

УДК 625.76

ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ И КИНЕМАТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПИТАТЕЛЯ И МЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА ФРЕЗЕРНО- РОТОРНОГО СНЕГООЧИСТИТЕЛЯ

Д.С. Алешков
ФГБОУ ВО «СибАДИ»,
г. Омск, Россия

АННОТАЦИЯ

Введение. Вопросы содержания территорий дорожной сети в зимних условиях непосредственно связаны со своевременной и качественной очисткой дорог и территорий от снега. Проектирование и создание эффективных фрезерно-роторных снегоочистителей, работа которых включает в себя несколько технологических операций по уборке снега, заключается в том числе и в правильном выборе геометрических и кинематических параметров их основных элементов. На этапе проектирования необходима методика, позволяющая осуществлять выбор основных технологических параметров таких машин, что в дальнейшем позволит производить направленную их оптимизацию. Целью данной статьи является представление зависимостей основных технологических параметров фрезерно-роторного снегоочистителя и последовательности их выбора.

Материалы и методы. В статье дан вывод и получены аналитические уравнения, связывающие геометрические и кинематические характеристики питателя, метательного аппарата фрезерно-роторного снегоочистителя из условия обеспечения одинаковой производительности каждой из указанных подсистем. Также представлен анализ полученных уравнений и уже ранее известных соотношений по выбору параметров фрезерно-роторного снегоочистителя, и выявлены закономерности влияния основных геометрических и кинематических параметров друг на друга.

Результаты. Произведена сравнительная оценка вновь предлагаемых и существующих соотношений. Установлен характер зависимости угловой скорости вращения ротора метательного аппарата от поступательной скорости фрезерно-роторного снегоочистителя и ширины лопасти ротора. На основе полученных зависимостей предложен алгоритм выбора основных технологических параметров фрезерно-роторного снегоочистителя исходя из условия минимизации задания начальных параметров, которые априори считаются неизвестными.

Обсуждение и заключение. Представленные зависимости позволяют эффективно проводить эскизное проектирование новых конструкций фрезерно-роторных снегоочистителей, а также осуществлять оптимизацию существующих моделей фрезерно-роторных снегоочистителей.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: фрезерно-роторный снегоочиститель, питатель, фреза питателя, метательный аппарат, ротор метательного аппарата, параметры фрезерно-роторного снегоочистителя.

Благодарности. Автор выражает благодарность анонимным рецензентам за конструктивные комментарии.

© Д.С. Алешков



Контент доступен под лицензией
Creative Commons Attribution 4.0 License.

GEOMETRIC AND KINEMATIC CHARACTERISTICS OF FEEDER AND THROWER OF MILLING AND ROTARY SNOWBLOWER

D.S. Aleshkov

Siberian State Automobile and Highway University,
Omsk, Russia

ABSTRACT

Introduction. Questions of the maintenance of territories and road network in winter conditions are directly connected with timely and qualitative clearing of roads and territories of snow. Designing and creation effective milling and rotary snowblowers, which work includes some technological operations on snow cleaning, consist in a correct choice of geometrical and kinematic parameters of basic elements. At a design stage the technique, allowing to carry out a choice of the basic technological parameters of such vehicles is necessary and further it would allow to make optimization directly. The purpose of this paper is representation of dependences of the basic technological parameters of the milling and rotary snowblowers and sequence of their choosing.

Materials and methods. The paper presents analytical equations connecting geometrical and kinematic characteristics of the feeder, the thrower of milling and rotary snowblower from conditions of maintenance of identical productivity. Moreover, the analysis of the received equations and dependences by choice milling and rotary snowblower parameters is presented. Sequences of the basic geometrical and kinematic parameters' influence on each other are revealed.

Results. As a result, the comparative estimation of the offered and existing equations is made. The character of dependence of angular speed of the throwing device rotation on translational speed of the milling and rotary snowblower and width of the rotor blade is established. On the basis of the received dependences the algorithm of the basic technological parameters' choice on the milling and rotary snowblowers, proceeding from the minimization condition of the initial parameters' task are considered.

Discussion and conclusion. The presented dependences allow to spend effectively outline designing of new constructions of milling and rotary snowblowers and to carry out optimisation of existing models of milling and rotary snowblowers.

KEYWORDS: milling and rotary snowblower, feeder, feeder cutter, thrower, thrower rotor, parameters of milling and rotary snowblower.

Acknowledgments. The author expresses their gratitude to the reviewers for their constructive comments.

© D.S. Aleshkov



Content is available under the license
Creative Commons Attribution 4.0 License.

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1. Представлен обзор результатов предыдущих исследований, направленных на определение основных технологических параметров фрезерно-роторных снегоочистителей посредством аналитических, эмпирических и статистических зависимостей, являющихся результатом математического моделирования и экспериментальных исследований работы фрезерно-роторного снегоочистителя.

2. Были сформулированы основные допущения, на основе которых получены аналитические зависимости между основными технологическими параметрами метательного аппарата и питателя фрезерно-роторного снегоочистителя.

