

МЕХАНИЧЕСКОЕ РАЗРУШЕНИЕ ПРОЧНЫХ СНЕЖНО-ЛЕДЯНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ ДИСКОВЫМ РЕЖУЩИМ ИНСТРУМЕНТОМ

© 2012 В.А. Ганжа, Ю.Н. Безбородов, Ю.Ф. Кайзер, Н.Н. Малышева, П.В. Ковалевич

Сибирский федеральный университет, г. Красноярск

Поступила в редакцию 21.03.2012

В статье приводятся основные результаты исследований процессов взаимодействия дискового режущего инструмента со льдом при его механическом разрушении. Описываются условия проведения эксперимента. Определены рациональные параметры дискового режущего инструмента, обеспечивающие минимальную энергоёмкость процесса. Предложена конструкция рабочего органа, оснащенного дисковым режущим инструментом. Дается обоснование перспективности использования дискового режущего инструмента в рабочих органах спецмашин для разрушения прочных снежно-ледяных образований.

Ключевые слова: *снежно-ледяные образования, дисковый режущий инструмент, снегоуборочные машины*

При зимнем содержании дорог и аэродромов особенно трудоемкими являются мероприятия по предотвращению и устранению снежно-ледяных и гололедных образований, которые в настоящее время на аэродромах выполняются химико-механическим, тепловым и комбинированным методами. На автодорогах также применяются и фрикционный метод. Данные методы оперативны и высокоэффективны, но имеют ряд существенных недостатков. Это необходимость приобретения и содержания специальных машин для распределения жидких или гранулированных антигололедных реагентов (АГР); большой сезонный расход АГР и их высокая стоимость; строительство и содержание складских помещений, вредное влияние АГР на покрытие и окружающую среду и др. Область применения более экономичного и экологически чистого механического способа разрушения ограничивается конструктивной неприспособленностью рабочих органов существующих уборочных машин к эффективному разрушению прочных снежно-ледяных образований на очищаемых покрытиях. Расширение области применения механического способа возможно путем модернизации существующих и создания новых рабочих органов к уже имеющимся на эксплуатационных предприятиях специальным машинам без увеличения их мощности. Это может быть осуществлено за счет установки перспективного режущего инструмента в виде дисковых резцов (рис. 1).

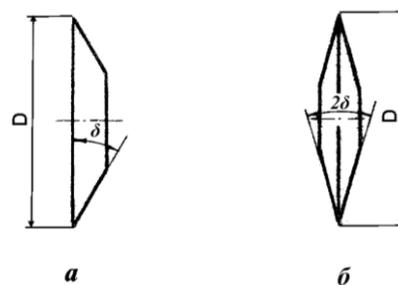


Рис. 1. Типы дискового инструмента: а – тип «А»; б – тип «Б»

Известно о широком применении такого инструмента в проходческих комбайнах при разработке горных пород [1], а также в рабочих органах буровых [2], землеройных машин и на бульдозерных рыхлительных агрегатах [3] при разработке мерзлых грунтов. Однако параметры инструмента, обеспечивающие эффективное разрушение указанных сред, не могут быть использованы при разработке устройств, разрушающих прочные снежно-ледяные образования, без дополнительных исследований, так как физико-механические свойства горных пород и мерзлых грунтов существенно отличаются от физико-механических свойств льда. Отсутствие исследований процессов взаимодействия дискового режущего инструмента со льдом при его механическом разрушении затрудняет выполнение работ по проектированию новых и совершенствованию конструкций рабочих органов спецмашин.

Цель работы: определение рациональных с позиции минимизации энергозатрат параметров дискового режущего инструмента и оценки влияния этих параметров, а также физико-механических свойств льда и параметров среза на силовые показатели процесса резания льда таким инструментом.

