

УДК 629.113

ВЛИЯНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СНЕГА НА ВЕЛИЧИНУ И ХАРАКТЕР СДВИГА

Малыгин В.А.

ФГБОУ ВПО «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева»,
Нижегород, e-mail: koshelevav88@mail.ru

Величина сцепления гусениц гусеничных машин со снегом, а соответственно, силы тяги машин зависят от веса машин, от высоты зацепов гусеницы, от характеристик снега. Увеличение высоты зацепов целесообразно для лёгких снегоболотоходных машин. Для тяжелых машин, например тракторов, основная сила тяги определяется трением поверхности гусениц о снег. Высота зацепов гусениц практически не влияет на силу тяги машины. При сдвиге снега в нём одновременно происходят как процессы разрушения связей между снежинками, так и процессы упрочнения снега за счёт сближения снежинок. Вследствие этого характеристики сцепляемости опорной поверхности гусениц со снегом очень сильно зависят от влажности снега. Представляются результаты экспериментальных исследований взаимодействия снежного покрова и гусениц машин. Показано, что сила тяги зависит от веса машин и более эффективна для легких машин.

Ключевые слова: снегоход, колея, удельное давление, гусеница, деформация, тяга

INFLUENCE OF PHYSICOMECHANICAL PROPERTIES OF SNOW ON SIZE AND CHARACTER OF SHIFT

Malygin V.A.

Nizhny Novgorod State Technical University n.a. R.E. Alekseev,
Nizhny Novgorod, e-mail: koshelevav88@mail.ru

The size of coupling of caterpillars of tracklaying vehicles with snow, and accordingly forces of draught of machines depends on weight of machines, from height of hooks of a caterpillar, from snow characteristics. Increase in height of hooks expediently for lungs driving on snow and a bog machines. For heavy machines, for example tractors, the basic force of draught is defined by a friction of a surface of caterpillars about snow. The height of hooks of caterpillars practically does not influence force of draught of the machine. At snow shift in it simultaneously occur, both processes of destruction of communications between snowflakes, and processes of hardening of snow for the account of rapprochement of snowflakes. Thereof characteristics clutch a basic surface of caterpillars with snow very strongly depends on humidity of snow. Results of experimental researches of interaction of a snow cover and caterpillars of machines are represented. It is shown, that force of draught depends on weight of machines and is more effective for easy machines.

Keywords: snowmobile, track, specific pressure, caterpillar, deformation, traction

При разработке и проектировании транспортных средств высокой проходимости стоит задача выбора параметров, соответствующих его назначению и обеспечивающих максимальную мощность и тягу. Влияние снега на устройство и работу снегоболотоходных машин определяется его физико-механическими свойствами, а также физическими процессами, происходящими в снеге при движении по нему таких машин. Поэтому исследование влияния физико-механических

свойств снега на величину тяги и эффективности машин повышенной проходимости является весьма актуальной задачей.

Целью данной работы является исследование влияния физико-механических свойств снега на величину и характер сдвига, а также влияние веса машин на тягу.

Процесс сдвига схематически представлен на рис. 1. По мере перемещения трака (или элемента трака) происходит увеличение зоны деформированного снега.

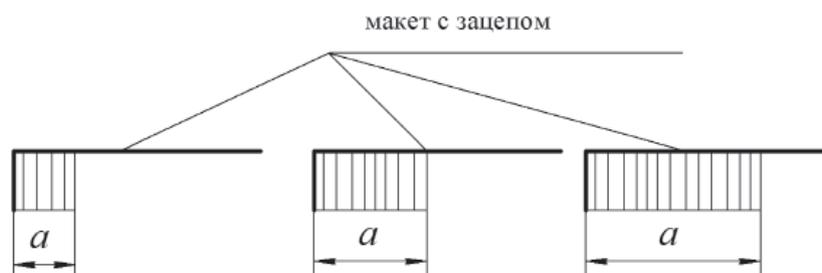


Рис. 1. Схематический процесс горизонтального уплотнения снега при сдвиге макета

При этом, с одной стороны, увеличивается число вновь образовавшихся связей, возрастает число точек контакта между кристаллами снега, и вследствие этого величина упорных реакций снега возрастает [1]. С другой стороны, происходит разрушение старых связей между кристаллами (лопаются спайки между кристаллами), и вследствие этого величина упорных реакций снега уменьшается. Пиковое значение величины упорных реакций (τ_{\max}) соответствует максимальной величине сопротивления разрушению этих связей. Поэтому [2] при деформации снега сопротивление снега непрерывно возрастает до тех пор, пока под траком или элементом трака не образуется сформировавшаяся уплотнительная зона, которая при дальнейшем перемещении трака сохраняет свою постоянную геометрическую форму. Исследование

упорных реакций снега осуществлялись с помощью следующих макетов [3–5].

