

Выводы

1. Проведенные исследования показали, что при некоторых условиях границы выбора параметров установки дисковых инструментов, обрабатывающих винтовые поверхности очень узки, а в некоторых случаях – достаточно широки. Следовательно, в тех случаях, когда возникают затруднения при поиске параметров установки ψ и ε из-за слишком узких границ их существования, необходимо изменять другой параметр установки, а именно межосевое расстояние a_w , которое зависит от диаметра дискового инструмента d_{ao}

2. Установлено, что увеличение диаметра дискового инструмента d_{ao} приводит к увеличению угла поворота ψ торцового профиля детали относительно линии межосевого расстояния и углов профиля τ в узловых точках на поднутренных участках, но не оказывает существенного влияния на угол скрещивания ε осей детали и дискового инструмента.

3. Уменьшение диаметра дискового инструмента d_{ao} приводит к расширению области между блокирующими линиями в узловых точках на поднутренных участках профиля, что способствует более широкому выбору параметра ε . Для поиска оптимальных значений параметров установки необходимо проведение исследований дополнительных параметров винтовой поверхности.

Библиографические ссылки

1. Лапшев С. И., Юликов М. И. Расчет и конструирование металлорежущих инструментов с применением ЭВМ. – М.: Машиностроение, 1975. – 385 с.
2. Проектирование режущих инструментов / В. А. Гречишников, А. Г. Схиртладзе, В. А. Иванов, В. К. Первозников, И. А. Коротков. – М.: Глобус, 2006. – 272 с.
3. Первозников В. К., Иванов В. А., Коротков Ю. А. Оптимизация параметров установки инструментов, обрабатывающих винтовые стружечные канавки. – Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2012. – 95 с.

V. A. Ivanov, DSc in Engineering, Professor, Perm National Research Polytechnic University

V. K. Perevoznikov, PhD in Engineering, Associate Professor, Perm National Research Polytechnic University

Method of Blocking Lines in Generation of Geometrically Complex Helical Surfaces by Disk Tools

The paper proposes the method of blocking lines when determining the setting parameters for disk tools, machining geometrically complex helical surfaces. The analysis of blocking lines graphic configuration is performed according to the type of the given helical surface profile. Results of investigating the influence of the tool diameter on the type of blocking lines and limitations of choosing the setting parameters are presented.

Key words: helical surfaces parameters, setting parameters, blocking lines.

УДК 629.113

Л. В. Барахтанов, доктор технических наук, профессор, Нижегородский государственный технический университет имени Р. Е. Алексеева

А. Н. Блохин, кандидат технических наук, доцент, Нижегородский государственный технический университет имени Р. Е. Алексеева

Е. Г. Денисенко, Нижегородский государственный технический университет имени Р. Е. Алексеева

А. М. Носков, аспирант, Нижегородский государственный технический университет имени Р. Е. Алексеева

СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЖЕСТКОСТИ СНЕГА *

Статья посвящена исследованию жесткости снега. Приведено описание экспериментальной установки для определения коэффициента жесткости снега, созданной сотрудниками ИжГТУ. Представлены результаты исследований снежного покрова, проведенных с помощью данной установки. Получены уравнения, позволяющие повысить точность моделирования процесса взаимодействия движителя транспортного средства со снежным покровом, определения проходимости и энергоэффективности транспортного средства.

Ключевые слова: жесткость снега, физико-механические свойства снега, коэффициент жесткости снега, проходимость.

Ежегодно снегом покрывается до 130 млн км² – четвертая часть всей поверхности Земли. Многолетние наблюдения показывают, что около 90 % всей территории России на длительный срок (от 5 до 10 месяцев) устойчиво покрываются снегом [1]. Глубина снежного покрова в основном составляет 0,3–0,6 м (в оврагах до 1–3 м), достигая в некоторых районах Сибири и Дальнего Востока 1,2 м и более (в оврагах до 4–10 м). Приблизительно

30 % общей площади занимают снега с несущей способностью менее 0,02 МПа, около 30 % – 0,02–0,04 МПа, и остальную площадь занимают снега с несущей способностью более 0,04 МПа [2].

На покрытом снегом опорном основании существенно снижается уровень проходимости транспортно-технологических машин, в некоторых случаях их движение невозможно.

