

8. Гольдфарб В. И., Анферов В. Н. Особенности выбора зон зацепления в спироидных передачах с ротапринтным способом смазки // Application of Mechanics and Biomechanics in Mechatronics. – Varna, Bulgaria, 1992. – С. 76–80.
9. ГОСТ 22850–77. Передачи спироидные. Термины, определения и обозначения.
10. Гольдфарб В. И., Несмелов И. П. Выбор схемы неортогональной зубчатой передачи с перекрещивающимися осями.
11. Гольдфарб В. И., Анферов В. Н. Особенности выбора зон зацепления в спироидных передачах с ротапринтным способом смазки.
12. ГОСТ 22850–77. Передачи спироидные. Термины, определения и обозначения.
13. А. с. 1118127 СССР. Гиперболоидная зубчатая передача с ротапринтной смазкой зацепления / Клюев Л. И., Анферов В. Н. – Оpubл. в Б. И., 1984, Бюл. № 37.
14. Там же.
15. Пат. 2306465 Российская Федерация. Спироидная передача с ротапринтной смазкой зацепления / Анферов В. Н., Гольдфарб В. И., Ковальков А. А. – 2007.

V. I. Goldfarb, Doctor of Technical Sciences, Professor, Izhevsk State Technical University
V. N. Anferov, Doctor of Technical Sciences, Professor, Siberian State Railway Transport University, Novosibirsk
I. V. Sergeyeva, Postgraduate Student, Siberian State Railway Transport University, Novosibirsk

Design Versions of Spiroid Gearboxes with Rotaprint Lubrication of Gearing

Different layout versions of spiroid gearboxes with rotaprint lubrication of gearing are presented. Results of experimental investigation of two versions of gearboxes layouts are given, proving the possibility of their application in extreme conditions.

Keywords: spiroid gearboxes, rotaprint lubrication, new design solutions.

Получено: 15.11.11

УДК 625.768.5

М. Ф. Закиров

В. П. Баранчик, доктор технических наук, профессор
Ижевский государственный технический университет

НОВЫЙ ПОДХОД К ВЫБОРУ РЕЖИМОВ РАЗРУШЕНИЯ СНЕГА РАБОЧИМИ ОРГАНАМИ МАШИН

Предлагается определять оптимальный угол резания снега рабочим органом машин на основе минимизации доли вертикальной составляющей в общем сопротивлении на рабочем органе. Приводится обоснование нового подхода с позиции теории предельных состояний упругих вязкопластичных сред и теории Мора.

Ключевые слова: угол резания, предельное напряженное состояние, круги Мора, предельная огибающая, угол трения, энергоемкость

Целый ряд материалов, к числу которых относятся грунты, снег, горные породы, многие композиты, обладают ярко выраженной анизотропностью. Ключевым параметром, влияющим на сопротивление разрушению любого материала под давлением штампа или резца, является трение. Угол внутреннего трения при сдвиге,

как известно, соответствует углу наклона огибающей предельных кругов Мора. Для металлов предельная огибающая считается прямой линией на плоскости «нормальные – касательные напряжения (σ - τ)», а точки этой прямой соответствуют предельным напряженным состояниям (ПНС) материала. При этом угол наклона предельной огибающей (угол внутреннего трения) является постоянной величиной, не зависящей от напряжений.

При исследовании разрушения грунтов, горных пород и композитов [1, 2, 3] обнаружилось, что эти материалы выдерживают значительно большие напряжения на сдвиг, чем это следует из теории предельного равновесия упругих вязкопластичных сред. Зеленин А. Н. на целом ряде материалов показал, что даже одноосное сжатие стесненного объема в реальных условиях сопровождается образованием конусообразного уплотненного ядра сжимаемого материала, в результате чего возникает объемное напряженное состояние с появлением растягивающих напряжений [1]. При этом фактический угол внутреннего трения превышает угол наклона огибающей ровно настолько, насколько это необходимо, чтобы провести круг Мора через найденные экспериментальным путем значения главных напряжений σ_1 и σ_3 .

При разрушении снега существенную поправку в процесс вносит температура. Снег, как и грунт, разрушается под действием касательных напряжений, циклически достигающих максимума и приводящих к отделению от массива тел скольжения. Но, в отличие от грунта, механические свойства снега под действием температуры изменяются в широких пределах, что проявляется через трение [4]. Отметим, что под действием температуры и давления снег может переходить из твердого в газообразное состояние, минуя жидкую фазу [5]. При трении о поверхность рабочего органа и при трении на поверхности скольжения механические свойства снега изменяются по сложным и неизвестным в настоящее время законам [5]. Определение влияния нагрузки на прочностные характеристики снега является самостоятельной проблемой материаловедения. Дефектом является непрерывное изменение углов внешнего и внутреннего трения при взаимодействии рабочего органа машины со снегом. Это обстоятельство диктует необходимость нового подхода к решению проблемы снижения энергоемкости процесса разработки снега машинами.

Учитывая, что плотность является, для данного вида и состояния снега, основным параметром, влияющим на его прочностные свойства [5], а также технологическое ограничение, связанное с необходимостью уборки снега за один проход, задача выбора оптимального режима разрушения снега формулируется следующим образом. Определить значение угла резания, соответствующее минимальной энергоемкости процесса копания, при заданной плотности и высоте снежного покрова.

Термин «копание», введенный в 50-х гг. прошлого столетия Н. Г. Домбровским [6], предполагает, что энергия двигателя расходуется не только на резание (отделение стружки от массива), но также на относительное и абсолютное перемещение разрушенного объема при движении землеройно-транспортной машины. Процессы резания и перемещения происходят одновременно, поэтому в реальных условиях имеет место копание, а резание возможно только в лабораторных условиях.

