

УДК 629.113; 551.578.46

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ МЕСТНОСТИ НА ПАРАМЕТРЫ СНЕЖНОГО ПОКРОВА

Макаров В.С., Зезулин Д.В., Беляков В.В.

*Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексева,
Нижний Новгород, e-mail: makvl2010@gmail.com*

В статье дано определение подвижности транспортно-технологических машин. Рассматривается частная задача подвижности – проходимость машины в зимний период. Приведены зависимости изменения характеристик снежного покрова в течение зимнего периода. Произведен обзор работ по влиянию местности и ландшафта на характеристики снега. Даны коэффициенты, учитывающие особенности ландшафта на высоту снега и плотности. Приводятся графики соответствия высоты и плотности снега для снежной целины в поле и лесу под кронами деревьев и на полянах, а также изменение глубины в ямах и балках относительно высоты снега поле или в лесу. Полученные коэффициенты сведены в таблицы со средними значениями и средними квадратичными отклонениями. Исследование проведено при поддержке «грантов Президента РФ» № 14.124.13.1869-МК.

Ключевые слова: снег, плотность, глубина, подвижность, транспортное средство, ландшафт

ANALYSIS OF INFLUENCE OF TERRAIN CHARACTERISTICS ON SNOW COVER PARAMETERS

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

*Nizhny Novgorod State Technical University n.a. R.E. Alekseev, Nizhny Novgorod,
e-mail: makvl2010@gmail.com*

The article provides a definition of the mobility of the transportation and technological vehicles. The article considers the an isolated task of mobility. This task is passing ability of the vehicles in winter. The dependences of the change of the characteristics of the snow cover during the winter period are shown. Обзор исследований по влиянию местности и характеристик ландшафта на параметры снега было произведено. Coefficients characterizing the influence of landscape features on the snow height and density were given. Graphs of the conformity the height and density of the snow for the virgin snow in the woods and under trees and glades are given. Also in the article there is a change in the depth of the pits and beams concerning snow height in the field or in the woods. Obtained coefficients are summarized in the table with the mean values and mean square deviations. The Investigations were carried out with the support of «The grants of the President of the Russian Federation» № 14.124.13.1869-МК.

Keywords: snow, density, depth, mobility, vehicle, landscape

Одним из важнейших свойств характеризующих транспортные средства является подвижность. Подвижность – это интегральное эксплуатационное свойство транспортно-технологических машин (ТТМ) определяющее способность ТТМ выполнять поставленную задачу с оптимальной адаптивностью к условиям эксплуатации и состоянию самой машины. Можно выделить потерю подвижности по живучести и мобильности. Живучесть (подвижность по живучести) – это отказная надежность транспортного средства (ТС). Мобильность (подвижность по мобильности) – эксплуатационная надежность ТС. При этом проходимость – это эксплуатационное свойство, определяющее возможность движения автомобиля в ухудшенных дорожных условиях, по бездорожью, которая относится к критическим условиям подвижности машины по мобильности [1, 2].

Пройодимость транспортных средств по снегу определяется как конструкцией самой машины, так и характеристиками опорного основания. При оценке проходи-

мости по снегу определяющими факторами являются глубина и плотность снега. На основании [5, 6] можно получить данные по вероятностным характеристикам рассматриваемых параметров.

Средние значения глубины снежного покрова определяются по зависимости:

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

где a_i – эмпирические коэффициенты, $t_{\text{усл}}^i$ – текущая условная продолжительность зимнего сезона с установившимся снежным покровом.

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

$$H_{5(95)} = H \mp e^{0.5} \zeta \sigma,$$

где $\zeta = 15^{-1} (e - 2) t_{\text{усл}} + 1$ – эмпирический коэффициент, s – среднее квадратичное отклонение для станции метеонаблюдения.

Средние значения плотности снежного покрова определяются по зависимости:

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

где b_i – эмпирические коэффициенты.

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

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

где σ – среднеквадратичное отклонение для станции метеонаблюдения.

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

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

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

Однако для прогнозирования подвижности на местности необходимо создание

математических моделей учитывающих особенности ландшафта.

Для адекватности модели необходимо добавить соответствующие коэффициенты учитывающие районирование: $H_{\text{действ}} = H k_H^{\text{местн}}$, $\rho_{\text{действ}} = \rho k_{\rho}^{\text{местн}}$, 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 [4, 7].

