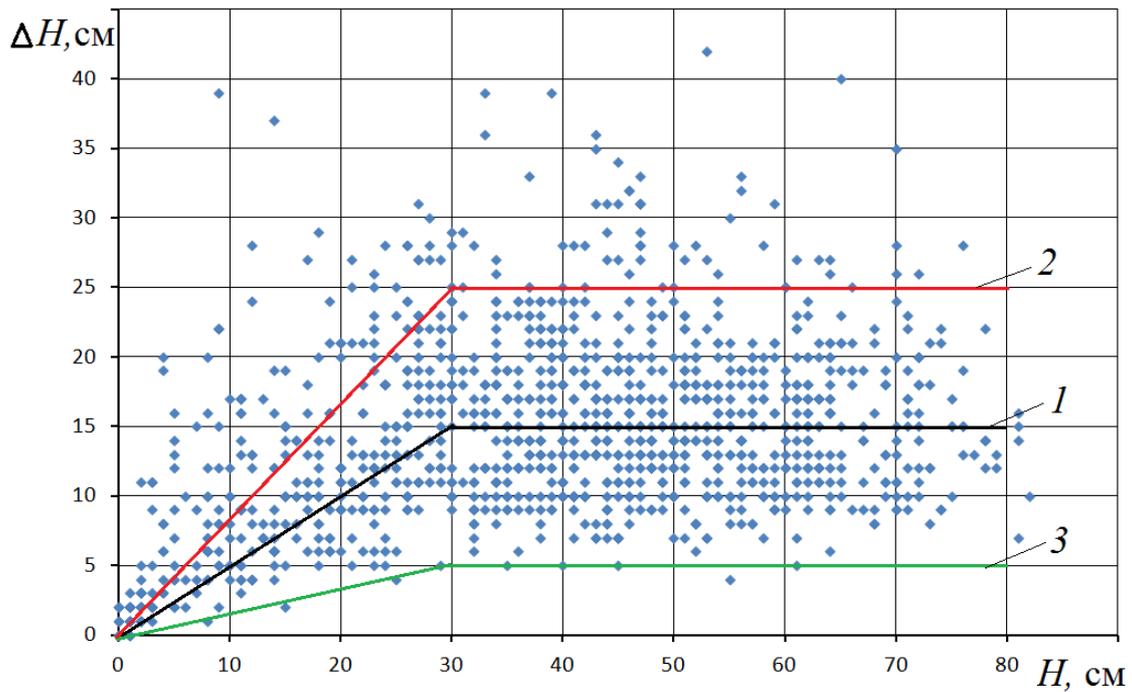


Рис. 2. Отклонения от средних значений максимальной глубины снега по результатам маршрутных снегосъемок.

1- средние значения отклонений, 2 – максимальные значения отклонений с 95%-ной вероятностью, 3 - минимальные значения отклонений с 5%-ной вероятностью.

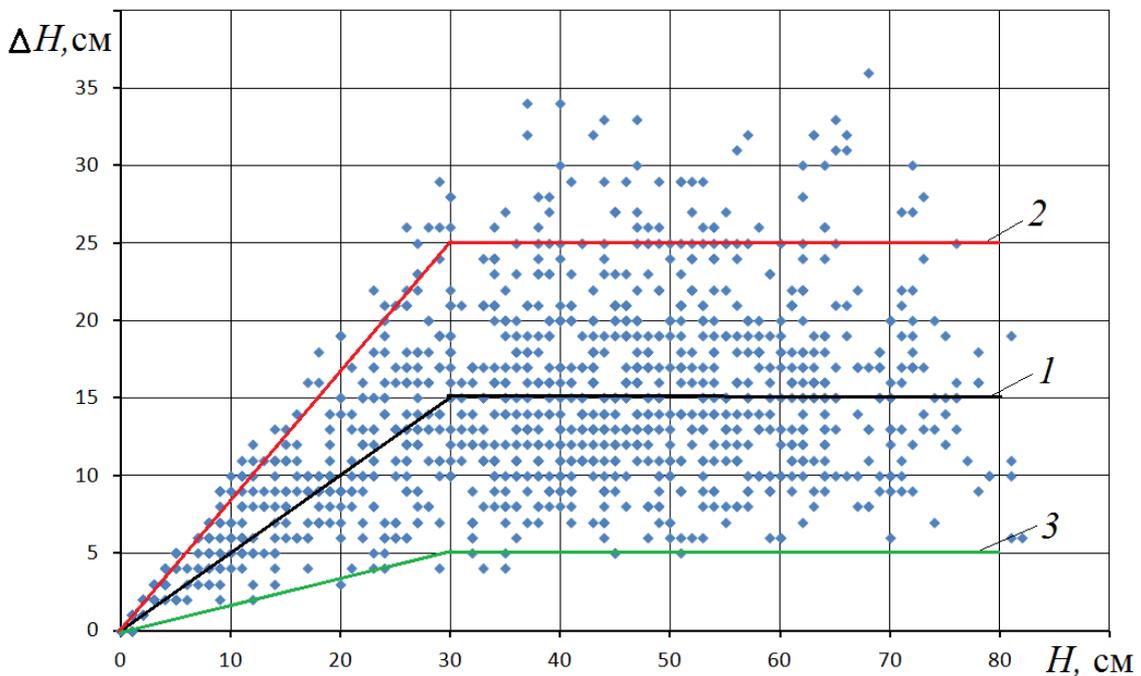


Рис. 3. Отклонения от средних значений минимальной глубины снега по результатам маршрутных снегосъемок.