© Барахтанов Л. В., Блохин А. Н., Денисенко Е. Г., Носков А. М., 2013

Получено 08.07.13

* Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ в рамках федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 годы.

Первые фундаментальные исследования снежного покрова были проведены русским метеорологом и географом А. И. Воейковым. В последующем исследованиями снега занимались многие талантливые ученые: А. А. Крживицкий, П. П. Кузьмин, Г. Д. Рихтер и др. В Нижегородской научной школе снег как опорное основание для движения машин начали изучать с 1932 г. под руководством М. В. Веселовского. Большой вклад в формирование учения о снежном покрове как полотне пути внесли нижегородские ученые А. Ф. Николаев, С. В. Рукавишников, З. И. Талантова, В. И. Панов, В. А. Малыгин, Л. В. Бархатанов, В. В. Беляков, А. П. Куляшов, В. А. Шапкин, Ю. И. Молев и др.

За это время получен колоссальный объем экспериментальных данных, разработаны методики по определению свойств снега, опубликовано множество научно-исследовательских работ. Проведенные исследования показали: на свойства снега оказывают существенное влияние большое количество природно-климатических факторов, что приводит к изменению некоторых параметров снега (например, плотность, жесткость и др.) на несколько порядков.

Одним из важнейших механических параметров, характеризующих снег как полотно пути является жесткость. Жесткость снежного покрова определяет силу сопротивления движению, глубину колеи, поверхность контакта, а также связана с несущей способностью опорного основания. Жесткость снега характеризуется коэффициентом жесткости, который определяется отношением величины нормального давления q , необходимого для деформации снежного покрова на величину осадки снега h [1].

Исследования В. И. Панова, И. В. Крагельского, А. А. Шахова показали, что изменение плотности

в 1,5 раза (от 1,5 до 0,23 г/см³) приводит к изменению коэффициента жесткости в 5 раз, а при одинаковой плотности, но различной структуре и температуре снега коэффициенты жесткости могут отличаться более чем в 7 раз [2]. Такие широкие пределы изменения коэффициента жесткости затрудняют его использование при теоретических расчетах и моделировании процесса взаимодействия движителя транспортного средства с полотном пути. Поэтому данный параметр целесообразно определять на основе экспериментальных исследований в конкретных условиях движения.

Для определения жесткости снега в НГТУ создана установка (рис. 1), основными элементами которой являются шток со штампом, цепная передача, червячный редуктор. Привод установки осуществляется электродвигателем мощностью 1 кВт. При помощи цепной передачи через червячный редуктор штамп опускается на поверхность снежного покрова. Скорость перемещения штока изменяется за счет варьирования числа оборотов двигателя. Величина осадки снежного покрова и нагрузка фиксируются при помощи датчика перемещения DP-1000E (относительная погрешность 0,3 % измеряемой величины) и универсального динамометра ДОУ-3-1И (относительная погрешность 0,2 % измеряемой величины), подключенных к высокоскоростному портативному динамическому тензомеру DC-204R. Программное обеспечение DC-204R позволяет вывести на монитор ПК результаты измерений в режиме реального времени (рис. 2, а, б, в). По величине приложенной нагрузки подсчитывается давление на опорную поверхность, а затем с учетом величины деформации снежного покрова определяется коэффициент жесткости.

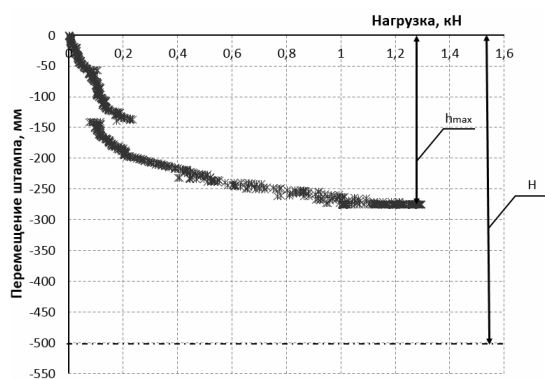


Рис. 1. Экспериментальная установка для определения коэффициента жесткости снега: 1 – шток со штампом; 2 – цепная передача; 3 – червячный редуктор; 4 – электродвигатель; 5 – датчик перемещений; 6 – динамометр универсальный