В Сибирском федеральном университете проведены экспериментальные лабораторные исследования. В качестве режущего инструмента

Ганжа Владимир Александрович, кандидат технических наук, доцент. E-mail: vladimirganzha@yandex.ru

Безбородов Юрий Николаевич, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой. E-mail: LabSM@mail.ru

Кайзер Юрий Филиппович, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой. E-mail: kaiser170174@mail.ru

Малышева Наталья Николаевна, кандидат технических наук, доцент. E-mail: nataly.nm@mail.ru

Ковалевич Павел Васильевич – аспирант. E-mail: Kovalevich_p@mail.ru

принят заостренный дисковый резец типа *A* (рис. 1а). Такая форма инструмента допускает расположение его в пространстве под различными углами, по отношению к поверхности разрабатываемого массива. Для уменьшения площади трения большего основания конуса об массив принят задний угол $\gamma=5^\circ$. Диаметр дисковых резцов, использовавшихся в работе, $D=0,2$ м. При таком диаметре исключается громоздкость конструкции и необходимость установки массивных опор, несущих дисковые резцы на исполнительном органе, обеспечивается необходимая глубина резания. Угол заострения δ изменялся в диапазоне от 15 до 60° с интервалом 15° .

Резание осуществлялось на глубину $h=60$ мм. Данное значение соответствует допустимой толщине стружки, срезаемой отвальными рабочими органами, оснащенными системами автоматизированного управления. Шаг резания t (толщина срезаемой стружки), составил: 10, 20, 30 и 40 мм. При этом соблюдалось условие $t \leq h$, так как предполагается что резцами, размещаемыми на рабочих органах, будет обеспечиваться разрушение льда по полублокированной схеме, требующей меньших затрат энергии. В случае, когда ширина резания превышает его глубину, имеет место более энергоемкая блокированная схема резания.

Испытания проводились при температуре окружающего воздуха от минус 2 до минус 6°C , при которой наиболее вероятно льдообразование на дорожных и аэродромных покрытиях. Скорость движения оси вращения резца при испытаниях составила 0,51 м/с. По данным работы [1] при разрушении горных пород с коэффициентом крепости $f=6,1$ дисковой тангенциальной шарошкой изменение скорости резания от 0,05 до 1 м/с практически не влияет на значения составляющих усилия резания. Исследования по резанию льда проводились на лабораторном стенде [4], схема которого представлена на рис. 2.

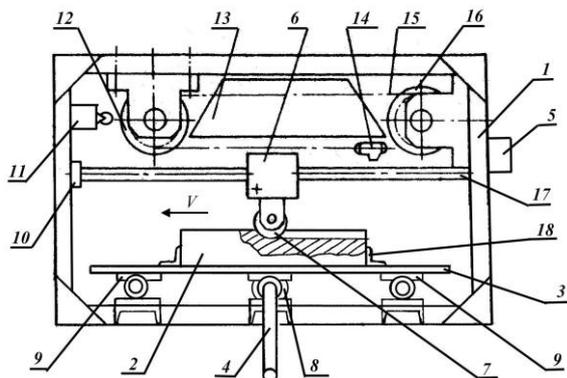


Рис. 2. Схема лабораторного стенда:

1 – опорная рама; 2 – образец льда; 3 – несущая плита; 4 – поворотная рукоятка; 5 – кнопочная станция; 6 – тензометрическая головка; 7 – режущий инструмент; 8 – ходовой механизм; 9 – опоры; 10 – демпферы; 11 – конечный выключатель; 12, 16 – звездочки тяговой цепи; 13 – шина; 14 – захват; 15 – тяговая цепь привода; 17 – направляющие тензометрической головки; 18 – упоры; V – направление движения тензометрической головки

Чувствительным элементом стенда является тензометрическая головка, представляющая собой полу балку с размещенными на ней тензометрическими датчиками сопротивления, при помощи которых определялись горизонтальная, вертикальная и боковая составляющие усилия резания. Для автоматической записи, хранения и обработки значений этих составляющих использовался информационно-измерительный комплекс, включающий персональный компьютер с монитором, плату аналого-цифрового преобразователя (АЦП) L-154, программу Power Graph, предназначенную для регистрации, обработки и хранения аналоговых сигналов, записанных с помощью АЦП, а также тензометрический усилитель УТ1-10. Максимальная относительная погрешность измерений составила не более 2%. Для проведения испытаний на лабораторном стенде использовались ледяные блоки 2, размерами 260x300x510 мм, закреплявшиеся на несущей плите 3 стенда (рис. 2). Вращением рукоятки 4 механизма поперечной подачи устанавливался шаг резания t (толщина срезаемой стружки). При включении привода кнопочной станцией 5, тензометрическая головка 6 с закрепленным на ней режущим инструментом 7 перемещалась из крайнего правого положения в крайнее левое, совершая рез. Резание каждым резцом осуществлялось при последовательном изменении шага резания во всем исследуемом диапазоне его значений.

