

СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ХАРАКТЕРИСТИК СНЕЖНОГО ПОКРОВА

Макаров В. С.

ФГБОУ ВПО «Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева», г. Нижний Новгород, Россия (603950, ГСП-41, Н. Новгород, ул. Минина, д.24), e-mail: makvl2010@gmail.com

В статье дается определение подвижности транспортно-технологических машин. Рассматривается частная задача подвижности – проходимость машины в зимний период. Впервые представлены статистические характеристики снежного покрова. Приводятся данные по средним максимальным значениям глубин залегания снежного покрова на территории Нижегородской области. Более подробно рассмотрен вопрос формирования снежного покрова по данным станции метеонаблюдения Шахунья. Приводятся глубина залегания и плотность снежного покрова в зависимости от условной продолжительности зимнего периода. Даны эмпирические зависимости для определения средних значений глубины и плотности. Показаны статистические характеристики вероятности отклонения нормированного значения от среднего и накопленной вероятности, а также среднеквадратичного отклонения рассматриваемых параметров. Приведены данные о сроках залегания установившегося снежного покрова на территории Нижегородской области.

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

STATISTICAL ANALYSIS OF CHARACTERISTICS OF SNOW

Makarov V. S.

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

The paper provides a definition of the movability of transport and technological machines. Considered a particular problem of movability - flotation machine in winter. First introduced to the statistical characteristics of the snow cover. As it changes over the winter period. Data on the average maximum depth of snow cover in the Nizhny Novgorod region. More detail the question of snow cover on the station data Shakhun'ya meteorology. Given the depth and density of snow, depending on the duration of the conditional winter. Are empirical correlations to determine the average values of depth and density. Showing the statistical characteristics of the probability of deviations from the mean of the normalized values and cumulative probabilities, as well as the standard deviation of the parameters under consideration. The data on the timing of occurrence of steady snow cover in the Nizhny Novgorod region.

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

Одним из важнейших свойств, характеризующих транспортные средства, является подвижность. **Подвижность** можно определить как 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, а также при преодолении различных препятствий, которая относится к критическим условиям подвижности машины по мобильности [1, 3–5, 9].

Рассматривая вопрос оценки проходимости машины в зимний период (а именно проходимость по снегу), необходимо учитывать степень ее соответствия условиям той местности, в которых будет эксплуатироваться ТС. Если одной из задач является обеспечения проходимости машины по снежной целине, например, для решения транспортно-технологических задач в отдаленной местности, то выбор ТС должен быть сопоставлен с меняющимися в течение года погодными условиями. Также выбор ТС должен быть сопоставлен с целесообразностью его применения. Так, например, если машина не сможет работать достаточно небольшой промежуток времени, а приобретение и эксплуатация ТС с более высокими показателями проходимости будет несоизмеримо больше чем выгода от нее, то и выбор должен быть сделан в пользу первого варианта.

В научно-технической литературе, посвященной анализу проходимости 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 такой-то плотности и такой-то глубины. Но никто не говорит о том, а нужны ли такие показатели проходимости?

Поэтому важно выяснить каково распределение глубин снега и его плотности в течение года на рассматриваемой территории.

Воспользуемся данными многолетних наблюдений Гидрометеоцентра по Нижегородской области. В состав постоянно наблюдаемых станций входят следующие: Ветлуга, Шахунья, Кр.Баки, Воскресенское, Семенов, Городец, Ройка, Павлово, Д. Константиново, Лысково, Арзамас, Выкса, Лукоянов, Сергач, Б.Болдино, Арья, Лакша, Б.Мурашкино, Ардатов. Также в литературе приводится статистика по Н. Новгороду (Горькому).

В целом данные по этим станциям охватывают всю территорию области и для составления математических моделей достаточны. Так, например, в результате анализа средние максимальные значения глубин залегания снежного покрова на территории области будут выглядеть следующим образом (рис. 1).

