РАЗДЕЛ I. ТРАНСПОРТНОЕ, ГОРНОЕ И СТРОИТЕЛЬНОЕ МАШИНОСТРОЕНИЕ

УДК 625.76

ОБОСНОВАНИЕ ШИРИНЫ ЛЕНТЫ ФРЕЗЫ ПИТАТЕЛЯ ФРЕЗЕРНО-РОТОРНОГО СНЕГООЧИСТИТЕЛЯ

Д.С. Алешков, Н.Ю. Аюпова

Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СибАДИ), Россия, г. Омск

Аннотация. В статье рассматривается вопрос влияния количества заходов фрезы питателя фрезерно-роторного снегоочистителя на объем вырезаемой призмы снега. Также было получено уравнение определения зависимости ширины ленты фрезы от угла поворота фрезы. Представлены результаты вычислений изменения ширины ленты фрезы и изменение транспортируемого объема снежной призмы на графиках. Представлены изображения фрез с шириной ленты, обеспечивающей соответствие высоте фигуры, ограничивающей вырезанный объем снежной массы.

Ключевые слова: фрезерно-роторный снегоочиститель, фреза, снежная призма, ширина ленты фрезы.

ВВЕДЕНИЕ

Оценка эффективности работы фрезерно-роторного снегоочистителя во многом зависит от работы фрезы. Одним из показателей работы фрезы может служить объем снежной призмы, вырезаемой фрезой питателя.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ШИРИНЫ ЛЕНТЫ ФРЕЗЫ ОТ УГЛА ЕЕ ПОВОРОТА

В работах [1,2] в явном виде количество снежной массы, транспортируемой фрезой, не фигурирует, оно учитывается косвенно, при определении энергоемкости через техническую производительность фрезерно-роторного снегоочистителя.

В работе [3] был получен объем призмы волочения, вырезаемый фрезой

$$W_n = \pi v^2 R / \left(4 \cdot f_{mp} \cos \theta \right), \quad (1)$$

где f_{mp} – угол внутреннего трения снега, θ –

угол захода ленты фрезы, v – ширина ленты фрезы, R – радиус фрезы.

Данная зависимость не учитывает кинематические характеристики питателя и снегоочистителя в целом.

Соответственно, представляется актуальным знание, от каких параметров снегоочистителя зависит объем вырезаемой снежной призмы и характер этого влияния.

Тройной интеграл интерпретируется как объем [4]. Определим объем, вырезаемый фрезой из снежного массива. Для этого составим тройной интеграл.

$$W = \int_0^h \cdot \int_0^C \cdot \int_0^A dx dy dz.$$

Пределами интегрирования являются:

– по оси OZ: высота снежного покрова; нижняя граница, 0; верхняя граница, h ; (см. рис. 1).

– по оси OX: ширина вырезаемой снежной стружки, которая определяется числом заходов фрезы, кинематическими параметрами снегоочистителя и питателя. Нижний предел интегрирования, равен 0; верхний предел

$A = 2\pi \frac{V_{пер}}{n \cdot \omega}$ для всех заходов фрезы при повороте ее на угол 360° , ω – угловая скорость вращения фрезы, $V_{пер}$ – поступательная скорость снегоочистителя, n – число заходов фрезы.

– по оси ОУ, пределы интегрирования также зависят от кинематических параметров снегоочистителя и питателя. Связь между шириной вырезаемой снежной стружки, и шириной захвата фрезы питателя при постоянном угле захода фрезы может быть представлена соотношением (при произвольном угле поворота):

$$C = R \cdot \varphi \cdot \frac{1}{n} \cdot \operatorname{tg} \theta,$$

где φ – угол поворота фрезы.