1- средние значения отклонений, 2 – максимальные значения отклонений с 95%-ной вероятностью, 3 - минимальные значения отклонений с 5%-ной вероятностью.

На рис. 2 и 3 показаны зависимости, полученные на основании статистического анализа, причем для средних значений минимального и максимального значений отклонений могут быть применены одинаковые зависимости:

$$\Delta H = \begin{cases} 0,5 H, & \text{если } H < 30 \text{ см} \\ 15, & \text{если } H \geq 30 \text{ см} \end{cases}.$$

Для 5(95)%-ной вероятности:

$$\Delta H_{5(95)} = \begin{cases} \Delta H \mp 30^{-1} e^{0,5} H \sigma, & \text{если } H < 30 \text{ см} \\ \Delta H \mp e^{0,5} \sigma, & \text{если } H \geq 30 \text{ см} \end{cases},$$

где  $\sigma$  - среднее квадратичное отклонения  $\sigma \cong 6$  см.

Также при оценке подвижности и проходимости ТТМ по снегу необходимо учитывать особенности ландшафта, так как на рис. 1 даны зависимости для мерных участков, соответствующих полям.

Для адекватности модели необходимо добавить соответствующие коэффициенты, учитывающие районирование местности [10]:

$$\begin{aligned} H_{\text{действ}} &= H k_H^{\text{местн}}, \\ \rho_{\text{действ}} &= \rho k_\rho^{\text{местн}}, \end{aligned}$$

где  $H_{\text{действ}}$  и  $\rho_{\text{действ}}$  - глубина и плотность снега с учетом особенностей ландшафта,  $k_H^{\text{местн}}$ ,  $k_\rho^{\text{местн}}$  – коэффициенты, учитывающие влияние ландшафта на глубину и плотность снега, полученные на основании экспериментальных данных.

Изменение параметров глубины и плотности снега связано с характером ландшафта местности, растительностью, ветром, солнечной активностью и прочими факторами.

В соответствии с исследованиями авторов для мерных участков в поле и в лесу были получены следующие значения:

$$k_H^{\text{местн}} = 1,25 (1 - 1,5); \quad k_\rho^{\text{местн}} = 0,85 (0,75 - 0,95).$$

На основании статистических характеристик снега (плотность и глубина залегания в течение года, а также продолжительность и сроки начала сезона в разных районах рассматриваемой территории) можно все остальные параметры получить исходя из плотности, например жесткость, связность и угол внутреннего трения, необходимые для оценки подвижности и проходимости машин [3-6].

*Исследования проведены при поддержке грантов Президента РФ.*

#### Список литературы

1. Беляков В.В. Оценка эффективности специальных транспортных средств при движении по снегу / Беляков В.В., Галкин Д.А., Зайцев А.С., Зезюлин Д.В., Кудряшов Е.М., Макаров В.С // Труды НГТУ им. Р.Е.Алексева. – 2012. - № 2 (95). – С. 156-166.

2. Булыгина О.Н., Разуваев В.Н., Александрова Т.М. Описание массива данных «Маршрутные снегомерные съемки»:сайт. — URL: <http://www.meteo.ru/special/descrip9.htm>(дата обращения: 13.06.2013).
3. Гончаров К.О. Влияние экскавационно-бульдозерных эффектов, возникающих при криволинейном движении колеса на сопротивление качению / К.О Гончаров, В.С. Макаров, В.В. Беляков // Наука и образование: электронное научно-техническое издание. – 2010. - № 6. - С. 3-3.
4. Гончаров К.О. Экспериментальные исследования многоосной колесной машины / К.О Гончаров, В.С. Макаров, В.В. Беляков // Наука и образование: электронное научно-техническое издание. – 2010. - № 12. - С. 10-10.
5. Зезюлин Д.В. Влияние параметров движителей на показатели эффективности колесных машин при движении по снегу / Д.В. Зезюлин, У.Ш. Вахидов, В.С. Макаров, В.В. Беляков // 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).
6. 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.
7. Макаров В.С. Методика расчета и оценка проходимости колесных машин при криволинейном движении по снегу:дис. ... канд. техн. наук: 05.05.03. – Н. Новгород, 2009. –161 с.
8. Макаров В.С. Оценка эффективности движения колесных машин на основании статистических характеристик снежного покрова / В.С. Макаров, Д.В. Зезюлин, К.О. Гончаров, А.В. Федоренко, В.В. Беляков // Труды НГТУ им. Р.Е.Алексеева. – 2013. – №1. – С. 155-160.
9. Макаров В.С. Статистический анализ характеристик снежного покрова // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 1. - URL: <http://www.science-education.ru/107-8289> (дата обращения: 05.02.2013).
10. Макаров В.С. Формирование снежного покрова в зависимости от ландшафта местности и оценка подвижности транспортно-технологических машин в течение зимнего периода/ В.С. Макаров, Д.В. Зезюлин, А.М. Беляев, А.В. Папунин, В.В. Беляков // Труды НГТУ им. Р.Е.Алексеева. – 2013. – №2. – С. 150-157.

**Рецензенты:**

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

Орлов Л.Н. д.т.н., зав. кафедрой «Строительные и дорожные машины» ФГБОУ ВПО «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е.Алексеева», г.Нижний Новгород.