3. Проведен анализ взаимного влияния основных технологических параметров и сравнительный анализ результата использования полученных уравнений с существующими образцами фрезерно-роторных снегоочистителей. Предложен алгоритм выбора основных технологических параметров метательного аппарата и питателя фрезерно-роторного снегоочистителя.

ВВЕДЕНИЕ

Проектирование снегоочистителей базируется на определении основных технологических параметров фрезерно-роторного снегоочистителя (далее ФРС), что позволяет также в дальнейшем производить оптимизацию этих характеристик. Необходимо уже на начальных этапах проектирования и оптимизации элементов ФРС знать исходные значения технологических параметров ФРС.

В работах^{1,2} радиус ротора метательного аппарата R_p определяется по формуле

$$R_p = \frac{\Pi_{mex}}{1,8\rho_{сн}K_HV_p b_p (1 - K_1^{-2})}, \quad (1)$$

где b_p – ширина лопасти ротора, м; $\rho_{сн}$ – плотность снега, кг/м³; V_p – окружная скорость ротора, м/с; K_H – коэффициент наполнения ротора снегом, зависящий от скорости V_p и физико-механических свойств снега, при $V_p = 13,5...20$ м/с и $\rho_{сн} = 300...500$ кг/м³,

$K_H = 0,25...0,5$ (большее значение соответствует меньшей скорости V_p); K_1 – коэффициент зависящий от угла разгрузки и угла внешнего трения снега определяется по формуле (3); Π_{mex} – техническая производительность ротора ФРС, т/ч, описывается выражением

$$\Pi_{mex} = \frac{V_p b_p R_p}{2} \left(1 - \frac{r_p^2}{R_p^2} \right). \quad (2)$$

$$K_1 = \frac{R_p}{r_p} = 0,5 [\exp(\varphi_p \alpha_V) + \exp(-\varphi_p \alpha_V)] = 2,2...2,5, \quad (3)$$

где φ_p – угол разгрузки ротора; α_V – коэффициент, учитывающий влияние трения снега о лопасть ротора; r_p – внутренний радиус ротора, м.

Соотношение (2) базируется на условии того, что метательный аппарат (далее МА) должен обладать такими технологическими параметрами, при которых он сможет обеспечить заданную техническую производительность ФРС в целом.

Что касается геометрических характеристик питателя ФРС в работе [1] диаметр фрезы питателя рекомендуется определять в зависимости от ширины захвата питателя B – расстояния между крайними точками отвала питателя в горизонтальной плоскости, по формуле

$$D_\phi \geq \frac{3 B}{2 \pi}. \quad (4)$$

А ширину ленты фрезы питателя, b_ϕ , определяют по формуле [2, 4]:

$$b_\phi \geq \frac{100V_{nep}}{60n_\phi z} + \sqrt{2D_\phi f_2 \frac{100V_{nep}}{60n_\phi z} \sin \alpha_\kappa},$$

где V_{nep} – поступательная скорость ФРС, м/ч; n_ϕ – число оборотов фрезы в минуту; α_κ – угол подъема винтовой линии наружной кромки ленты; D_ϕ – диаметр фрезы, см.

¹ Машины для содержания и ремонта городских и автомобильных дорог: учебное пособие для вузов по дисциплине «Дорожные машины» для специальностей 170900, 230100, 150600 и 291800 / В.И. Баловнев, М.А. Беляев и др.; Под общ. ред. В.И. Баловнева. 2-е изд. дополн. и перераб. Москва Омск. ОАО «Омский дом печати», 2005. 768 с.

² Шалман Д.А. Снегоочистители. Изд. 2-е, переработ. Л., «Машиностроение», 1973. 216 с.

Для определения длины лопасти ротора может быть использована следующая зависимость²:

$$l_p = (0,55...0,6)R_p \quad (5)$$

или¹

$$l_p = R_p (1 - K_1^{-1}).$$

Ширина лопасти ротора равна¹

$$b_p = 2R_p K_p, \quad (6)$$

где $K_p = 0,325...0,375$ – коэффициент ширины ротора.

Одним из недостатков данных зависимостей является то, что технологические характеристики питателя и метательного аппарата ФРС определяются независимо друг от друга. Данные выражения являются достаточно громоздкими.

В работе [2] представлена зависимость, связывающая технологические параметры питателя ФРС:

$$R_\phi \geq \frac{V_{nep}}{\omega_\phi}, \quad (7)$$

где V_{nep} – поступательная скорость ФРС, м/с; R_ϕ – радиус фрезы питателя, м; ω_ϕ – угловая скорость вращения фрезы питателя, с⁻¹.

Необходимо отметить, что результаты регрессионно-корреляционного анализа существующих конструкций ФРС в виде регрессионных зависимостей одних параметров ФРС от других также являются источником, на основании которого можно принимать основные технологические параметры. В работе [3] приведены зависимости производительности от мощности двигателя и производительности от ширины захвата, соответственно

$$P_{mex} = 0,1104B^{1,5189},$$

$$P_{mex} = 987e^{0,0876 \cdot P},$$

где P – мощность двигателя, л.с.