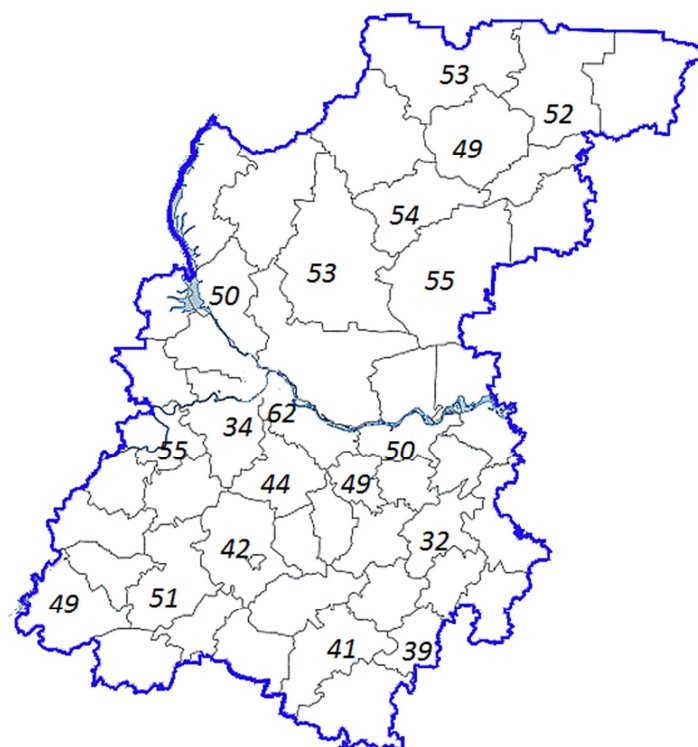


Рис. 1. Средние максимальные значения глубин снега на территории Нижегородской области, полученные по результатам многолетних наблюдений

Рассмотрим более подробно статистические данные на примере конкретной станции наблюдения. Все значения будем рассматривать за периоды времени кратно декадам, так как значения глубин и плотностей снега имеются именно по декадам.

В результате обработки данных получим следующие необходимые параметры:

1. Значения глубины залегания снежного покрова в зависимости от продолжительности установившегося снежного покрова.
2. Значения плотностей снежного покрова в зависимости от продолжительности залегания установившегося снежного покрова.
3. Продолжительность залегания установившегося снежного покрова.
4. Сроки начала установившегося снежного покрова.

Рассмотрим пример анализа данных на примере станции Шахунья. В результате анализа данных по глубинам снега за определенный период имеем следующие зависимости (рис. 2).

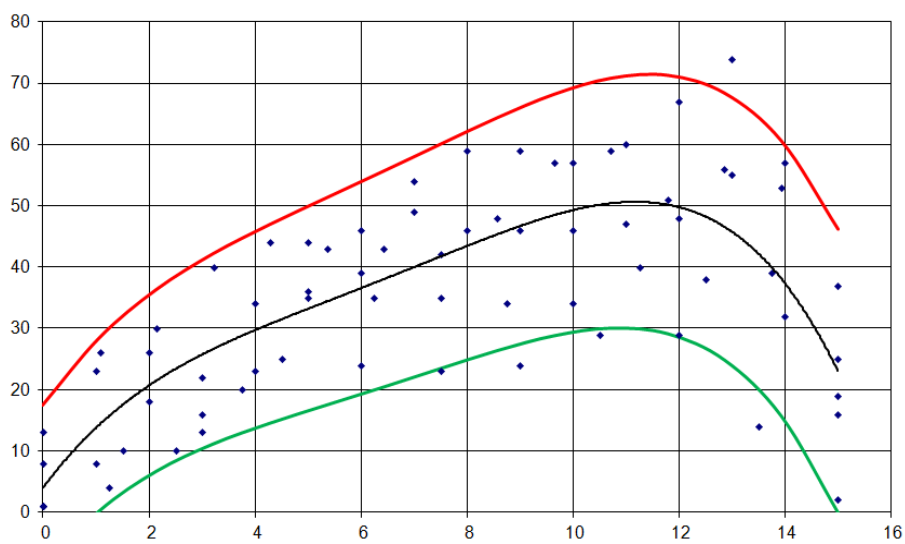


Рис. 2. Глубина залегания снежного покрова в зависимости от условной продолжительности зимнего периода по станции Шахунья Нижегородской области, полученные по результатам многолетних наблюдений

Протяженность периода залегания снега принимаем $T_{усл} = 16$ условных декад. По исходным данным строим полином (как показали исследования, наиболее подходящим является полином четвертой степени), являющийся математическим ожиданием глубины снежного покрова.

В общем виде средние значения глубины снежного покрова можно определить по зависимости: $H = \sum_{i=0}^4 a_i t_{усл}^i$, где a_i – эмпирические коэффициенты ($a_0 = 4$, $a_1 = 11,55$, $a_2 = -2,01$, $a_3 = 0,22$, $a_4 = -0,01$), $t_{усл}^i$ – текущая условная продолжительность зимнего сезона с установившимся снежным покровом.

При анализе вероятностных характеристик полагаем, что распределение отклонений глубин снега подчиняется нормальному закону. На рис. 3 показаны графики вероятности отклонения нормированных значений от среднего и на рис. 4 накопленной вероятности. Как видно, нормальный закон распределения подходит.