1. Макет гусеницы транспортера ГАЗ-71. Этот макет представляет собой пять траков гусеницы транспортера ГАЗ-71, которые жестко соединены между собой (приварены к одной площадке). Размер макета 665×390 мм.

2. Макет гусеницы снегоболотохода ГПИ-37А. Представляет собой отрезок резинометаллической гусеницы, жестко прикрепленной к опорной площадке. Размер макета 800×370 мм.

Экспериментальные кривые, полученные в результате полевых испытаний, показали следующее. Если физико-механические свойства снега, т.е. его плотность и твердость, незначительно меняются по глубине, то точки «А» кривых 1, 2, 3, 4 (рис. 2), являющиеся вершинами пиков, располагаются приблизительно на одной вертикали.

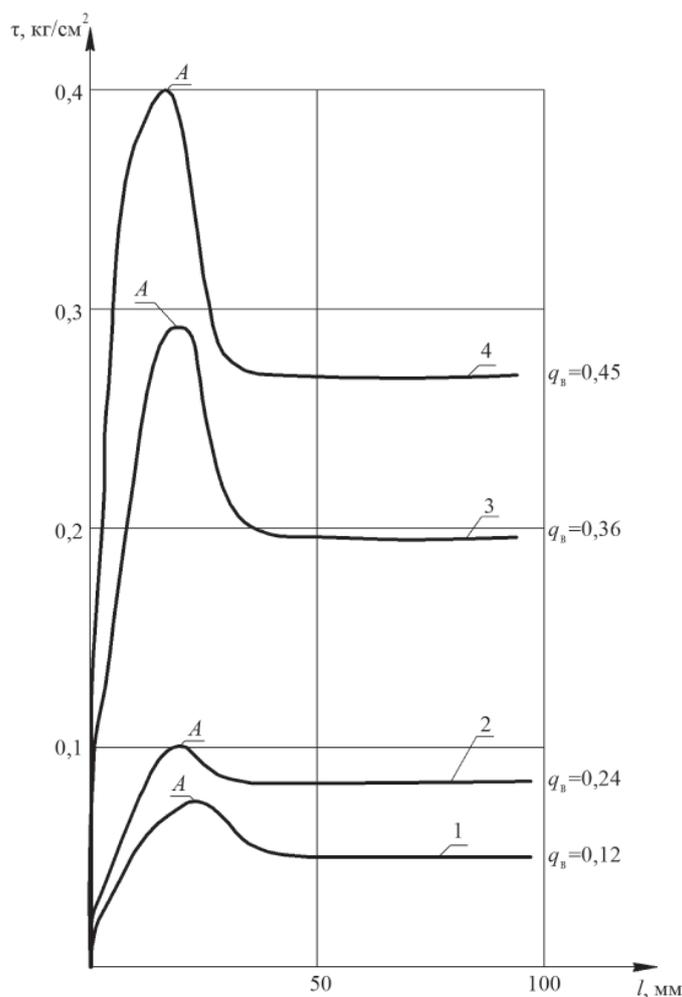


Рис. 2. Зависимость горизонтальных напряжений сдвига τ от величины перемещений макета l при различных вертикальных удельных давлениях q_v для снега с однородной структурой

Если физико-механические свойства значительно меняются по глубине, то координаты этих точек перегиба имеют значительные отклонения по оси абсцисс (рис. 3).

Кроме того, из рис. 3 можно заметить, что если при давлении в 0,06; 0,12; 0,18; 0,24; 0,30; 0,36 (кг/см²) наблюдаются четко выраженные «пики», то при давлении в 0,18 кг/см² четко выраженного «пика»

нет. Объясняется это следующим образом. При низких удельных давлениях ($q = 0,06; 0,12$ кг/см²) проявляется сцепляемость снега при сдвиге, т.е. связи между кристаллами снега нарушены ещё не полностью. При более высоких удельных давлениях ($q = 0,18$ кг/см²) связи между кристаллами снега почти полностью нарушаются и снег приобретает свойства «пластичного» материала.

