

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ СОПРОТИВЛЕНИЯ СНЕЖНОГО НАКАТА РЕЗАНИЮ

Лысянников А.В.¹, Кайзер Ю.Ф.¹, Желукевич Р.Б.¹, Малышева Н.Н.¹, Мерко М.А.¹, Колотов А.В.¹, Кузнецов А.В.², Катаргин С.Н.¹

¹ФГАОУ ВПО «Сибирский федеральный университет», Красноярск, Россия (660041, Красноярск, пр. Свободный, 79), e-mail: av.lysyannikov@mail.ru

²ФГБОУ ВПО «Красноярский государственный аграрный университет», Красноярск, Россия (660049, Красноярск, пр. Мира, 90), e-mail: kuznetsov1223@yandex.ru

Проведен анализ состояния рассматриваемой проблемы. Представлены результаты экспериментальных исследований сопротивления снежного наката процессу резания. Проведен анализ влияния физико-механических свойств снежных образований, глубины резания и углов резания отвала на усилия, имеющие место при данном процессе. Определены функциональные зависимости между физико-механическими свойствами снежных образований, геометрическими параметрами углов резания и силовыми характеристиками, обеспечивающие снижение энергоемкости снегоочистки. Полученные результаты могут быть использованы при проектировании отвалов. Выявлено, что при угле резания 45°, обеспечивается наименьшие усилия резания снежного наката, снижение энергоемкости данного процесса. Полученный результат может быть рекомендован для применения дорожно-эксплуатационным организациям Сибири и северных регионов России, так как это позволит обеспечить повышение производительности снегоуборочной техники без увеличения мощности базовой машины и снижение экономических затрат (расход топлива) на содержание дорожных покрытий в зимний период.

Ключевые слова: плотный снег, снежный накат, модель отвала, усилие резания, сопротивление резанию, угол установки, угол резания.

THE RESULTS OF EXPERIMENTAL RESEARCH OF RESISTANCE SNOW CUTTING

Lysyannikov A.V.¹, Kaiser U.F.¹, Zelykevith R.B.¹, Malysheva N.N.¹, Merko M.A.¹, Kolotov A.V.¹, Kuznetsov A.V.², Katargin S.N.¹

¹Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia (660041, Krasnoyarsk, Svobodny Prospekt, 79), e-mail: av.lysyannikov@mail.ru

²Krasnoyarsk state agrarian University, Krasnoyarsk, Russia (660049, Krasnoyarsk, World Prospekt, 90), e-mail: kuznetsov1223@yandex.ru

The analysis of the status of the problem. Results of experimental studies of resistance snow the cutting process. The analysis of influence of physical and mechanical properties of snow formations, depth of cut and corners of the cutting blade on efforts taking place in this process. Defined functional relationships between physical and mechanical properties of snow formations geometrical parameters of cutting angles and power characteristics that reduce energy intensity of snow removing. The obtained results can be used for designing dumps. It is revealed that when the angle cutting 45°, provides the smallest cutting forces snow, reduce energy intensity of this process. The result can be recommended for use in road maintenance organizations of Siberia and the Northern regions of Russia, as this will ensure improving the performance of snowplows, without increasing power base of the machine and reduce economic costs (fuel consumption) for the maintenance of road surfaces in winter.

Key words: compacted snow, dense snow deposits, the model of the dump, the force of the cutting, cutting resistance, installation angle, cutting angle.

Введение

Содержание дорожных покрытий в зимний период представляет собой комплекс мероприятий, которые должны обеспечивать бесперебойное и безопасное движение автомобилей с высокими скоростями и нагрузками, согласно требованиям, установленным в ГОСТ Р 50597-93 «Автомобильные дороги и улицы». Для выполнения данных требований дорожная эксплуатационная служба должна обеспечить высокий уровень зимнего

содержания дорог, так как зимний период является самым сложным для эксплуатации дорог и организации безопасного движения транспорта.

В связи с наблюдающимся в последние годы увеличением интенсивности движения автомобильного транспорта возникает необходимость повышения эффективности снегоочистки, что является актуальным, как с технико-экономической, так и с социальной точек зрения, включая безопасность движения.