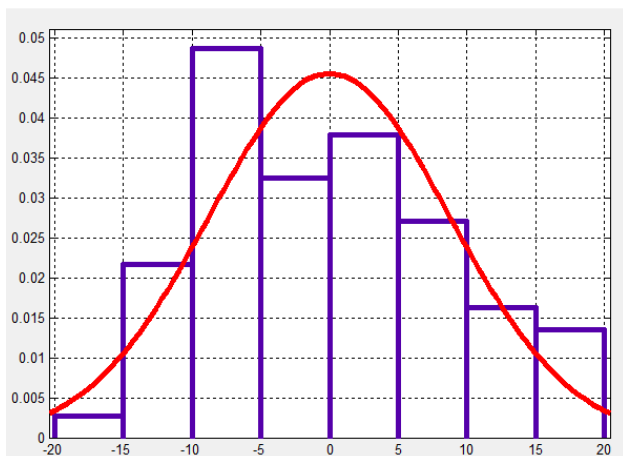


Рис. 3. Вероятность отклонения нормированного значения от среднего

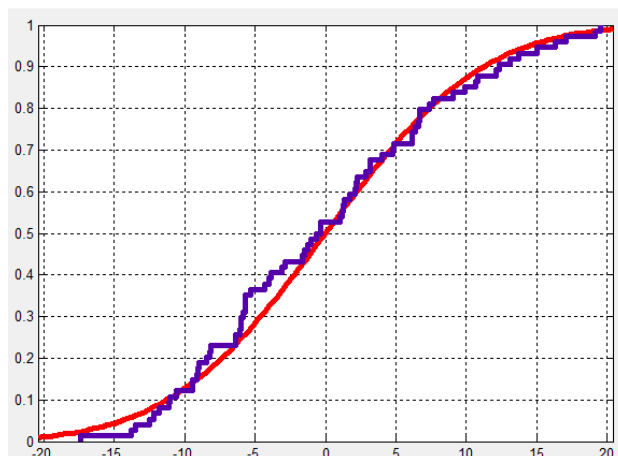


Рис. 4. Накопленная вероятность

Зависимости для определения границ 5 и 95 % вероятностей глубин снежного покрова будут определяться по: $H_{5(95)} = H \mp e^{0,5} \cdot \zeta \cdot \sigma$, где $\zeta = 0,0625(e - 2)t_{\text{усл}}$ – эмпирический коэффициент, $\sigma = 8,2$ – среднеквадратичное отклонение для станции Шахунья.

В результате анализа данных по плотностям снега за определенный период имеем следующие зависимости (рис. 5).

По исходным данным строим полином (как показали исследования, наиболее подходящим является полином четвертой степени), являющийся математическим ожиданием плотности снежного покрова.

В общем виде средние значения плотности снежного покрова можно определить по зависимости: $\rho = \sum_{i=0}^4 b_i t_{\text{усл}}^i$, где b_i – эмпирические коэффициенты ($b_0 = 7,12$, $b_1 = 3,35$, $b_2 = -0,08$, $b_3 = -0,02$, $b_4 = 0,001$).

При анализе вероятностных характеристик полагаем, что распределение отклонений плотности снега подчиняется нормальному закону. На рис. 6 показаны графики вероятности отклонения нормированных значений от среднего и на рис. 7 накопленной вероятности. Как по графикам видно, нормальный закон распределения подходит.

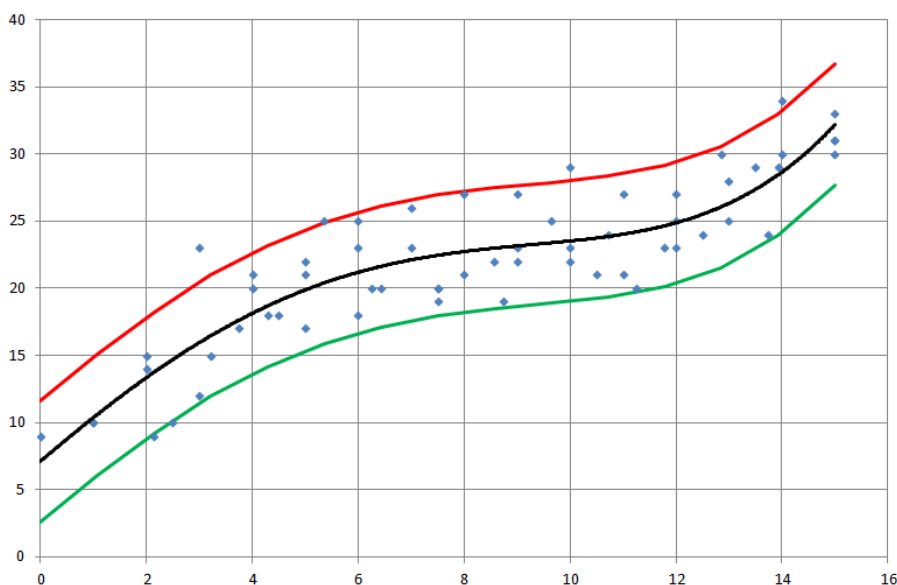


Рис. 5. Плотность снежного покрова в зависимости от условной продолжительности зимнего периода по станции Шахунья Нижегородской области, полученные по результатам многолетних наблюдений