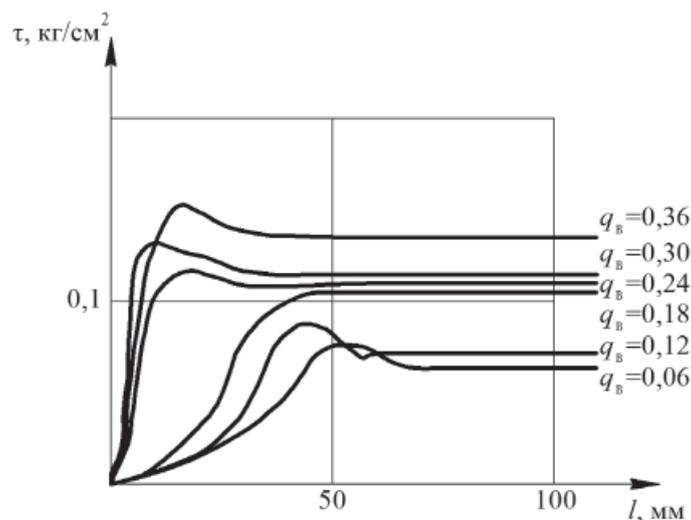


Рис. 3. Зависимость горизонтальных напряжений сдвига τ от величины перемещений макета l при различных вертикальных удельных давлениях q_v для снега с разнородной структурой

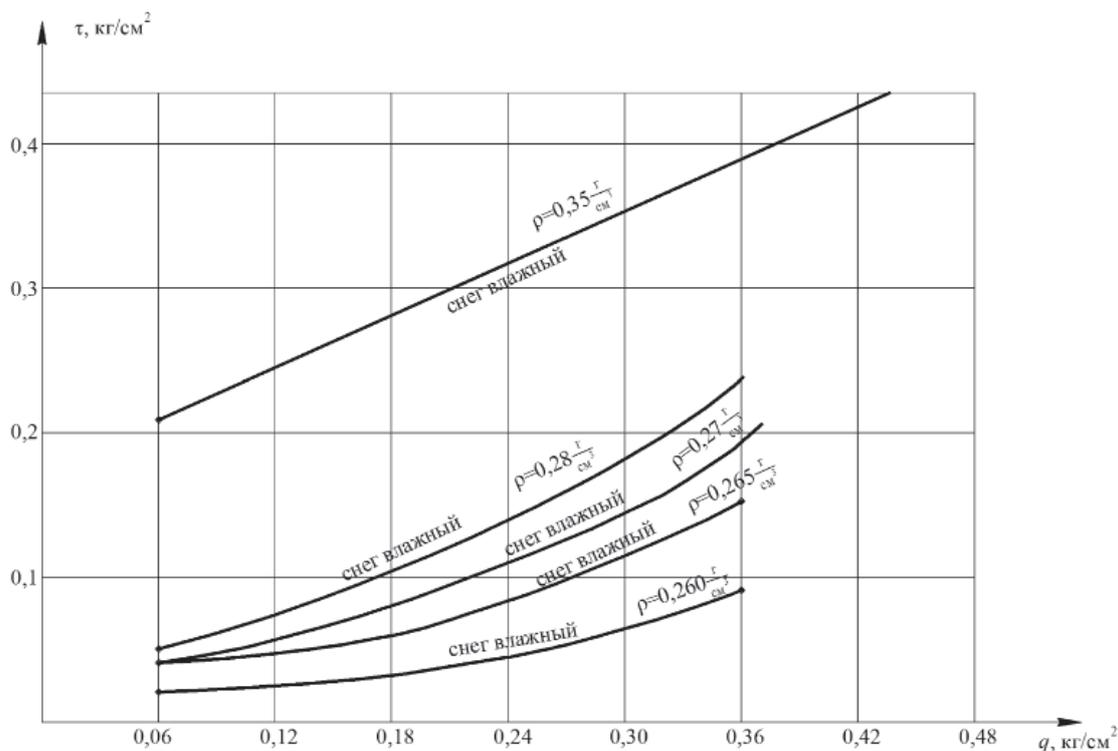


Рис. 4. Зависимость горизонтальных напряжений τ от вертикальных q для различных типов снега

Как известно [6, 7], сопротивление снега деформации зависит от сил трения, возникающих между кристаллами снега и сил сцепления, которые возникают за счет зацепления кристаллов друг за другом и их слипания. Для более подробного исследования этого вопроса были проведены специальные серии испытаний. Каждая серия испытаний включала в себя 3 последовательных этапа.