Проведенный литературный анализ показал, что на сегодняшний день существует небольшое число исследовательских работ, посвященных вопросам изучения сопротивления снежного наката резанию. Исследования взаимодействия рабочего органа отвального типа с уплотненными снежными образованиями, изучение влияния физико-механических свойств снежных образований, углов резания и установки рабочего органа на составляющие усилия резания, являются актуальными, поскольку позволят определить оптимальные параметры установки рабочего оборудования, обеспечивающие снижение энергоемкости процесса разрушения снежного наката с одновременным повышением производительности снегоуборочной техники без увеличения мощности базовой машины и снижение экономических затрат (расход топлива) на содержание дорожных покрытий в зимний период. В связи с этим было принято решение провести исследование сопротивления, которое оказывает снежный накат при разработке отвалом снегоочистительной машины [2].

Настоящее исследование проводится с целью нахождения пригодных для практического применения функциональных зависимостей между физико-механическими свойствами снежных образований, геометрическими параметрами углов резания и силовыми характеристиками, обеспечивающих снижение энергоемкости процесса разрушения снежного наката.

Методы исследования, применяемые в настоящей работе, основаны на принципах механики процесса резания различных материалов и методах математического моделирования с учетом теории планирования эксперимента и основ статистической обработки полученных данных.

Для достижения вышеуказанной цели, разработана и изготовлена модель отвала автогрейдера ГС 10.06 шириной 25 см в масштабе 1:10 (рис. 1).

Использование модели подобного вида (рис. 1) обусловлено тем, что автогрейдер ГС 10.06 характеризуется универсальностью, мобильностью, простотой конструкции и технического обслуживания. Автогрейдер указанной марки является наиболее распространенным видом техники, успешно применяемым дорожно-эксплуатационными организациями для очистки автомобильных дорог от уплотненных снежных образований (плотность до 800 кг/м^3) в условиях Сибири и северных регионов России. Использование

автоматических систем управления отвалом обеспечивает установку заданного углового положения в поперечной плоскости независимо от поперечного профиля разрабатываемого дорожного полотна.

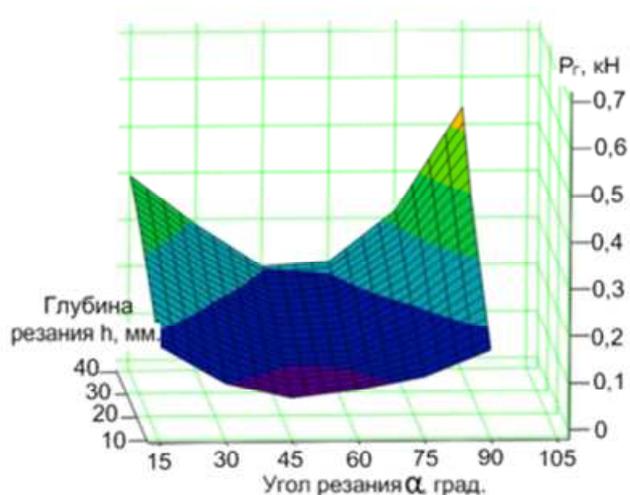
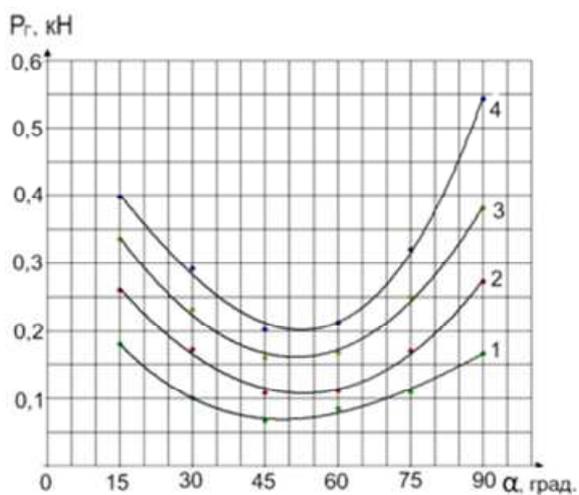