В результате интегрирования объем, вырезаемый фрезой, будет иметь вид:

$$W = \frac{2\pi}{n^2} \cdot \frac{\varphi}{\omega} \cdot h V_{пер} R \operatorname{tg} \theta. \quad (2)$$

Рисунок 1 – Вид снежной стружки, вырезаемой фрезой питателя из снежного массива

Выражение объема (2) вырезаемой фрезой питателя снежной массы может быть интерпретировано как объем, заполняющий пространство в питателе фрезерно-роторного снегоочистителя (см. рис. 2). Из рассмотрения траектории движения фрезы в процессе ее взаимодействия со снежным массивом [3, 5] становится очевидным, что вырезанная снежная масса, в идеальном случае, должна заполнять свободное пространство внутри питателя, которое представляет собой цилиндр, ограниченный лентой фрезы в пределах одного шага (см. рис. 2). При этом вся масса снега межлопастного пространства будет двигаться к загрузочному окну.

Для случая постоянного угла захода ленты фрезы расстояние между участками фрезы в пределах шага $T_{ш}$ будет одинаково и равно

$$T_{ш} = 2\pi \frac{R \cdot \operatorname{tg} \theta}{n}. \quad (3)$$

Соответственно объем W_B , заполняемый вырезанной снежной массой, будет равен

$$W_B = T_{ш} \cdot S, \quad (4)$$

где S – площадь, заполненная снежной массой, в сечении, нормальном к поверхности отвала питателя (см. рис. 2);

Площадь сечения, которую можно представить в виде сегмента, определяется по известному соотношению [5]:

$$S = \frac{R^2}{2} \left(2 \arccos \frac{(R-b)}{R} - \sin \left(2 \arccos \frac{(R-b)}{R} \right) \right), \quad (5)$$

где b – ширина ленты фрезы, теоретически она совпадает с толщиной транспортируемой призмы снега, согласно принятому выше допущению.

Соответственно объем равен

$$W_B = \frac{\pi}{n} \cdot R^3 \cdot \operatorname{tg} \theta \cdot$$

$$\left(2 \arccos \frac{(R-b)}{R} - \sin \left(2 \arccos \frac{(R-b)}{R} \right) \right). \quad (6)$$

Рисунок 2 – Схема транспортирования снежной призмы

Используя данную формулу и выражение объема вырезаемой снежной массы (2), представляется возможным выразить ширину ленты фрезы, обеспечивающей полный контакт участка ленты фрезы со всей вырезаемой снежной массой, что соответствует высоте призмы снега, транспортируемой между участками фрезы:

$$W_B = W \quad (7)$$

или

$$2 \arccos \frac{R-b}{R} - \sin \left(2 \arccos \frac{(R-b)}{R} \right) = \frac{2}{n} \cdot \frac{\varphi}{\omega \cdot R^2} h V_{\text{пер}} \quad (8)$$

Получено уравнение, из которого определяется зависимость ширины ленты фрезы от угла поворота фрезы.

Рассмотрим, как изменяется ширина фрезы и объем вырезаемой снежной призмы за один цикл перемещения снега от края питателя к загрузочному окну. В качестве исходных данных были приняты следующие параметры: $R = 0,2 \text{ м}$; $h = 0,1 \text{ м}$; $\omega = 8 \text{ рад/с}$; $V_{\text{пер}} = 0,5 \text{ м}^3/\text{с}$; $\theta = 19^\circ$.

Представленные значения характерны для самоходных фрезерно-роторных снегоочистителей, в которых длина фрезы соответствует одному шагу винтовой линии и количеству заходов фрезы равному двум.

Данное уравнение в явном виде не имеет решения, поэтому расчет велся на ЭВМ методом половинного деления [6, 7].

На рис. 3 представлены результаты вычислений.