Известны работы, в которых представлены соотношения определения параметров составляющих элементов ФРС, обеспечивающих высокую эффективность работы данных элементов [4, 5]. Однако такие соотношения

востребованы на этапах детальной проработки составляющих ФРС и разработки конструкторской документации.

Необходимо указать, что в работах [6,7] показан выбор одного из технологических параметров ФРС – скорости движения базовой машины. Данный подход позволяет на ранних этапах создания ФРС определять оптимальную величину такого параметра. В работе [8] при определении влияния шага шнека на мощность привода реализуется подход вывода зависимости скорости движения шнекороторного снегоочистителя из условия равенства производительностей питателя и ротора МА.

Таким образом, учитывая тот факт, что ФРС это система, включающая в себя совокупность подсистем, то при вырезании, транспортировании и отбросе снежной массы производительность должна быть идентичной для каждой подсистемы. Соответственно технологические параметры должны находиться во взаимодозначном соответствии [9]. Целью данной работы является получение закономерностей технологических характеристик МА, питателя ФРС. Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- выявить основные соотношения технологических параметров МА и питателя ФРС;
- выявить основные закономерности влияния технологических параметров питателя и метального аппарата в условиях обеспечения заданной производительности ФРС;
- сформировать алгоритм выбора основных параметров МА и питателя ФРС, реализация которого при минимальном количестве исходных данных позволяет получить численные значения основных технологических параметров ФРС, на основе которых можно в дальнейшем осуществлять выбор наиболее рациональных значений.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Рассмотрим вопрос выбора параметров питателя и метательного аппарата ФРС. Очевидным является факт того, что количество вырезанной снежной массы фрезой питателя ФРС должно полностью поступить в МА и быть отброшено в сторону ротором МА или перемещено в заданную точку пространства (например загружено в кузов транспортного средства). Исходя из этого узнаем, как связаны между собой технологические параметры МА и питателя ФРС.

Питатель ФРС за данный интервал времени Δt вырежет объем снега, равный

$$W_1 = BhV_{nep}\Delta t, \quad (8)$$

где h – толщина снежного покрова, м.

При этом объем переброшенный МА составит

$$W_2 = \varphi_p R_p^2 b_p = \omega_p \Delta t \cdot R_p^2 b_p, \quad (9)$$

где ω_p – угловая скорость вращения ротора МА, c^{-1} .

Очевидно, что объемы W_1 и W_2 должны быть равны, тогда с учетом (8) и (9) имеем

$$BhV_{nep} = \omega_p R_p^2 b_p. \quad (10)$$

Выражение (10) иначе может быть интерпретировано как равенство теоретических производительностей МА и ФРС³.

Объем пятна разброса за интервал времени Δt – это объем, который занимает снег после того, как он был отброшен в сторону МА за время Δt работы ФРС. Этот объем должен соответствовать объему снежной массы, который переместит ротор МА за интервал времени Δt . Также он должен быть равен объему снежной массы, который вырезает питатель за тот же интервал времени. Вырезанный объем распределяется по площади S_1 , которая в общем виде характеризуется длиной, L , шириной, B_{II} и толщиной пятна разброса h_3 (рисунок 1). Совокупность таких площадей образует снежный вал, параллельный направлению движения ФРС. Для проведения дальнейших преобразований необходимо принять следующие допущения:

- снежная масса распределяется равномерно по всей ширине разброса транспортируемой снежной массы B_{II} ;
- поступательная скорость ФРС постоянна и равна V_{nep} ;
- угловая скорость вращения ротора МА также постоянна и равна ω_p ;
- межлопастное пространство ротора МА полностью заполнено снежной массой.

Исходя из принятых допущений следует, что при одном проходе ФРС толщина снежного вала остается постоянной по всей его ширине.

Ширина снежного вала за рассматриваемый интервал времени составит (рисунок 2):

$$S_y = B_{II} + S = B_{II} + V_{nep}\Delta t, \quad (11)$$

где S – путь пройденный ФРС за интервал времени Δt .

В общем виде можно принять путь, пройденный ФРС, равным одной захватке при уборке открытых пространств за несколько проходов (см. рисунок 2).

Тогда объем снежного вала, с учетом (11), равен:

$$W_3 = W_1 = W_2 = S_y L h_3 = V_{nep} \Delta t L h_3. \quad (12)$$

Из (12) выражаем толщину снежного вала с учетом (8):

$$h_3 = \frac{BhV_{nep}\Delta t}{S_y L} = \frac{Bh}{L} \quad (13)$$

или с учетом (9)

$$h_3 = \frac{\omega_p \Delta t \cdot R_p^2 b_p}{S_y L} = \frac{\omega_p R_p^2 b_p}{V_{nep} L}. \quad (14)$$

Следующим этапом рассмотрим, как связаны между собой технологические параметры ротора МУ и питателя ФРС при обеспечении условия соответствия производительности ротора МУ и производительности питателя ФРС, аналогичный подход был реализован в [8]. При этом считаем, что в качестве исходных данных (известных параметров) выступают технологические параметры питателя ФРС. Неизвестными величинами являются технологические параметры ротора МА.