Прочностные свойства снега проявляются через сопротивление R на рабочем органе, вектор которого отклоняется от вектора скорости машины на угол внешнего трения. Полезную работу совершает лишь горизонтальная составляющая сопротивления, направленная по вектору движения машины. Поэтому для повышения эффективности необходимо минимизировать вертикальную P_v и боковую состав-

ляющие общего сопротивления R . При этом нельзя допустить увеличения общего сопротивления. Это возможно лишь на основе создания соответствующего ПНС с наличием растягивающих напряжений, при этом надо иметь в виду, что снег слабо сопротивляется растяжению и не имеет длительного предела прочности на растяжение [5].

Выбор угла резания ставится в прямую зависимость от доли P_v/R вертикальной составляющей усилия на рабочем органе, а механические характеристики снега являются «черным ящиком». Однако, как показывает опыт [7], одному и тому же значению P_v/R могут соответствовать различные значения угла резания α . Среди них надо выбрать то, которое отвечает минимуму энергоемкости процесса, кВт · ч/м³:

$$\Xi = \frac{Rl}{3600hbl},$$

где b, l – ширина и путь копания, м; h – толщина стружки, м.

При постоянной ширине отвала энергоемкость процесса прямо пропорциональна отношению R/h . Эта величина является необходимым условием, а значение P_v/R является достаточным условием оптимальности режима копания.

В качестве иллюстрации в таблице приведена ситуация с определением оптимального угла резания по экспериментальным значениям R/h и P_v/R .

Определение оптимальных режимов и диапазонов

h , мм	α , град	Снег $\gamma = 400$ кг/м ³		Снег $\gamma = 550$ кг/м ³		Оптимальные режимы и диапазоны			
		R/h , кН/м	P_v/R	R/h , кН/м	P_v/R	Снег $\gamma = 400$ кг/м ³		Снег $\gamma = 550$ кг/м ³	
						$(P_v/R)_{\text{opt}}$	α_{opt} , град	$(P_v/R)_{\text{opt}}$	α_{opt} , град
25	35	8,50	0,43	15,26	0,37				
	45	3,48	0,53	8,95	0,40	0,53...0,25	45...55		
	55	4,17	0,25	7,47	0,39			0,39...0,25	55...55
50	35	4,76	0,13	13,15	0,43				
	45	3,38	0,36	9,75	0,27				
	55	2,95	0,29	4,44	0,39	0,29...0,20	55...45	0,39...0,43	55...55
70	35	4,31	0,40	6,33	0,41				
	45	3,27	0,34	5,40	0,34			0,34...0,23	45...35
	55	3,21	0,25	8,67	0,30	0,25...0,30	55...55		

Анализ полученных таким образом оптимальных режимов показал, что при указанных диапазонах R/h , P_v/R и углов резания α_{opt} реализуются ПНС, имеющие минимальные значения угла внутреннего трения и радиуса предельного круга Мора с $\sigma_1 > 0$.

Таким образом, $(R/h)_{\text{min}}$ и $(P_v/R)_{\text{min}}$ являются внешними идентификационными признаками оптимального режима резания снега, однозначно связанными с реализацией ПНС, отвечающего минимуму удельной энергии, необходимой для разрушения снега.

Новизна подхода к определению оптимальных параметров резания снега рабочим органом машины заключается в том, что сложным образом изменяющиеся механические характеристики снега заменены на их внешнее проявление R/h и P_v/R , минимальные значения которых соответствуют оптимальному режиму резания.

В результате открывается возможность оптимального управления углом резания на основе отслеживания указанных идентификационных признаков оптимальности режима.

Библиографические ссылки

1. Зеленин А. Н., Карсеев Г. Н., Красильников Л. В. Лабораторный практикум по резанию грунтов : учеб. пособие. – М. : Высш. шк., 1969. – 310 с.
2. Баловнев В. И. Моделирование процессов взаимодействия со средой рабочих органов дорожно-строительных машин. – М. : Машиностроение, 1994. – 432 с.
3. Дорожные машины. Ч. 1. Машины для земляных работ / Т. В. Алексеева [и др.]. – М. : Машиностроение, 1972. – 504 с.
4. Зеленин А. Н., Карсеев Г. Н., Красильников Л. В. Лабораторный практикум по резанию грунтов.
5. Баранчик В. П., Закиров М. Ф. Исследования сопротивления резанию снега малогабаритным плужным снегоочистителем // Механизация строительства. – 2009. – № 11. – С. 16–18.
6. Войтковский К. Ф. Механические свойства снега. – М. : Наука, 1977. – 126 с.
7. Там же.
8. Там же.
9. Домбровский Н. Г. Экскаваторы : Общие вопросы теории, проектирования, исследования и применения. – М. : Машиностроение, 1969. – 320 с.
10. Войтковский К. Ф. Механические свойства снега.
11. Баранчик В. П., Закиров М. Ф. Напряженно-деформированное состояние снега при взаимодействии с отвальным рабочим органом // Интерстроймех-2009 : материалы Междунар. науч.-техн. конф. – Бишкек : КГУСТА, 2009. – С. 105–106.

M. F. Zakirov, Izhevsk State Technical University

V. P. Baranchik, Doctor of Technical Sciences, Professor, Izhevsk State Technical University

A New Approach to the Choice of Snow Cutting Regimes with Machine Working Organs

The determination of optimum cutting angle of a machine working organ based on the minimization of the vertical component of total resistance is proposed. The substantiation of the new approach from the position of limit states of stress theory for elastic viscoplastic environments and Mohr theory is given.

Keywords: cutting angle, limit state of stress, Mohr circles, limiting envelope curve, internal friction angle, energy consumption

Получено: 02.11.11