Рисунок 3 – Изменение ширины ленты фрезы для однозаходной, двухзаходной и трехзаходной фрез, где 1 – ширина ленты однозаходной фрезы, м; 2 – ширина ленты двухзаходной фрезы, м; 3 – ширина ленты трехзаходной фрезы, м

Рисунок 4 – Изменение транспортируемого объема снежной призмы для однозаходной, двухзаходной и трехзаходной фрез, где 1 – объем снежной призмы, вырезаемый однозаходной фрезой, м³; 2 – объем снежной призмы, вырезаемый одним заходом двухзаходной фрезы, м³; 3 – объем снежной призмы, вырезаемой одним заходом трехзаходной фрезы, м³

Рисунок 5 – Общий вид двухзаходной фрезы с переменной шириной ленты питателя

Рисунок 6 – Общий вид трехзаходной фрезы с переменной шириной ленты питателя

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате решения были получены: ширина ленты фрезы на каждом шаге и вырезаемый объем снежной призмы (см. рис. 3, 4).

Анализ решения уравнения (8) показал, что вырезаемый объем снега возрастает почти линейно, при перемещении призмы от края фрезы питателя к загрузочному окну метательного аппарата. При этом изменение ширины ленты фрезы носит нелинейный характер (см. рис. 3). Увеличение числа заходов фрезы позволяет обеспечить более медленный рост ширины

(см. рис. 3) и, как следствие, менее интенсивный рост нагрузки на элементы фрезы питателя.

Таким образом, при заданных геометрических характеристиках питателя фрезерно-роторного снегоочистителя – радиусе фрезы и кинематических характеристиках; поступательной скорости фрезерно-роторного снегоочистителя и угловой скорости вращения фрезы – представляется возможным определить профиль ленты фрезы, обеспечивающий транспортирование всей вырезаемой снежной массы при определенной высоте снежного покрова (см. рис. 5, 6). Это в свою очередь, обеспечивает полное заполнение межлопастного пространства метательного аппарата фрезерно-роторного снегоочистителя [8].

На рис. 5, 6 представлены визуализации фрез с шириной ленты фрезы, обеспечивающей соответствие высоте фигуры, ограничивающей вырезанный объем снежной массы.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Киреев, В. И. Численные методы в примерах и задачах : учеб. пособие / В. И. Киреев, А. В. Пантелеев. – М. : Высшая школа, 2004. – 480 с. : ил.

2. Шуп, Т. Е. Прикладные численные методы в физике и технике: пер. с англ. / Т. Е. Шуп. – М. : Высшая школа, 1990. – 255 с. : ил., табл.

3. Иванов А.И., Мишин В.А. Снегоочистители отбрасывающего действия. – М.: Машиностроение, 1981. – 159 с.: ил.

4. Пискунов, Н. С. Дифференциальное и интегральное исчисления : учеб. для вузов в 2-х т. Т. 1: – М.: Интеграл-Пресс, 2006. – 2006. – 415 с.: рис., табл.

5. Справочник по математике для научных работников и инженеров. Определения, теоремы, формулы : пер. с англ. / Г. Корн, Т. Корн ; под ред. И.Г. Арамановича. – М. : Наука, 1973. – 832 с.

6. Машины для содержания и ремонта городских и автомобильных дорог : учебное пособие для вузов / В. И.Баловнев и др. – 2-е изд., доп. и перераб. – М. ; Омск : Омский дом печати, 2005. – 768 с. : ил.

7. Шалман, Д. А. Снегоочистители / Д. А. Шалман. – 2-е изд., перераб. – Л. : Машиностроение, 1973. – 216 с. : ил.

8. Алешков, Д.С. Влияние основных параметров фрезерно-роторного снегоочистителя на вырезаемый объем снежной стружки / Н.Ю. Урусова // Вестник СиБАДИ, 2013. – № 5(33). – С. 10-14.

JUSTIFICATION OF WIDTH OF THE TAPE OF THE MILL OF THE FEEDER MILLING-ROTORY SNOW BLOWER

D. S. Aleshkov, N. Y. Ayupova

Abstract. In article the question of influence of number of calling of a mill of a feeder of a milling-rotary snow blower on volume of the cut-out snow prism is considered. Also the equation of definition of dependence of width of a tape of a mill on a mill angle of rotation has been received. Results of calculations of change of width of a tape of a mill and change of the transported volume of a snow prism on schedules are presented. Images of mills with a width of the tape providing compliance to height of the figure limiting the cut-out volume of snow weight are submitted.