В работе [10] дано выражение объема снежной массы вырезаемого фрезой питателя за один оборот в зависимости от технологических параметров ФРС, которое имеет вид

$$W = 2\pi \cdot h \cdot B \frac{V_{nep}}{n \cdot \omega_\phi} = 4\pi \cdot h \cdot R_\phi \cdot \text{tg}\theta \frac{V_{nep}}{n^2 \cdot \omega_\phi}, \quad (15)$$

где n – число заходов ленты фрезы; h – толщина снежного покрова; θ – угол захода ленты фрезы.

³ Баловнев В.И. Моделирование процессов взаимодействия со средой рабочих органов дорожно-строительных машин: учебное пособие для студентов вузов. М.: Высш. школа, 1981. 335 с.

Соответственно объем (15) должен быть как минимум эквивалентен объему межлопастного пространства питателя ФРС, которое должно быть заполнено снегом, вырезанным фрезой, следовательно должно соблюдаться условие равенства объемов (15) и (9), которое с учетом полной загрузки всего ротора примет вид

$$R_p^2 b_p = 2h \cdot R_\phi \cdot \operatorname{tg} \theta \frac{V_{\text{пер}}}{n^2 \cdot \omega_\phi} \quad (16)$$

Используя данное соотношение можно определить технологические параметры ротора МА в зависимости от технологических параметров питателя ФРС.

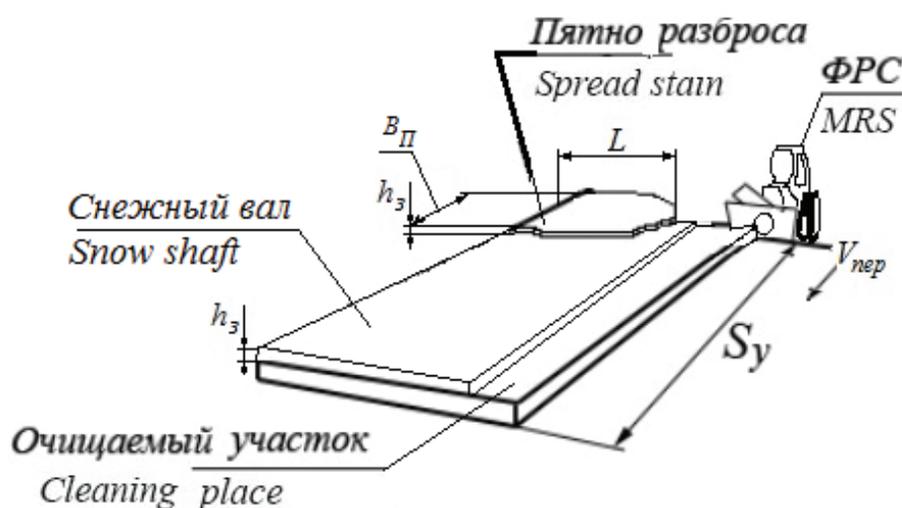


Рисунок 1 – Схема уборки открытого пространства

Figure 1 – Scheme of the open place cleaning

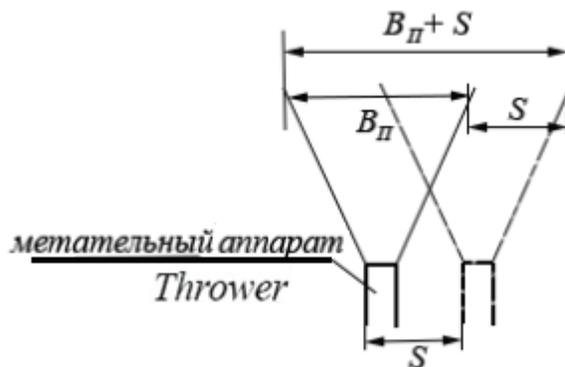


Рисунок 2 – Схема формирования пятна разброса, вид сверху

Figure 2 – Scheme of the spread formation, top view

РАЗДЕЛ I. ТРАНСПОРТНОЕ, ГОРНОЕ И СТРОИТЕЛЬНОЕ МАШИНОСТРОЕНИЕ

Так, из уравнения (16), используя уравнение (10), выразим угловую скорость вращения ротора МА:

$$\omega_p = \frac{B \cdot n^2 \cdot \omega \phi}{2 \cdot R \phi \cdot \text{tg}\theta} \quad (17)$$

Для выражения радиуса ротора МА через технологические параметры питателя ФРС воспользуемся формулой (6), предварительно представив ее в следующем виде:

$$R_p^2 b_p = 2 R_p^3 K_p.$$

Произведем подстановку правой части полученного выражения в левую часть (16):

$$R_p^3 = \frac{1}{K_p} h \cdot R \phi \cdot \text{tg}\theta \frac{V_{nep}}{n^2 \cdot \omega \phi} \quad (18)$$

Очевидным условием является, что радиус ротора МА не может быть больше радиуса фрезы питателя ФРС.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Произведем расчет радиуса ротора МА по формулам (1) и (9). Исходные данные для использования указанных формул представлены в таблице 1.