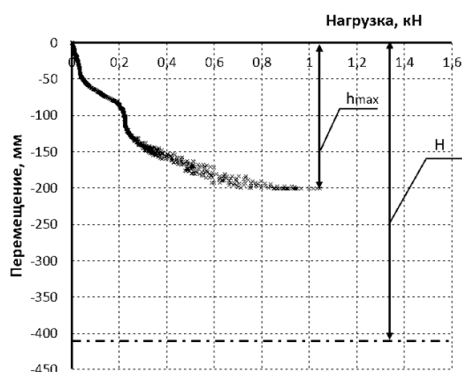
С февраля по апрель 2013 г. сотрудниками Научно-исследовательской лаборатории транспортных интеллектуальных систем (НИЛ ТИС) и Научно-образовательным центром Автомобильного института «Транспорт» (НОЦ АМИ «Транспорт») проводились исследования снежного покрова в районах г. Нижнего

Новгорода и г. Набережные Челны с использованием созданной экспериментальной установки.

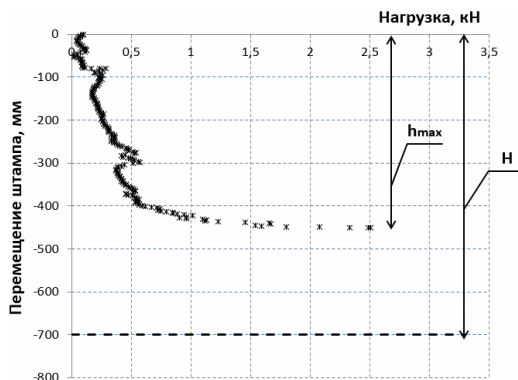
На рисунках 3, а, б, в представлены примеры экспериментально полученных зависимостей осадки снега от нагрузки, где H – глубина снежного покрова, h_{\max} – максимальная величина деформации снега.



а



б



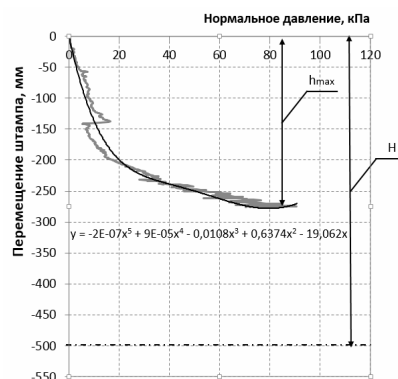
в

Рис. 2. Экспериментальные данные, полученные:
а – 22.02.2013; б – 12.03.2013; в – 03.04.2013

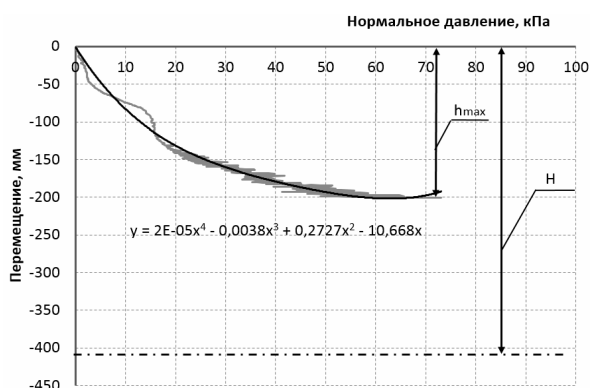
На основании экспериментальных данных определены зависимости деформации снега (y) от нормального давления (x), которые с достаточной степенью точности аппроксимируются уравнениями, представленными в табл. 2 и на рис. 3, а, б, в.

Указанные уравнения позволяют повысить точность моделирования процесса взаимодействия движителя транспортного средства со снежным покровом, определения проходимости и энергоэффективности транспортного средства.

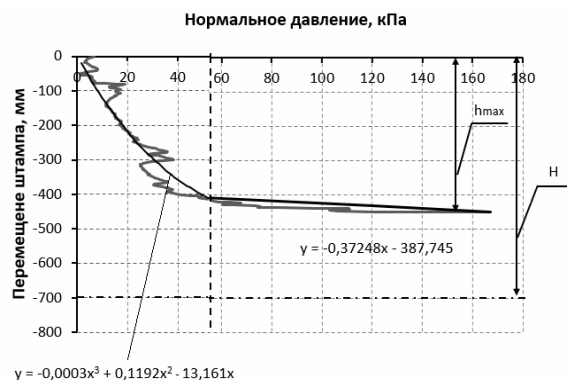
Исходя из вышесказанного вычисляем коэффициент жесткости при определенных природно-климатических условиях с использованием созданной экспериментальной установки (табл. 2).