На основе статистически обработанных результатов всех испытаний, предусмотренных программой эксперимента, построены графики зависимости составляющих усилия резания от угла заострения диска и шага резания при разрушении льда дисковыми резцами. Выполнен расчет энергоемкости процесса резания ледяного массива дисковыми резцами для различных значений угла заострения и шага резания в соответствии с выражением (1). Построены графики зависимости энергоемкости процесса резания от угла заострения диска.

$$E = 0,000272 \frac{P_r}{S_{CP}}, \text{кВт.ч/м}^3 \quad (1)$$

где P_r – значение горизонтальной составляющей усилия резания, кН; S_{CP} – площадь среза, определяемая следующим выражением:

$$S_{CP} = h \cdot t, \text{м}^2 \quad (2)$$

Важным этапом экспериментальных исследований являлся анализ характера изменения величины горизонтальной P_r составляющей усилия резания в зависимости от угла заострения дискового резца и параметров среза, так как значения P_r определяют величину удельной энергоемкости процесса резания льда дисковым режущим инструментом. На рис. 3 представлена зависимость горизонтальной составляющей усилия резания от угла заострения дискового резца δ при

полублокированном резании с шагом 10, 20, 30, и 40 мм. Анализ графиков показал, что наименьшие значения P_T обеспечиваются при использовании дисковых резцов с углом заострения $\delta=30^\circ$ при всех рассматриваемых значениях шага резания, а также при резании резцом с углом заострения $\delta=60^\circ$ при $t=30$ мм.

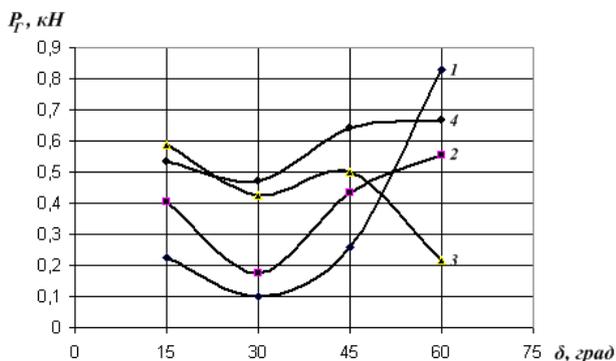


Рис. 3. Зависимость горизонтальной составляющей усилия резания от угла заострения диска: 1 – при $t=10$ мм; 2 – при $t=20$ мм; 3 – при $t=30$ мм; 4 – при $t=40$ мм

Графики зависимости горизонтальной составляющей усилия резания от шага резания при различных значениях угла δ представлены на рис. 4. Анализ графиков показал, что минимальные значения P_T обеспечиваются при резании дисковым резцом с углом $\delta=30^\circ$ на всем диапазоне изменяющихся значений шага t .

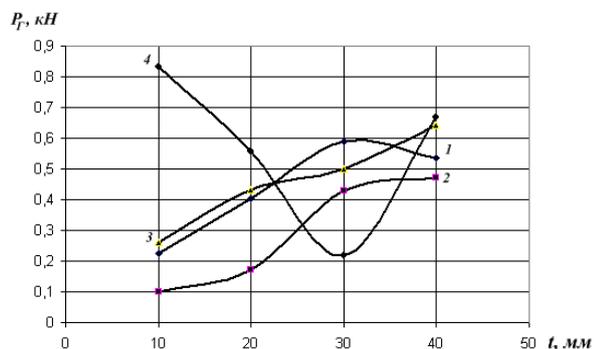


Рис. 4. Зависимость горизонтальной составляющей усилия резания от шага резания: 1 – резец с $\delta=5^\circ$; 2 – резец с $\delta=30^\circ$; 3 – резец с $\delta=45^\circ$; 4 – резец с $\delta=60^\circ$

На основании результатов расчета удельных затрат энергии на резание льда дисковым резцом диаметром $D=0,2$ м с различными углами δ заострения при различном шаге резания t построены графические зависимости энергоёмкости процесса резания от угла заострения диска (рис. 5).