В результате вычислений по формуле (1) радиус ротора МА составил $R_p^1 = 0,16$ м. С учетом известного соотношения связи окружной скорости и угловой скорости вращения⁴ угловая скорость вращения ротора МА будет равна $87,2 \text{ с}^{-1}$. Величина радиуса ротора МА по формуле (10) на основании исходных данных, представленных в таблице 1 и с учетом найденной угловой скорости, составит $R_p = 0,146$ м. Относительное расхождение полученных результатов⁵:

$$\delta = \frac{R_p^1 - R_p}{R_p^1} = \frac{0,16 - 0,14}{0,16} \cdot 100 = 8,8\%.$$

За счет увеличения плотности снега можно добиться большей сходимости результатов.

ТАБЛИЦА 1
ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ
TABLE 1
INITIAL DATA

Параметр	Значение
Плотность снега, кг/м ³ Snow density, kg/m ³	300
Окружная скорость ротора, м/с Rotor peripheral velocity, m/s	14
Ширина лопасти ротора, м Width of the blade of a rotor, m	0,09
Внутренний радиус ротора, м Internal radius of a rotor, m	0,1
Толщина снежного покрова, м Thickness of a snow, m	0,1
Поступательная скорость ФРС, м/с Speed MRS, m/s	1,4
Ширина захвата, м Cutter belt width, m	1,2
Производительность ротора МА, т/ч Productivity of a rotor T, t/h	26
Коэффициент наполнения ротора снегом Coefficient of admission of a rotor snow	0,3
Коэффициент, зависящий от угла разгрузки и угла внешнего трения снега Factor depending on an angle of relief and an angle of an external friction of snow	2,2

Так, при плотности снежного покрова 350 кг/м^3 , радиус ротора, вычисленный по формуле (1), составит $0,24$ м и, соответственно, $\delta = 1,5\%$.

Анализ выражений (13) и (14) показывает, что необходима согласованность основных технологических параметров питателя и МА ФРС (рисунок 3). В противном случае будут наблюдаться различные толщины снежного вала в продольном и поперечном направлениях (см. рисунок 3). Эта согласованность достигается обеспечением равенства (10). На рисунке 3 точка А пересечения двух кривых является решением уравнения (10).

Рассмотрим влияние поступательной скорости снегоочистителя и ширины лопасти ротора МА на величину угловой скорости вращения ротора, используя выражение (10):

$$\omega_p = \frac{B}{b_p} \frac{h}{R_p^2} V_{nep}$$

⁴ Яблонский А.А., Никифорова В.М. Курс теоретической механики. Учебник для техн. вузов. 8-е изд., стереотипное. СПб.: Издательство «Лань», 2001. 768 с.

⁵ Халафян А.А. STATISTICA 6. Статистический анализ данных. 3-е изд. Учебник. М.: «Бином-Пресс», 2007. 512 с.

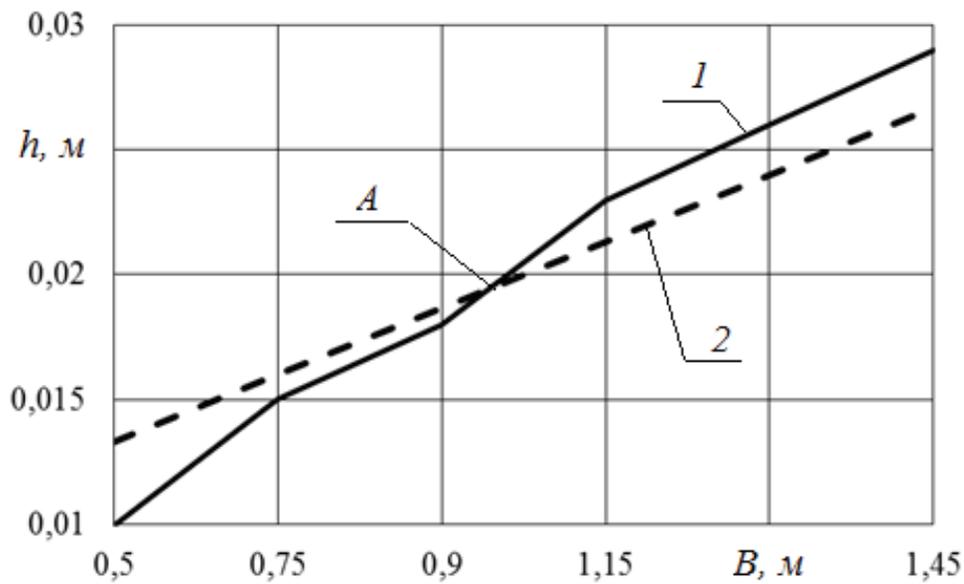


Рисунок 3 – Зависимость толщины пятна разброса от ширины лопасти ротора (ряд 1) и ширины захвата питателя ФРС (ряд 2), при $L=5$ м, $h=0,1$ м; $\omega_p=87,2$ с⁻¹; $R_p=0,16$ м; $V_{пер}=1,4$ м/с.

Figure 3 – Values of spread stain: 1 – width of the rotor blade; 2 – cutter belt width with $aL=5$ м, $h=0,1$ м; $\omega_p=87,2$ с⁻¹; $R_p=0,16$ м; $V_{пер}=1,4$ м/с.