Рис. 1 Модель отвала автогрейдера ГС 10.06

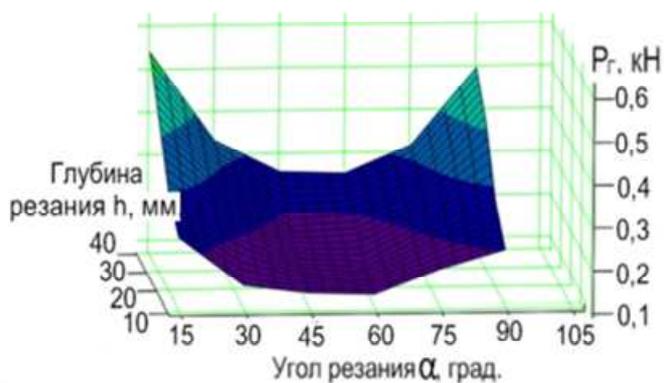
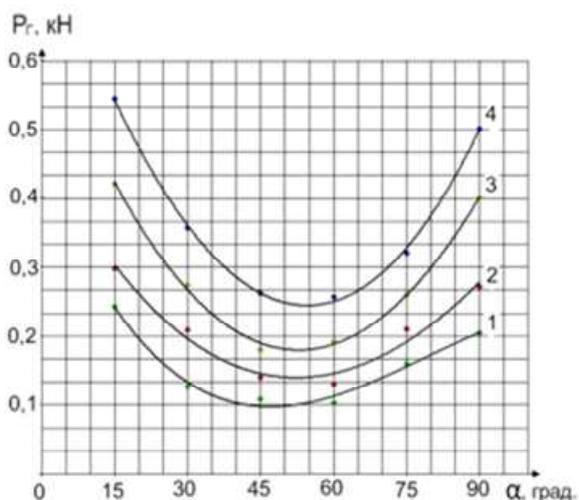
Эксперименты проводились при температуре окружающей среды от -5 до -10 °С, плотности снега $\rho_c = 400\text{--}500$ кг/м³ на специальном стенде, на ползунах которого монтировалось тензометрическая головка [5,10] с закрепленной моделью отвала автогрейдера [2]. Твердость снега определялась с помощью стенда для исследования прочности уплотненного снежного покрова аэродромов и дорожных покрытий [7]. Опыты проводились при угле установки модели отвала $\delta = 30^\circ$, углах резания $\alpha = 15, 30, 45, 60, 75, 90^\circ$ и толщине среза $h = 10, 20, 30, 40$ мм. Образцы снега для эксперимента вырезались из уплотненных снежных образований, находящихся на дорожном покрытии, их поверхность предварительно выравнивалась. Глубина резания обеспечивалась поднятием образца снега с помощью тарированных пластин [1, 3, 4, 9].

На основе статистически обработанных экспериментальных данных построены зависимости горизонтальной составляющей усилия резания от физико-механических свойств снежного наката, угла и глубины резания, при угле установки отвала $\delta = 30^\circ$ (рис. 2).

Анализ зависимостей горизонтальной составляющей усилия резания представляет особый интерес, так как значения горизонтальной составляющей определяют величину удельной энергоемкости процесса резания [2,8]. Так при помощи диаграммы представленных на рис. 2, установлено, что значения горизонтальной составляющей с увеличением угла резания изменяются по полиномиальной зависимости, для исследуемых плотностей снега характерно равномерное уменьшение значений составляющей до значений угла резания $\alpha = 45\text{--}50^\circ$.



a



b

Рис. 2 Зависимость горизонтальной составляющей усилия резания от угла и глубины резания: *a* – снежный накат плотностью 400–450 кг/м³; *b* – снежный накат плотностью 450–500 кг/м³; при глубине резания 1, 2, 3, 4 – соответственно 10, 20, 30, 40 мм

Зависимость удельной энергоёмкости процесса резания снежного наката от физико-механических свойств снежного наката, угла и глубины резания, характеризуется диаграммами удельной энергоёмкости рассматриваемого процесса, которые представлены на рис. 3.

Анализ полученных зависимостей (рис. 3) показал, что наименьшая удельная энергоёмкость исследуемого процесса обеспечивается при резании плотного снега моделью отвала автогрейдера при угле резания 45–50°, на всем диапазоне рассмотренных значений глубины резания 10, 20, 30, 40 мм., т. е. при тех же условиях, при которых были получены минимальные значения горизонтальной составляющей усилия резания [6].