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

Рассмотрим исследования, посвященные этому вопросу. В работе [10] приводятся следующие данные о влиянии ландшафта на глубину залегания снежного покрова, показанные в табл. 1.

Однако данные приведенные в этом исследовании показывают только изменение глубины снежного покрова.

Таблица 1

Коэффициенты, учитывающие влияние ландшафта на глубину снега [10]

Тип ландшафта	Коэффициент
Целина	1
Открытая ледяная поверхность озер	0,4-0,5
Пашня	0,9
Холмистые районы	1,2
Крупные лесные массивы	1,3-1,4
Речные русла	3
Заросли камыша на озерах	3
Лесные колки шириной 100-200 м и лесные опушки	3,2-3,4

В работе [3] приводятся следующие данные. Плотность сухого снежного покрова под пологом леса, по данным синхронных измерений, как правило, ниже, чем на открытых участках, что объясняется ослаблением в лесу таких факторов уплотнения снега, как зимние оттепели и ветер.

Зависимость плотности снега в лесу от плотности на открытых участках выразилась прямой линией, уравнение которой имеет вид: $\rho_{\text{лес}} = 0,87\rho_{\text{поле}}$ [3].

Влияние характеристик леса может быть разным. Так, например, в соответствии с данными [8] влияние средняя глубина снега в кедровых и еловых лесах меньше чем пихтовых и на гари порядка 0,76 раз, а плотность в еловых лесах меньше чем во всех остальных в 0,9 раз. Все это связано с многообразием факторов, таких как [8]:

- абсолютная высота местности, удаленность от водоразделов и их ориентация по отношению к господствующим зимним ветрам;
- микро- и мезорельеф горного склона;
- ориентация и угол наклона земной поверхности;
- характер растительного покрова;
- видовой состав, возраст и полнота хвойных лесонасаждений;
- ветровой режим;
- интенсивность прямой и суммарной солнечной радиации;
- сумма и распределение по сезону твердых осадков; преобладание осенней или весенней циклонической деятельности;
- температура и влажность воздуха, суточный и сезонный ход этих показателей;
- температура снежной поверхности и толщи снега, их суточный и сезонный ход.

Взаимодействие и взаимовлияние этих факторов снегонакопления порождает зимние геосистемы со сложной структурой, обладающей пространственно-временной изменчивостью.

Также интерес представляет влияние ветра, так как этот фактор является для местности достаточно постоянным показателем не зависимо от количества осадков и солнечной активности.

Участки, на которых скорость воздушного потока одна и та же или меняется при прохождении над ними по одному и тому же вполне определенному закону, назовем элементарными [3]. Например, при переходе от поля к лесу скорость ветра на уровне 1 м начинает изменяться по определенному закону с некоторого расстояния, не доходя до леса. Она продолжает далее уменьшаться при прохождении потоком известного расстояния в глубь леса, пока, наконец, не примет некоторого практически неизменного значения, характерного для данного лесного массива при данных метеорологических условиях.

Границами элементарных участков являются зоны, в которых происходят изменения в закономерностях движения воздушного потока. Граница приопушечного полевого участка располагается на таком расстоянии от опушки леса, начиная с которого полевая скорость ветра, дующего в направлении к лесу, начинает заметно уменьшаться. Границей приопушечного лесного участка является расстояние от опушки в глубь леса, после прохождения которого скорость ветра практически перестает уменьшаться и становится характерной для леса. Аналогично этому при обтекании воздушным потоком любой другой преграды возникают зоны, на протяжении которых происходит переформирование вертикального профиля скорости ветра.

Элементарные участки могут иметь размеры самые малые – до 1 м и меньше, как, например, небольшие выемки или овраги, и очень большие, например, однородные по составу и полноте насаждения лесные массивы протяжением в несколько километров.

Величины снегозапасов и распределение их на элементарных участках могут быть самыми различными. Рассмотрим распределение величин снегозапасов на следующих характерных участках: расположенных в открытой местности; под пологом леса; на лесных участках, расположенных в зоне влияния безлесных площадей; в лесных полосах; на безлесных площадях, примыкающих к лесу или лесным полосам; в горах.