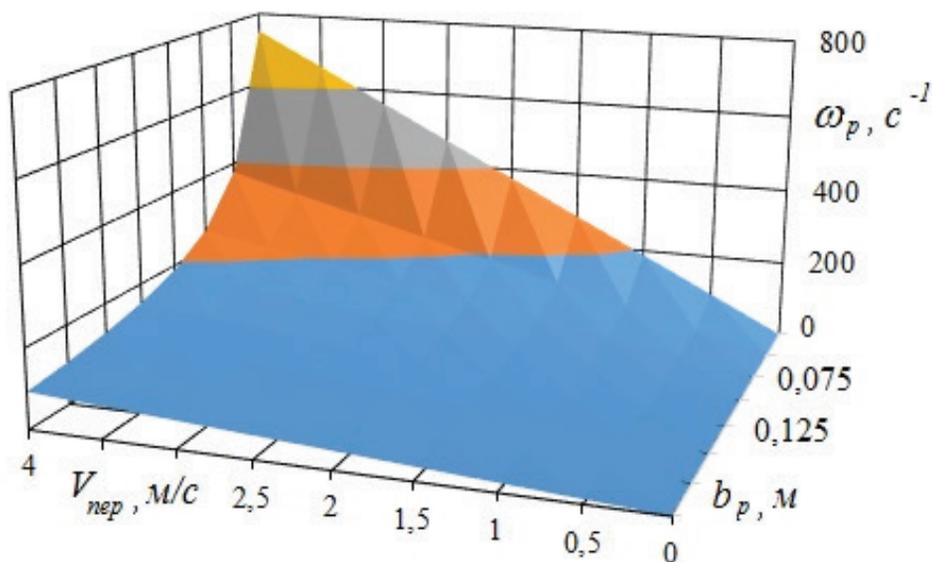


Рисунок 4 – Зависимость угловой скорости вращения ротора МА от поступательной скорости ФРС и ширины лопасти ротора при $B=1,2$ м, $h=0,1$ м и $R_p=0,16$ м

Figure 4 – Values of the angular rotation rate with the MRS speed of the rotor blade width $B=1,2$ м, $h=0,1$ м and $R_p=0,16$ м

На рисунке 4 представлен график угловой скорости вращения ротора МА, c^{-1} , в зависимости от поступательной скорости ФРС и ширины лопасти ротора МА при B равном 1,2 м, $h = 0,1$ м и $R_p = 0,16$ м.

Используя исходные данные, представленные в таблице 1 и таблице 2, проверим выполнение условия (16). После подстановки в (16) уже известных значений имеем:

$$0,002 \geq 0,0001$$

Тот факт, что левая часть практически на порядок больше правой, может быть интерпретирован так, что в процессе работы МА будет загружаться не в полном объеме, это в свою очередь может привести к нежелательным последствиям, таким как уменьшение плотности снежного потока в направляющей насадке, что вызывает уменьшение дальности отброса снежной массы. Поэтому целесообразно произвести корректировку величин входящих в уравнение (10).

Составлен алгоритм расчета параметров питателя и МА ФРС. Применение данного алгоритма необходимо при проектировании ФРС. При его использовании требуется минимальное значение исходных данных.

Описание алгоритма:

1. Начало.
2. Вводятся исходные данные.

Задаются поступательная скорость ФРС $V_{пер}$, толщина снежного покрова h , угол захода ленты фрезы θ , число заходов ленты фрезы n , ширина захвата питателя ФРС B и коэффициент ширины ротора K_p .

3. Определяется радиус фрезы питателя ФРС R_ϕ по формуле (4).

4. Определяется угловая скорость фрезы питателя ФРС ω_ϕ по формуле (7).

5. По формуле (17) находится угловая скорость вращения ротора МА ω_p .

6. По формуле (18) определяем радиус ротора R_p .

7. По формуле (6) находим ширину лопасти ротора b_p .

8. По формуле (5) определяем рабочую длину лопасти ротора l_p .

9. Вывод результатов вычислений.

10. Конец.

В результате использования алгоритма при исходных данных, представленных в таблице 3, были получены результаты, представленные в таблице 4.

ТАБЛИЦА 2
ПАРАМЕТРЫ ПИТАТЕЛЯ ФРС
TABLE2
MRS'S FEEDER PARAMETERS

Параметр	Значение
Угол захода ленты фрезы, град. Cutting angle of the cutter belt, deg.	20
Угловая скорость вращения фрезы питателя ФРС, c^{-1} angular rotation rate of the cutter MRS, s^{-1}	8
Число заходов ленты фрезы Number-thread hob	2
Радиус фрезы, м Cutter radius, m	0,18

ТАБЛИЦА 3
ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ РАСЧЕТНОГО АЛГОРИТМА
TABLE3
INITIAL ALGORITHM'S DATA

Параметр Variables	Значение Value
Угол захода ленты фрезы, град. Cutting angle of the cutter belt, deg.	20
Поступательная скорость ФРС, м/с Speed MRS, m/s	1,4
Число заходов ленты фрезы Number-threadhob	2
Ширина захвата, м Cutter belt width, m	1,2
Толщина снежного покрова, м Thickness of a snow, m	0,1
Коэффициент ширины ротора Coefficient of admission of a rotor snow	0,325