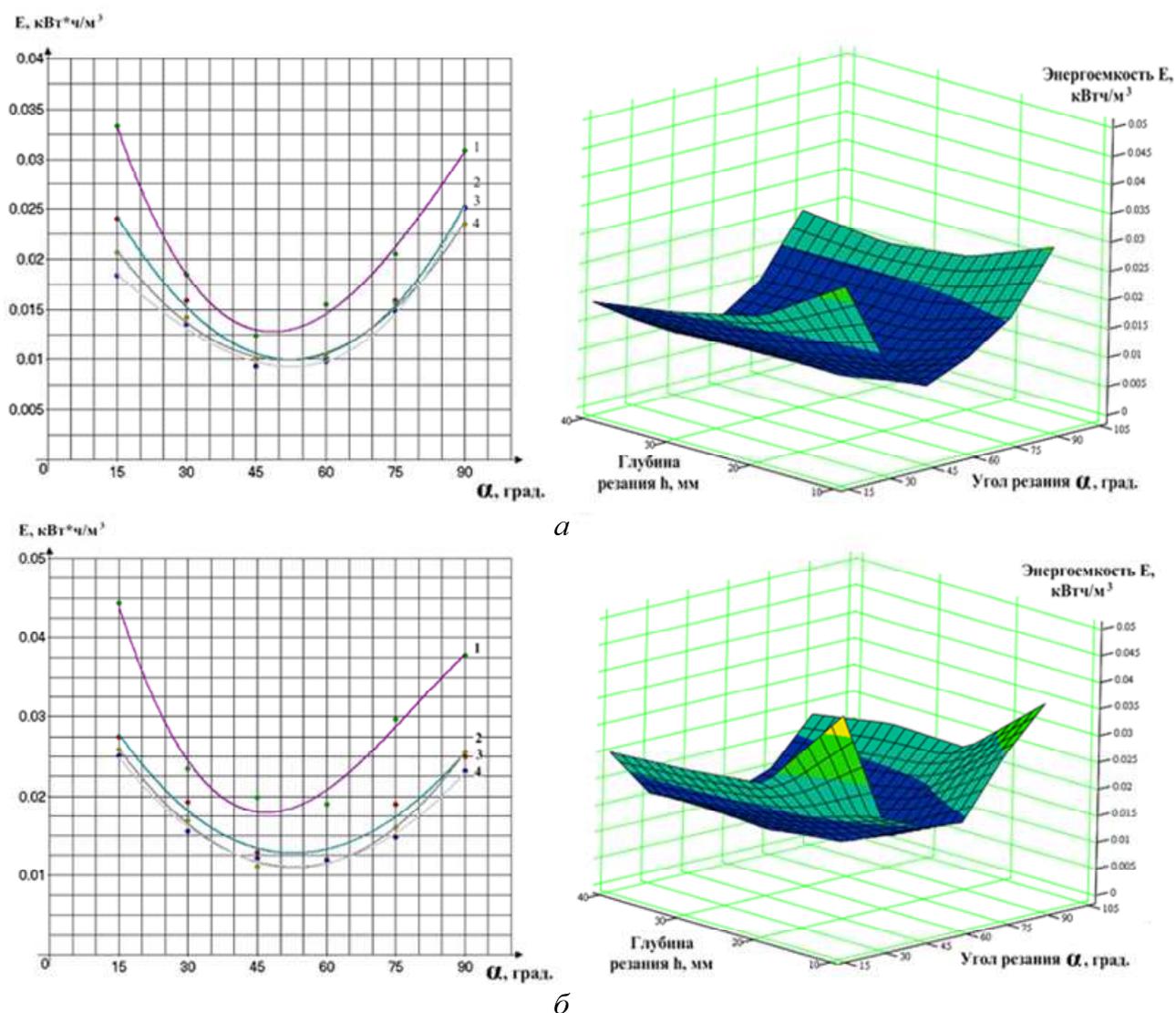


Рис. 3 Зависимость удельной энергоёмкости процесса резания от угла и глубины резания: а – снежный накат плотностью 400–450 кг/м³; б – снежный накат плотностью 450–500 кг/м³; при глубине резания 1, 2, 3, 4 – соответственно 10, 20, 30, 40 мм