1. Макет гусеницы нагружается определенной вертикальной нагрузкой (например $q = 0,18$). После этого производится горизонтальный сдвиг снега при сохранении постоянно поддерживающейся вертикальной нагрузки. Результаты фиксируются.

2. Макет гусеницы нагружается вертикальной нагрузкой. После этого вертикальная нагрузка сбрасывается до нуля и производится горизонтальный сдвиг снега.

3. Макет гусеницы нагружается вертикальной нагрузкой. Вертикальная нагрузка сбрасывается до нуля. После этого подрезается снег вдоль боковых поверхностей макета с целью исключения сил сопротивлений сдвигу штампа, действующих по его боковым поверхностям. Полученные результаты фиксируются. На рис. 5 представлены кривые, полученные в ходе экспериментов по указанной методике.

приобретает «пиковый» характер. На основе данных, подобных тем, что представлены на рис. 3, были получены зависимости $\tau = f(q)$, т.е. зависимость удельных упорных реакций (τ) от величины удельных давлений (вертикальных) при различных физико-механических свойствах снега. На графике (рис. 4) отображена указанная зависимость. Из этого рисунка видно, что зависимость $\tau = f(q)$ может иметь как прямолинейный характер ($\rho = 0,33$), так и криволинейный.

На этом графике кривая 1 отражает данные по горизонтальному сдвигу снега при постоянной вертикальной нагрузке (1-й этап). Кривая 2 – при снятой вертикальной нагрузке (2-й этап). Кривая 3 – при снятой вертикальной нагрузке и при отсутствии упорных реакций вдоль боковых поверхностей макета (3-й этап).

Указанные эксперименты проводились при различных величинах вертикальных нагрузок.

Становится ясным, что увеличение упорных реакций за счет развития боковых поверхностей срезаемого «кирпичика» снега целесообразно лишь для машин с небольшой величиной вертикальных удельных давлений. Размер этих боковых поверхностей практически может быть увеличен только за счет большей высоты

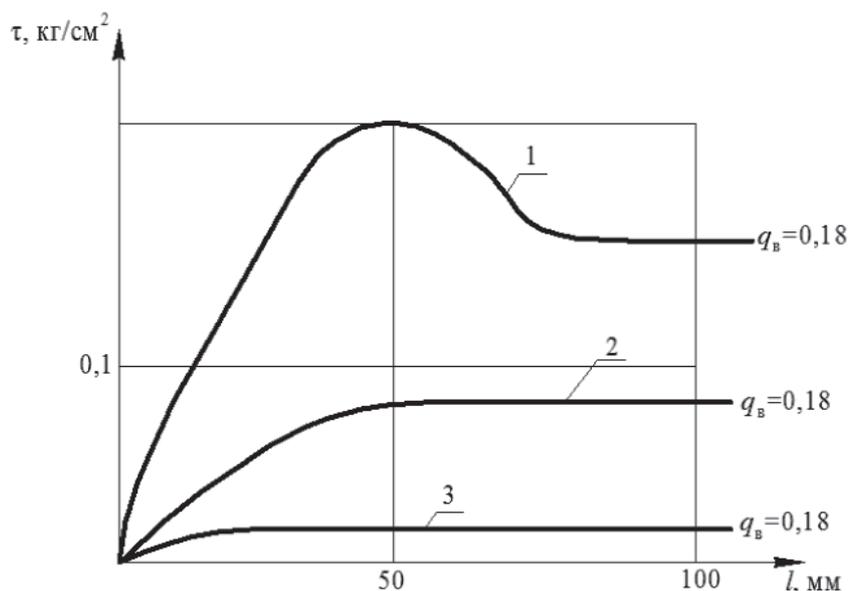


Рис. 5. Зависимость горизонтальных напряжений τ от величины сдвига макета l

При дальнейшем повышении удельных давлений ($q = 0,24-0,36$ кг/см²) ввиду того, что снег влажный, происходит слипание между кристаллами снега и соответственно возрастает сцепляемость между ними. При этом кривая зависимости $\tau = f(l)$ вновь