Анализ полученных графиков показал, что наименьшая удельная энергоёмкость процесса будет обеспечена при резании льда дисковым резцом с углом заострения $\delta=30^\circ$ во всем диапазоне значений шага резания t (10, 20, 30 и 40 мм),

т. е. при тех же условиях, при которых были получены минимальные значения горизонтальной составляющей усилия резания. Таким образом, результатами теоретических и экспериментальных исследований обоснованы основные параметры дискового режущего инструмента, при которых обеспечивается разрушение снежно-ледяных и гололедных образований с минимальной энергоёмкостью процесса [5].

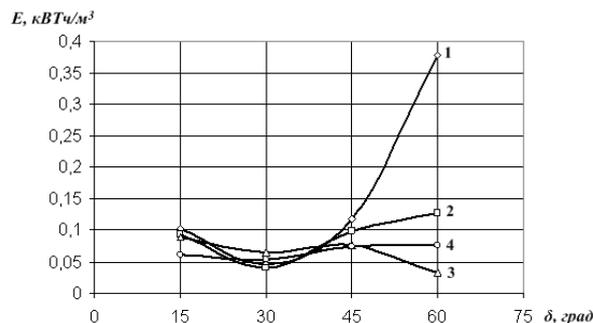


Рис. 5. Зависимость энергоёмкости процесса резания от угла заострения диска: 1 – при $t=10$ мм; 2 – при $t=20$ мм; 3 – при $t=30$ мм; 4 – при $t=40$ мм

Авторами предложена конструкция сменного отвального рабочего органа для удаления снежно-ледяного наката с поверхности дорог и аэродромов, оснащенного дисковыми резцами с рациональными параметрами, размещенными на рабочем органе по схеме, обеспечивающей взаимное перекрытие рабочих зон смежных резцов (рис. 6).

Произведен расчет силы сопротивления снежно-ледяных образований резанию стандартным отвалом автогрейдера и отвальным рабочим органом, оснащенным дисковыми резцами, с учетом следующих условий. Плотность разрушаемых снежно-ледяных образований $\rho=0,75$ г/см³ при температуре от минус 1 до минус 3°C. Прочность льда на сжатие при той же температуре $\sigma_{сж}=1,8\div 2,3$ МПа. Длина отвала $L=3,7$ м. Угол установки отвала $\beta=40^\circ$. Радиус резца $R=0,1$ м. Угол заострения резца $\delta=30^\circ$. Результаты расчетов свидетельствуют о том, что применением на рабочем органе отвального типа (рис. 6) дискового режущего инструмента с рациональными параметрами, установленного на этом рабочем органе под углом к обрабатываемой поверхности $\gamma=5^\circ$, может быть обеспечено снижение энергоёмкости процесса разрушения прочных снежно-ледяных образований в 2,3 раза. Это свидетельствует о целесообразности и перспективности использования дискового режущего инструмента в рабочих органах машин для удаления снежно-ледяных и гололедных образований с поверхности дорог и аэродромов. Конструкция данного рабочего органа для удаления снежно-ледяного наката с поверхности дорог и аэродромов, защищена патентом на изобретение № 2396389 [6].

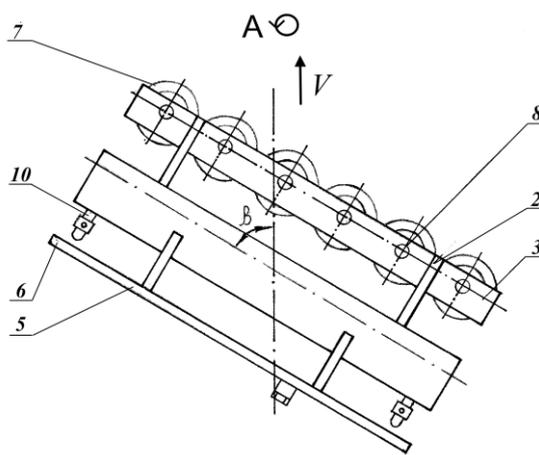
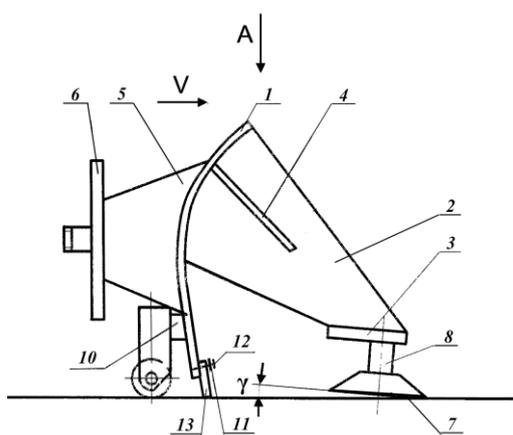