Keywords: milling-rotary snow blower, mill, snow prism, width of a tape of a mill.

REFERENCES

1.Kireev, V. I. Chislennyye metody v primerah i zadachah : ucheb. posobie / V. I. Kireev, A. V. Panteleev. – M. : Vysshaya shkola, 2004. – 480 s. : il.

2. SHup, T. E. Prikladnye chislennyye metody v fizike i tekhnike: per. s angl. / T. E. SHup. – M. : Vysshaya shkola, 1990. – 255 s. : il., tabl.

3. Ivanov A.I., Mishin V.A. Snegoochistiteli otbrasyvayushchego dejstviya. – M.: Mashinostroyeniye, 1981. – 159 s.: il.

4. Piskunov N. S. Differentsial'noye i integral'noye ischisleniya : ucheb. dlya vtuzov v 2-h t. T. 1: – M.: Integral-Press, 2006. – 2006. – 415 s.: ris., tabl.

5. Spravochnik po matematike dlya nauchnykh rabotnikov i inzhenerov. Opredeleniya, teoremy, formuly : per. s angl. / G. Korn, T. Korn ; Pod red. I.G. Aramanovicha. – M. : Nauka, 1973. – 832 s.

6. Mashiny dlya soderzhaniya i remonta gorodskikh i avtomobil'nykh dorog : uchebnoye posobie dlya vuzov / V. I.Balovnev i dr. – 2-e izd., dop. i pererab. – M. ; Omsk : Omskiy dom pechaty, 2005. – 768 s. : il.

- Аюпова Наталья Юрьевна (Россия, Омск) – учебный мастер кафедры «Технос-

Ayupova Natalya Yuryevna (Russian Federation, Omsk) – educational master of the Technosphere safety department of The Siberian State Automobile and Highway University (SibADi) (644080, Mira, 5 prospect, Omsk, Russian Federation, e-mail: urusova_n@mail.ru).

ГРУНТОУПЛОТНЯЮЩЕЕ ОБОРУДОВАНИЕ НА ОСНОВЕ ГИДРОУДАРНИКОВ

Н.С. Галдин
Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СибАДИ), Россия, г. Омск

Аннотация. Трамбование – эффективный способ уплотнения грунтов. При трамбовании грунт уплотняется за счет энергии удара рабочего органа. Перспективным навесным грунтоуплотняющим оборудованием к экскаваторам являются гидротрамбовки на основе гидравлических ударных устройств. Приведены сведения о грунтоуплотняющих машинах с гидродударными рабочими органами. Энергетические показатели (энергия, мощность единичного удара) гидродневматических ударных устройств зависят от скорости бойка и таких его конструктивных параметров, как масса, величина хода бойка, давление зарядки газа пневмоаккумулятора. Представлены зависимости массы подвижных частей и энергии удара от толщины уплотняемого слоя грунта и контактных напряжений на поверхности грунта.

Ключевые слова: уплотнение грунта, трамбование, гидродарный рабочий орган.

Трамбование – эффективный способ уплотнения грунтов [5, 11, 13]. При трамбовании грунт уплотняется за счет энергии удара рабочего органа. Трамбование – универсальный способ уплотнения грунтов, потому что он пригоден для уплотнения как связных, так и несвязных

грунтов на достаточно большую глубину (до 1...1,5 м и более), а также возможно его применение в условиях зимнего строительства. Этот способ является также наиболее рациональным при работе в стесненных условиях, так как позволяет производить уплотнение грунта в различных выемках, траншеях, котлованах и т.д. на достаточно большую глубину [13].

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ГРУНТОУПЛОТНЯЮЩЕГО ОБОРУДОВАНИЯ

Трамбующие машины со свободно падающими плитами отличаются высокой металлоемкостью, большими габаритами, низкой ма-