Заклучение. В результате проведенных исследований сопротивления снежного наката процессу резания выполнен анализ влияния физико-механических свойств снежных образований, глубины резания и углов резания отвала на усилия, имеющие место при данном процессе. Определены функциональные зависимости между физико-механическими свойствами снежных образований, геометрическими параметрами углов резания и силовыми характеристиками, обеспечивающие снижение энергоёмкости снегоочистки. Полученные результаты могут быть использованы при проектировании отвалов. Выявлено, что при угле резания 45°, обеспечивается наименьшие усилия резания снежного наката, снижение энергоёмкости данного процесса. Полученный результат может быть рекомендован для

применения дорожно-эксплуатационным организациям Сибири и северных регионов России, так как это позволит обеспечить повышение производительности снегоуборочной техники без увеличения мощности базовой машины и снижение экономических затрат (расход топлива) на содержание дорожных покрытий в зимний период.

Список литературы

1. Желукевич Р.Б., Лысянников А.В., Кайзер Ю.Ф. Стенд для исследования прочности уплотненного снежного покрова аэродромов и дорожных покрытий // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2012. № 2. С. 98–100.
2. Лысянников А.В. Методика и средства контроля нагрузочных параметров рабочих органов отвального типа снегоуборочных машин: автореф. дис. канд. техн. наук. 05.11.13 Томск, 2013. 22 с.
3. Лысянников А.В., Желукевич Р.Б. Определение оптимальных параметров установки отвала снегоуборочной машины с использованием тензометрической головки // Материалы работ победителей и лауреатов конкурса Всероссийского конкурса научно исследовательских работ студентов и аспирантов в области наук: СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2012. С. 166–168.
4. Лысянников А.В., Желукевич Р.Б., Кайзер Ю.Ф. Исследование процесса резания уплотненного снега // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2011. № 6. С. 98–101.
5. Лысянников А.В., Желукевич Р.Б., Кайзер Ю.Ф. Прибор для измерения усилий в процессе резания // Вестник Брянского государственного университета. 2013. № 1 (37) С. 91–94.
6. Лысянников А.В., Желукевич Р.Б., Кайзер Ю.Ф., Безбородов Ю.Н., Малышева Н.Н., Надейкин И.В. Определение оптимальных параметров угла резания уплотненного снега рабочим органом отвального типа // Научный журнал «Известия Самарского научного центра Российской академии наук». 2012. № 2. С. 384–387.
7. Лысянников А.В., Желукевич Р.Б., Кайзер Ю.Ф., Безбородов Ю.Н., Малышева Н.Н., Надейкин И.В. Тензометрическая головка для регистрации сопротивлений уплотненного снега резанию // Вестник Казанского технологического университета: Т. 15. № 12. Казань: Изд-во Казан. национ. исслед. технол. ун-та, 2012. С. 146–148.
8. Лысянников А.В., Желукевич Р.Б., Кайзер Ю.Ф., Безбородов Ю.Н., Малышева Н.Н., Шрам В.Г. Результаты исследования процесса удаления уплотненного снега с дорожных покрытий // Вестник Таджикского технического университета. 2012. № 3 (19). С. 93–97.
9. Лысянников А.В., Желукевич Р.Б., Кайзер Ю.Ф., Малышева Н.Н., Надейкин И.В. Влияние

угла резания отвала на усилия и энергоемкость резания снежного наката // Вестник Казанского технологического университета: Т. 15. № 12. Казань: Изд-во Казан. национ. исслед. технол. ун-та, 2012. С. 152–156.

10. Пат. № 2461809 Российская Федерация, МПК G01N3/58 Стенд для измерения сопротивления грунтов и снежно-ледяных образований резанию / Р.Б. Желукевич, А.В. Лысянников, Ю.Ф. Кайзер, В.А. Ганжа; заявитель и патентообладатель ФГОУ ВПО «Сибирский федеральный университет». № 2011119793/28; заявл. 17.05.2011; опубл. 20.09.2012, Бюл. № 26.

Рецензенты:

Петровский Э.А., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой технологических машин и оборудования нефтегазового комплекса, ФГАОУ ВПО «Сибирский федеральный университет», г. Красноярск.

Минеев А.В., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой бурения нефтяных и газовых скважин, ФГАОУ ВПО «Сибирский федеральный университет», г. Красноярск.