Зависимости для определения границ 5 и 95 % вероятностей плотностей снежного покрова будут определяться по: $\rho_{5(95)} = \rho \mp e^{0,5} \cdot \sigma$, где $\sigma = 2,7$ – среднеквадратичное отклонение для станции Шахунья.



Рис. 6. Вероятность отклонения нормированного значения от среднего

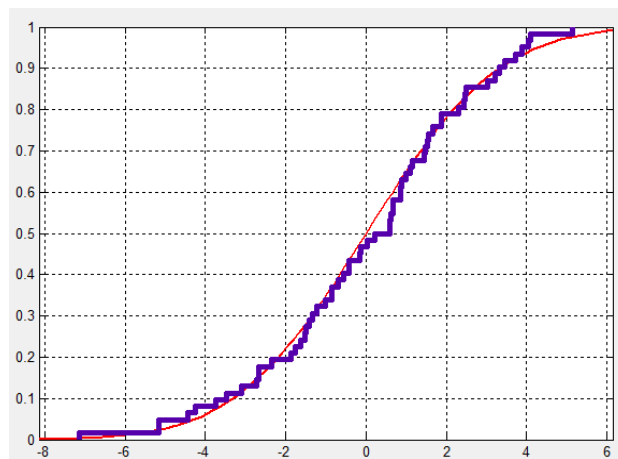


Рис. 7. Накопленная вероятность

Сроки залегания установившегося снежного покрова можно принять 14 ± 2 декады. Хотя бывали зимы и с большими, и с меньшими значениями, но большинство значений укладываются именно в этот интервал.

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.

Также необходимо знать сроки начала установившегося снежного покрова. На основе анализа данных получаем, что датой начала установившегося снежного покрова третья декада ноября с отклонением в месяц.

Зная статистические характеристики снега: плотность и глубину 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 проходимости машин [2, 3, 6–8].

Список литературы

1. Барахтанов Л. В. Экспериментально-теоретические исследования опорной проходимости многоосных колесных машин / Л. В. Барахтанов, В. В. Беляков, Д. А. Галкин, А. С. Зайцев, Д. В. Зезюлин, В. С. Макаров // Труды НГТУ им. Р. Е. Алексеева. – 2012. – № 3. – С. 162–170.
2. Беляков В. В. Взаимодействие со снежным покровом эластичных движителей специальных транспортных средств: Дис. ... д-ра техн. наук: 05.05.03. – Нижний Новгород, 1999. – 485 с.

3. Беляков В. В. Оценка эффективности специальных транспортных средств при движении по снегу / В. В. Беляков, Д. А. Галкин, А. С. Зайцев, Д. В. Зезюлин, Е. М. Кудряшов, В. С. Макаров // Труды НГТУ им. Р. Е. Алексеева. – 2012. – № 2. – С. 156–166.
4. Беляков В. В. Подвижность специальных транспортных средств по дорогам типа «stone-road» / В. В. Беляков, У. Ш. Вахидов, Д. А. Галкин, А. С. Зайцев, Е. М. Кудряшов, В. С. Макаров // Труды НГТУ им. Р. Е. Алексеева. – 2012. – № 1. – С. 143–151.
5. Галкин Д. А. Влияние параметров шин на подвижность многоосных колесных машин / Д. А. Галкин, В. С. Макаров, В. В. Беляков // Современные проблемы науки и образования. – 2012. – № 6. – С. 114–114.
6. 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.
7. 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.
8. 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. – С. 84–84.
9. Макаров В. С. Определение характеристик микропрофиля дорог, предназначенных для движения транспортно-технологических машин / В. С. Макаров, К. О. Гончаров, В. В. Беляков, Д. В. Зезюлин, А. М. Беляев, А. В. Папунин, А. В. Редкозубов // Современные проблемы науки и образования. – 2012. – № 5. – С. 113–113.

Рецензенты:

Беляков В. В. д-р техн. наук, профессор кафедры «Автомобили и тракторы» ФГБОУ ВПО «Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева», г. Нижний Новгород.

Молев Ю. И. д-р техн. наук, профессор кафедры «Строительные и дорожные машины» ФГБОУ ВПО «Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева», г. Нижний Новгород.