Рис. 6. Схема рабочего органа отвалного типа оснащенного дисковыми резами:

1 – отвал; 2 – передние кронштейны; 3 – пластина; 4 – укосины; 5 – задние кронштейны; 6 – опорная плита; 7 – режущие диски; 8 – ось реза; 10 – горизонтальный кронштейн; 11 – листовая полоса; 12 – болты; 13 – эластичный нож

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Разрушение горных пород проходческими комбайнами. Разрушение тангенциальным инструментом / под ред. Л.И. Барона. – М.: Наука, 1973. 172 с.
2. Желудкевич, Р.Б. Буровая головка с дисковым инструментом / Р.Б. Желудкевич, Ю.Ф. Кайзер // Политранспортные системы: материалы V Всерос. НТК, Красноярск, 21-23 ноября 2007 г.: в 2-х ч. Ч. 2 – Красноярск: Сиб. федер. ун - т; Политехн. ин - т, 2007. С. 224-228.
3. Желудкевич, Р.Б. Разрушение мерзлого грунта дисковыми резами: автореф. дис. канд. техн. наук / Р.Б. Желудкевич; СибАДИ. – Омск, 1983. 22 с.
4. Пат. № 2429459 РФ, МПК G01M 13/00. Стенд для испытания рабочих органов землеройных машин / В.А. Ганжа, Р.Б. Желудкевич, Ю.Н. Безбородов; заявитель и патентообладатель ФГАОУ ВПО «Сибирский федеральный университет». № 2010116560/28; заявл. 26.04.2010; опубл. 20.09.2011, Бюл. № 26.
5. Ганжа, В.А. Обоснование конструкции и основных параметров дискового режущего инструмента для разрушения снежно-ледяных образований: автореф. дис. канд. техн. наук / В.А. Ганжа; СФУ. – Красноярск, 2011. 24 с.
6. Пат. № 2396389 РФ, МПК E 01H 5/12. Рабочий орган для удаления снежно-ледяного наката с поверхности дорог и аэродромов / Р.Б. Желудкевич, В.А. Ганжа, Ю.Н. Безбородов; заявитель и патентообладатель ФГОУ ВПО «Сибирский федеральный университет». № 2009121899/11; заявл. 08.06.2009; опубл. 10.08.2010, Бюл. № 22.

MECHANICAL DESTRUCTION OF THE STRONG SNOW AND ICE FORMATIONS BY DISK CUTTING INSTRUMENT

© 2012 V.A. Ganzha, Yu.N. Bezborodov, Yu.F. Kayzer, N.N. Malysheva, P.V. Kovalevich

Siberian Federal University, Krasnoyarsk

In paper the main results of researches of interaction processes of disk cutting instrument are given with ice at its mechanical destruction are given. Conditions of carrying out the experiment are described. The rational parameters of disk cutting instrument providing minimum power consumption of process are defined. The design of working tool equipped with a disk cutting instrument is offered. Justification of prospects of use the disk cutting instrument in working tools of special vehicles for destruction the strong snow and ice formations is given.

Key words: *snow and ice formations, disk cutting instrument, snow removal machines*

Vladimir Ganzha, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor. E-mail: vladimircanzha@yandex.ru

Yuriy Bezborodov, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department. E-mail: LabSM@mail.ru

Yuriy Kaizer, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department. E-mail: kaiser170174@mail.ru

Nataliya Malysheva, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor. E-mail: nataly.nm@mail.ru

Pavel Kovalevich, Post-graduate Student. E-mail: Kovalevich_p@mail.ru