Открытая местность характеризуется большой неравномерностью залегания

снега. Снег сдувается с водораздельных пространств, наветренных склонов холмов и межовражных ровных мест (плато) в пониженные формы рельефа – балки и овраги. Количественные соотношения между средними величинами снегозапасов на элементарных участках и на исследуемой территории в целом изучаются на основании данных снегомерных съемок. Для такого рода исследований необходимы, кроме того, сведения о размерах площадей изучаемой территории и ее частей или участков.

Наряду с микрорельефом на снегонакопление на склонах оказывают влияние зимние оттепели и направление господствующего ветра. По наблюдениям за ряд лет (1923–1941) в районе центральной лесостепной зоны ЕТС (Козменко и Ивановский, 1952), коэффициенты снежности склонов при господствующем метелевых ветрах с юго-востока и юга выражаются следующими цифрами приведенными в табл. 2.

Таблица 2

Влияние ветра на снежность склонов [3]

Ровный водораздел	1,0
Склон, экспонированный на ЮВ, В и Ю	0,5
Склон, экспонированный на СВ	1,0
Склон, экспонированный на ЮЗ	1,2
Склон, экспонированный на С и З	1,5
Склон, экспонированный на СЗ	2,0

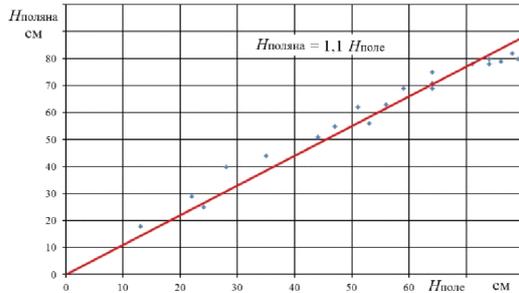
Весьма значительная разница в коэффициентах снежности на юго-восточных (0,5) и северо-западных (2,0) склонах объясняется тем, что при указанном направлении преобладающего ветра юго-восточные склоны оказываются наветренными. Снег на этих склонах сдувается во время метелей и подтаивает во время зимних оттепелей, т. е. количество его в обоих случаях уменьшается, в то время как на подветренных северо-западных склонах происходит увеличение общей массы снегозапасов благодаря отложению переносимого ветром снега во время метелей. В целом для распределения снежного покрова в открытой местности имеет значение не только геометрия различного рода макро- и микронеровностей подстилающей поверхности, но и их взаимное расположение на местности [3].

На основании исследований проведенных авторами работы, а также [3, 8–10] можно выделить некоторые характерные участки, на которых формирование снега происходит с учетом предложенных зависимостей и поправочных усредненных коэффициентов.

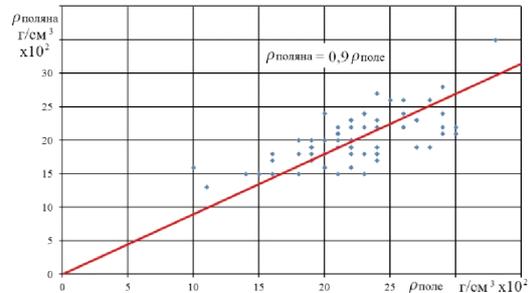
Значения были получены для средней полосы России с ярко выраженными временами года, хотя в каждом конкретном случае может потребоваться уточнение. Данные коэффициенты во многом зависят от ветров, присущих рассматриваемой территории, а также близости к водоемам

(например, морям или рекам). Также, для различных территорий, из-за постоянных ветров разница глубин снега на полях и в лесах может быть различна в два-три раза.

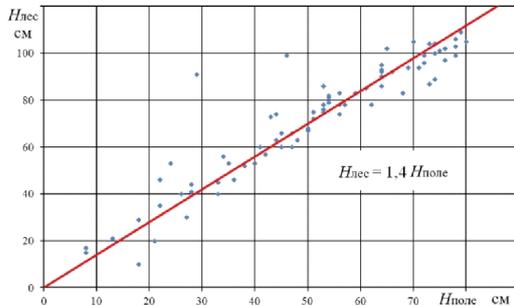
Полученные коэффициенты и их средние квадратичные отклонения сведены в табл. 3.