а



б



в

Рис. 3. Зависимость деформации снега от нормальной нагрузки для экспериментальных данных, полученных:
а – 22.02.2013; б – 12.03.2013; в – 03.04.2013

Основными результатами проделанной работы являются следующие.

1. Разработана и создана экспериментальная установка для определения коэффициента жесткости снега, на которой с высокой точностью измеряются величины деформации снега и нормальной нагрузки.

2. Проведены исследования снежного покрова с использованием разработанной экспериментальной установки, получены коэффициенты жесткости для различных состояний снега.

3. Получены уравнения зависимости вертикальной деформации снежного покрова от нормального давления для различных условий.

Таблица 1. Зависимости деформации снега от приложенной нормальной нагрузки

Дата, место проведения испытаний	Зависимость $y=f(x)$	Область допустимых значений
22.02.2013 Нижегородская обл. поселок Федяково	$y = -0,0000002 \cdot x^5 + 0,00009 \cdot x^4 - 0,0108 \cdot x^3 + 0,6374 \cdot x^2 - 19,062 \cdot x$	$0 \leq x \leq 90$ кПа
12.03.2013 Набережные Челны	$y = 0,00002 \cdot x^4 - 0,0038 \cdot x^3 + 0,2727 \cdot x^2 - 10,668 \cdot x$	$0 \leq x \leq 73$ кПа
03.04.2013 Нижний Новгород	$y = \begin{cases} -0,0003 \cdot x^3 + 0,1192 \cdot x^2 - 13,161 \cdot x, \\ 0,37248 \cdot x - 387,745 \end{cases}$	$0 \leq x \leq 53$ кПа, $53 \leq x \leq 167$ кПа

Таблица 2. Средние значения коэффициентов жесткости снега, полученные в результате исследований

Дата и место проведения испытаний	Коэффициент жесткости K_j , кПа/м	Плотность снега $\rho_{сн}$, г/см ³	Температура верхнего слоя снега $t_{сн}$, °C	Температура воздуха $t_{возд}$, °C	Атмосферное давление P , Па (мм рт. ст.)	Влажность воздуха W , %
22.02.2013 Нижегородская обл. поселок Федяково	118	0,11	-6	-7	100124.822 (751)	67
12.03.2013 Набережные Челны	137	0,23	-8,5	-9	100658.11 (755)	55
03.04.2013 Нижний Новгород	106	0,34	0	+5	99991.5 (750)	42

Библиографические ссылки

1. Снегоходные машины / С. В. Рукавишников, Л. В. Барахтанов, В. И. Ершов, А. П. Куляшов. – Горький : Волго-Вятское кн. изд-во, 1986. – 191 с.

2. Котляренко В. И. Научное обоснование создания и разработка ходовых систем транспортных средств на пневмоколесных движителях сверхнизкого давления : дис. ... д-ра техн. наук. – М., 2009. – С. 94.

3. Донато И. О. Проходимость колесных машин по снегу. – М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2006 – 231 с.

A. P. Barakhtanov, DSc in Engineering, Professor, Nizhny Novgorod State Technical University named after R. E. Alekseev
A. N. Blokhin, PhD in Engineering, Associate Professor, Nizhny Novgorod State Technical University named after R. E. Alekseev
E. G. Denisenko, Nizhny Novgorod State Technical University named after R. E. Alekseev
A. M. Noskov, Post-graduate, Nizhny Novgorod State Technical University named after R. E. Alekseev

Method for Snow Stiffness Determining

The paper deals with the problem of snow stiffness research. There is the description of the test bench that was created by scientists of NSTU for experimental research of the snow stiffness. The results of the snow cover study are presented. There is the explanation of equations that are increasing the validity of simulation of interaction process between vehicle's movers and the snow cover as well as estimation of vehicle's passing ability and energy efficiency.

Key words: snow stiffness, physical and mechanical properties of snow, snow stiffness modulus, off-road capability.