зацепов. Таким образом, можно сделать вывод, что при движении гусеничных машин по рыхлому снегу увеличение высоты зацепов с целью увеличения силы тяги наиболее целесообразно у легких снегоболотоходов. Следовательно,

увеличение размеров снегозацепов с целью увеличить поверхность взаимодействия перемещающейся массы снега с неподвижной имеет больший эффект для легких машин с малой величиной удельного давления. Для тяжелых машин (например, тракторов) сила тяги зависит в основном от веса машины.

Закключение

На выбор конструкции и параметров влияют свойства земной поверхности, ее покрова, на котором предполагается использование транспортного средства. Сила тяги гусеничной машины зависит от многих факторов: состояния снежного покрова (плотность, твердость, влажность), силы трения гусениц о снег, силы сцепления сжатого снега о ненарушенное полотно пути. Испытания макета гусениц на снежном полотне пути показали следующее.

Основной составляющей силы тяги является сила трения спрессованного под гусеницей снега о снег, лежащий ниже зацепов гусениц. Причем, чем тяжелее машина, тем больше эта составляющая. Поэтому для тяжелых машин увеличение высоты зацепов нецелесообразно. С другой стороны, чем легче машина, тем большее значение имеет сцепление снега о снег по боковым поверхностям гусениц. Следовательно, чем легче машина, тем больше должна быть высота зацепов.

Список литературы

1. Бабков В.Ф. Образование колеи при движении автомобиля. Труды совещания по проходимости колесных и гусеничных машин по целине и грунтовым дорогам // АН СССР, 1950.
2. Карташов С.Н. Физико-механические свойства и процессы формирования снежно-фирнового покрова Антарктиды // АН СССР, 1962.

3. Крживицкий А.А. Снегоходные машины. – М.: Машгиз, 1947.

4. Маевский А.П. Исследование процесса движения гусеничного трелевочного трактора по снежной целине: дис. – Иркутск, 1964.

5. Симода С.О. О глубине оседания гусеничных трактов снегоходов на покрытых снегом поверхностях // Нихон. Кикай. Гаккай. ромбунсю. – 1952. – т, 25, № 150, ВИНТИ.

6. Талантова З.И. Взаимодействие аэросанных лыж и снега: дис. – Горький, 1944.

7. Филатов Л.С. Исследование тяговых свойств трактора ДТ-54 при зимней эксплуатации его в сельском хозяйстве: дис. – М., 1960.

References

1. Babkov V.F. Obrazovanie kolei pri dvizhenii avtomobilja. Trudy soveshhanija po prohodimosti kolesnyh i gusenichnyh mashin po celine i gruntovym dorogam // AN SSSR, 1950.

2. Kartashov S.N. Fiziko-mehaniicheskie svojstva i processy formirovanija snezhno-firnovoogo pokrova Antarktity // AN SSSR, 1962.

3. Krzhivickij A.A. Snegohodnye mashiny. M.: Mashgiz, 1947.

4. Maevskij A.P. Issledovanie processa dvizhenija gusenichnogo trelevochnogo traktora po snezhnoj celine: dis. Irkutsk, 1964.

5. Simoda S.O. O glubine osedanija gusenichnyh trakov snegohodov na pokrytyh snegom poverhnostjah // Nihon. Kikaj. Gakkaj. rombunsju. 1952. t, 25, no. 150, VINITI.

6. Talantova Z.I. Vzaimodejstvie ajerosannyh lyzh i snega: dis. Gorkij, 1944.

7. Filatov L.S. Issledovanie tjagovyh svojstv traktora DT-54 pri zimnej jekspluatácii ego v selskom hozjajstve: dis. M., 1960.

Рецензенты:

Панов А.Ю., д.т.н., заведующий кафедрой «Теоретическая и прикладная механика», ФГБОУ ВПО «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева», г. Нижний Новгород;

Кретинин О.В., д.т.н., профессор кафедры «Автоматизация машиностроения», ФГБОУ ВПО «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева», г. Нижний Новгород.