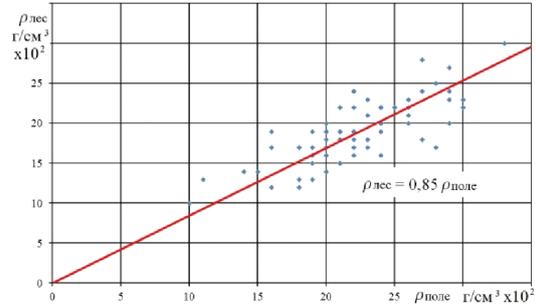
а



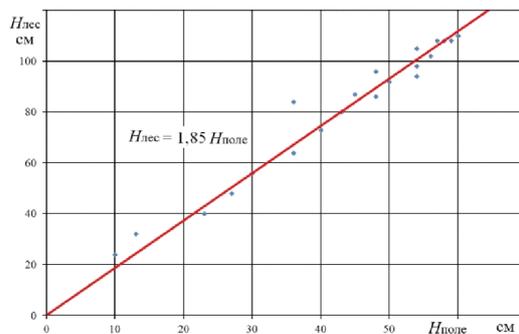
б



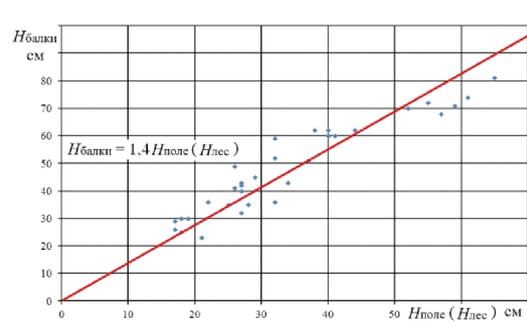
в



г



д



е

Соотношение параметров снега:

а – высоты на поляне в лесу и поле; б – плотности на поляне в лесу и поле; в – высоты под кронами деревьев в лесу и поле; г – плотности под кронами деревьев в лесу и поле; д – высоты под кронами деревьев в лесу и поле; е – высоты в ямах и балках и в поле или лесу.

Точками показаны экспериментальные значения

Таблица 3

Коэффициенты, учитывающие влияние ландшафта на глубину и плотность снега

Сравниваемые участки	$k_H^{\text{местн}}$	СКО*	$k_p^{\text{местн}}$	СКО
поле/ поле	1	-	1	-
поляна в лесу/ поле	1,1	0,125	0,9	0,15
лес/ поле	1,4 (1,85)**	0,3 (0,2)**	0,85	0,13
Ямы (балки)/поле (лес)***	1,4	0,2	-	-

* Среднее квадратичное отклонение.
 ** Значение в скобках получено также для леса, но очевидно имелись другие весомые факторы (данные о ветрах) повлиявшие на результат.
 *** Если ямы и балки в поле, то относительно поля. Если ямы и балки в лесу, то относительно леса. Плотность аналогична полю или лесу.

Приведенные в статье зависимости и значения позволяют прогнозировать основные характеристики снежного покрова необходимые для оценки подвижности [1, 2] транспортно-технологических средств на местности.

Исследование проведено при поддержке «грантов Президента РФ» № 14.124.13.1869-МК.

Список литературы

1. 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.
 2. Беляков, В.В. Подвижность наземных транспортно-технологических машин / В.В. Беляков [и др.] // Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева. 2013. №4 С. 72-77.
 3. Кузьмин П.П. Формирование снежного покрова и методы определения снегозапасов. – Л., Гидрометеиздат, 1960, 169 с.
 4. Макаров В.С. Многоуровневая модель снега как полтна 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.

5. 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. 150-157.

6. 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).

7. Макаров В.С. Формирование снежного покрова в зависимости от ландшафта местности и оценка подвижности транспортно-технологических машин в течение зимнего периода / В.В. Беляков, Д.В. Зезюлин, А.М. Беляев, А.В. Папунин // Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева. – 2013. – №1 – С. 155-160.

8. Малюгин Ю.Ф. Факторы формирования снежного покрова в районах со сложной орографией (на примере Южного Сихотэ-Алиня): дисс. ... канд. географических наук: 11.00.07. – М., 1985. – 168 с.

9. Официальный сайт ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт гидрометеорологической информации – Мировой центр данных» (ВНИИГМИ-МЦД). URL: <http://www.meteo.ru/>

10. Снег. Справочник. / Под ред. Д.М. Грея, Д.Х. Мэйла; Пер. с англ. под ред. В.М. Котлякова Л. Гидрометеиздат 1986. – 751 с.