ТАБЛИЦА 4
РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
РАСЧЕТНОГО АЛГОРИТМА
TABLE4
RESULTS OF ALGORITHM'S USAGE

Параметр Variables	Значение Value
Радиус фрезы питателя ФРС, м Cutter radius, m	0,28
Угловая скорость фрезы питателя ФРС, рад/с Angular rotation rate of the cutter MRS, s^{-1}	4,88
Угловая скорость вращения ротора МА, рад/с angular rotation rate of the rotor, s^{-1}	17,9
Радиус ротора, м Rotor radius, m	0,14
Ширина лопасти ротора, м Width of the blade of a rotor, m	0,08
Рабочая длина лопасти ротора, м Working length of the blade of a rotor, m	0,07

ОБСУЖДЕНИЕ И ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Теоретическая производительность МА и питателя ФРС должны быть эквиваленты друг другу, что является условием отсутствия потерь снежной массы при работе ФРС и условием обеспечения высокой производительности его работы. Исходя из этого были получены соотношения (9) и (15), которые связывают поступательную скорость ФРС, геометрические размеры и угловые скорости вращения питателя и МА в явном виде в отличие от (1), где эта связь является косвенной. Формула (1) допускает варьирование ряда исходных данных, что приводит к достаточно широкому диапазону изменения итогового результата.

Из (13) и (14) следует основной вывод о том, что минимизация роста образования снежных валов заключается в увеличении пятна разброса, однако данный факт существенно влияет на дальность отброса снежной массы. И увеличение пятна разброса приводит к уменьшению дальности отброса.

Наиболее существенное влияние на толщину пятна разброса и снежного вала оказывают параметры ротора МА, при изменении характеристик питателя, входящих в уравнение (13), это влияние менее выражено, что является вполне очевидным фактом.

Из рисунка 4 следует, что угловая скорость вращения ротора существенно зависит от поступательной скорости ФРС, при этом увеличение ширины лопасти ротора приводит к ее уменьшению, и с ростом поступательной скорости это уменьшение имеет более выраженный нелинейный характер.

Предложен уточненный алгоритм расчета технологических параметров МА и питателя ФРС, позволяющий осуществлять расчет основных технологических параметров ФРС, при минимальном количестве исходных данных. Для определения каждого из шести параметров, указанных в алгоритме, требуется последовательно задать по одному из исходных параметров.

В результате использования предлагаемого алгоритма для численных значений, характерных для существующих моделей малогабаритных ФРС, установлено, что значение радиуса ротора МА получается заниженным по сравнению с известными моделями. По всем остальным технологическим параметрам алгоритм расчета дает хорошую сходимость результатов с аналогичными параметрами существующих моделей малогабаритных ФРС.

Сравнение результатов использования предложенного алгоритма на основе полученных аналитических зависимостей показало удовлетворительную сходимость со значениями технологических параметров питателей существующих фрезерно-роторных снегоочистителей, однако что касается выбора радиуса ротора МА, то эта характеристика принимает заниженные значения, что потребует ее дальнейшей корректировки.

Таким образом, следующим этапом совершенствования алгоритма расчета и уточнения зависимостей, позволяющих осуществлять выбор основных параметров ФРС, является обобщение результатов теоретических и экспериментальных исследований работы МА и питателя ФРС.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Bucher E. SchleuderoderFräse? – «Strasse und Verkehr», 1951, N 13, pp. 419-421; 1952, N 2, pp. 47-49; 1952, N 3, pp. 82-89.
2. Алешков Д.С., Урусова Н.Ю. Влияние основных параметров фрезерно-роторного снегоочистителя на вырезаемый объем снежной стружки // Вестник СибАДИ. 2013. № 5 (33). С. 10-14.
3. Прусов А.Ю., Маврин И.Ю. Статистический анализ малогабаритной коммунальной снегоуборочной техники Модернизация и научные исследования в транспортном комплексе. 2014. Т.1. С. 180 -183.
4. Баранчик В.П., Закиров М.Ф. Исследования сопротивления резанию снега малогабаритным плужным снегоочистителем // Механизация строительства. 2009. № 11. С. 16–18.
5. Закиров М.Ф., Баранчик В.П. Новый подход к выбору режимов разрушения снега рабочими органами машин // Интеллектуальные системы в производстве. 2011. № 2 (18). С. 107-110.
6. Закиров М.Ф. Определение оптимальной скорости перемещения шнекороторного снегоочистителя методом анализа четвертой координаты рабочего процесса // В сборнике: Интерстроймех - 2015. Материалы международной научно-технической конференции. Казанский государственный архитектурно-строительный университет. 2015. С. 98-102
7. Баловнев В.И., Селиверстов Н.Д. Анализ четвертой координаты (продолжительности) рабочего процесса в системе проектирования и оптимизации параметров инновационной дорожно-строительной техники // Строительные и дорожные машины. 2016. № 1. С. 26-30.

8. Закиров М.Ф. Исследование влияния шага шнека на мощность привода питателя малогабаритного шнекороторного снегоочистителя // Интеллектуальные системы в производстве. 2015. № 2 (26). С. 56 – 57.

9. Korchagin P.A., Teterina I.A., Rahuba L.F. Improvement of human operator vibroprotection system in the utility machine // Journal of Physics: Conference Series. 2018. Vol. 944, no. 1. Ст. 012059. DOI: 10.1088/1742-6596/944/1/012059

10. Алешков Д.С., Аюпова Н.Ю. Обоснование ширины ленты фрезы питателя фрезерно-роторного снегоочистителя // Вестник СибАДИ. 2017. № 2 (54). С. 7-11.

REFERENCES

1. Bucher E. SchleuderoderFräse? – «Strasse und Verkehr», 1951, N 13, pp. 419-421; 1952, N 2, pp. 47-49; 1952, N 3, pp. 82-89.

2. Aleshkov, D.S., Urusova N.Yu., Vliyanie osnovnyh parametrov frezerno-rotornogo snegoochistitelya na vyrezaemyj ob'em snezhnoj struzhki [Influence of base parameters of milling and rotary snowblower on the cut out volume of a snow chip]. *Vestnik SibADI*, 2013, no. 5 (33), pp. 10-14. (in Russian).

3. Prusov A.U., Mavrin I.U. Statisticheskij analiz malogabaritnoj kommunal'noj snegoubo-rochnoj tekhniki [Statistical Analysis of small-size municipal snow-removing technics]. *Modernizaciya i nauchnye issledovaniya v transportnom komplekse*, 2014, V.1, pp. 180-183. (in Russian).

4. Baranchik V.P., Zakirov M.F. Issledovaniya soprotivleniya rezaniyu snega maloga - baritnym pluzhnym snegoochistitelem [Studies of resistance to cutting of snow by plough compact snowblower]. *Mekhanizaciya stroitel'stva*, 2009, no 11, pp. 16–18. (in Russian).

5. Zakirov M.F., Baranchik V.P. Novyj podhod k vyboru rezhimov razrusheniya snega rabochimi organami mashin [New approach to the choice of snow destruction working parts of machines]. *Intellektual'nye sistemy v proizvodstve*, 2011, no 2 (18), pp. 107-110.

6. Zakirov M.F. Opredelenie optimal'noj skorosti peremeshcheniya shnekorotornogo snegoochistitelya metodom analiza chetvertoj koordinaty rabocheho processa [Determination of the optimal speed of movement of the screw-rotor snowblower by the analysis of the fourth coordinate of the working process]. *Interstrojmekh*, 2015, pp.98-102. (in Russian).

7. Balovnew V.I., Seliverstov N.D. Analiz chetvyortoj koordinaty (prodolzhitel'nosti) rabocheho processa v sisteme proektirovaniya i optimizacii parametrov innovacionnoj dorozhno-stroitel'noj tekhniki [Analysis of the fourth coordinate (duration) of the working process in the design and optimization of the parameters of innovative road construction equipment]. *Stroitel'nye i dorozhnye mashiny*, 2016, no 1, pp. 26-30. (in Russian).

8. Zakirov M.F. Issledovanie vliyaniya shaga shneka na moshchnost' privoda pitatelya malogabaritnogo shnekorotornogo snegoochistitelya [Research of the influence of the auger to the drive power feeder compact rotary snowblower]. *Intellektual'nye sistemy v proizvodstve*, 2015, № 2 (26), pp. 56 – 57. (in Russian).

9. Korchagin P.A., Teterina I.A., Rahuba L.F. Improvement of human operator vibroprotection system in the utility machine // Journal of Physics: Conference Series. 2018. Vol. 944, no. 1. - Ст. 012059. DOI: 10.1088/1742-6596/944/1/012059

10. Aleshkov D.S., Ayupova N.Yu., Obosnovanie shiriny lenty frezy pitatelya frezerno-rotornogo snegoochistitelya [Justification of the cutter belt width of the milling-rotary snow plough feeder]. *Vestnik SibADI*, 2017, no. 2(54), pp. 7-11.

Поступила 27.08.2018, принята к публикации 19.10.2018.

Автор прочитал и одобрил окончательный вариант рукописи.

Прозрачность финансовой деятельности: автор не имеет финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах. Конфликт интересов отсутствует.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Алешков Денис Сергеевич – канд. техн. наук, доцент, доц. кафедры «Техносферная и экологическая безопасность», ORCID ID 0000-0003-4204-7221, ФГБОУ ВО «СибАДИ» (644050, Россия, г. Омск, пр. Мира, 5, denisaleshkov@mail.ru).

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Aleshkov Denis Sergeevich – candidate of science (engineering), Assistant Professor of the Technosphere Safety Department, ORCID i 0000-0003-4204-7221, Siberian State Automobile and Highway University (SibADI) (644050, Russia, Omsk, 5, Mira Ave., e-mail: denisaleshkov@mail.ru).