

УДК (УДК) 629.464.25

АЛГОРИТМ РАСЧЕТА ПРОФИЛЯ РЕЖУЩЕЙ ПОЛОСЫ ПИТАТЕЛЯ  
РОТОРНОГО СНЕГООЧИСТИТЕЛЯALGORITHM FOR CALCULATING THE PROFILE OF THE FEEDER CUTTING  
BAND ROTARY SNOW BLOWERАлешков Д.С., Корчагин П.А., Летопольский А.Б., Тетерина И.А.  
Aleshkov D.S., Korchagin P.A., Letopolsky A.B., Teterina I.A.Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (Омск, Россия)  
Siberian State Automobile and Highway University (Omsk, Russian Federation)

**Аннотация.** В статье отражены расчетные схемы движения снежной частицы по поверхности режущей полосы и расчетная схема для определения угла наклона режущей полосы питателя роторного снегоочистителя. Представлены соотношения, определяющие направление действия проекций центробежной силы и условия, определяющие характер уравнений движения снежной частицы вдоль режущей полосы и возможных фазовых состояний механической системы «фреза вертикального питателя роторного снегоочистителя – транспортируемая снежная частица». На примере роторного снегоочистителя малой мощности с вертикальным питателем графически показана граница смены направления действия проекций центробежной силы инерции. Описан характер изменения уравнений движения рассматриваемой механической системы. Представлена схема построения профиля режущей полосы фрезы вертикального питателя роторного снегоочистителя. Предложен алгоритм построения профиля режущей полосы фрезы вертикального питателя, при котором, обеспечивается необходимое время нахождения снежной частицы в пространстве фрезы. Использование алгоритма при проектировании рабочих органов роторных снегоочистителей может позволить замедлить процесс формирования снежной призмы в области загрузочного окна метательного аппарата роторного снегоочистителя.

**Ключевые слова:** роторный снегоочиститель, фреза, питатель, снежный массив, коммунальная машина, алгоритм

**Дата получения статьи:** 06.12.2024  
**Дата принятия к публикации:** 10.01.2025  
**Дата публикации:** 25.03.2025

**Сведения об авторах:**

Алешков Денис Сергеевич – доктор технических наук, доцент ФГБОУ ВО «Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СибАДИ)», e-mail: [denisaleshkov@mail.ru](mailto:denisaleshkov@mail.ru)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4204-7221>

**Annotation.** The article reflects the calculation schemes for the movement of a snow particle along the surface of the cutting strip and the calculation scheme for determining the angle of inclination of the cutting strip of the feeder of a rotary snow blower. The relationships that determine the direction of action of the centrifugal force projections and the conditions that determine the nature of the equations of motion of a snow particle along the cutting strip and the possible phase states of the mechanical system “cutter of the vertical feeder of a rotary snow blower – transported snow particle” are presented. Using the example of a low-power rotary snow blower with a vertical feeder, the boundary of the change in the direction of action of the projections of the centrifugal force of inertia is graphically shown. The nature of the change in the equations of motion of the mechanical system under consideration is described. A diagram of the construction of the profile of the cutting strip of the vertical feeder cutter of a rotary snow blower is presented. An algorithm has been proposed for constructing the profile of the cutting strip of a vertical feeder cutter, which ensures the required time for the snow particle to remain in the space of the cutter. The use of an algorithm when designing the working parts of rotary snow blowers can slow down the process of formation of a snow prism in the area of the loading window of the propelling apparatus of a rotary snow blower.

**Keywords:** rotary snow blower, cutter, feeder, snow massif, utility vehicle, algorithm

**Date of manuscript reception:** 06.12.2024  
**Date of acceptance for publication:** 10.01.2025  
**Date of publication:** 25.03.2025

**Authors' information:**

Denis S. Aleshkov – Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Siberian State Automobile and Highway University (SibADI), e-mail: [denisaleshkov@mail.ru](mailto:denisaleshkov@mail.ru)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4204-7221>

**Корчагин Павел Александрович** – доктор технических наук, профессор ФГБОУ ВО «Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СибАДИ)», e-mail: [korchagin\\_pa@mail.ru](mailto:korchagin_pa@mail.ru)

ORCID: <https://orcid.org/0000-001-8936-5679>

**Тетерина Ирина Алексеевна** – кандидат технических наук, старший научный сотрудник ФГБОУ ВО «Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СибАДИ)», e-mail: [iateterina@mail.ru](mailto:iateterina@mail.ru)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8012-8511>

**Летопольский Антон Борисович** – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой "Строительная, подъемно-транспортная и нефтегазовая техника" ФГБОУ ВО «Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СибАДИ)», e-mail: [antoooon-85@mail.ru](mailto:antoooon-85@mail.ru)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8012-8511>

**Pavel A. Korchagin** – Doctor of Technical Sciences, Professor, Siberian State Automobile and Highway University (SibADI),

e-mail: [korchagin\\_pa@mail.ru](mailto:korchagin_pa@mail.ru)

ORCID <https://orcid.org/0000-001-8936-5679>

**Irina A. Teterina** – Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher, Siberian State Automobile and Highway University (SibADI), e-mail: [iateterina@mail.ru](mailto:iateterina@mail.ru)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8012-8511>

**Anton B. Letopolsky** – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of "Construction, hoisting and transport and oil and gas equipment", Siberian State Automobile and Highway University (SibADI), e-mail: [Antoooon-85@mail.ru](mailto:Antoooon-85@mail.ru)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8012-8511>

### Благодарности

*Исследование выполнено при поддержке Российского научного фонда (проект № 23-29-10014, <https://rscf.ru/project/23-29-10014/>)*

### Acknowledgements

*The study was supported by the grant of Russian Science Foundation (RSF) (project No. 23-29-10014, <https://rscf.ru/project/23-29-10014/>)*

## 1. Введение

Одним из направлений совершенствования рабочих органов роторных снегоочистителей является поиск новых конструктивных форм, позволяющих повысить эффективность их работы. Траектории движения произвольных точек элементов рабочего оборудования, существующих в настоящее время конструктивных схем роторных снегоочистителей, сводятся к нескольким базовым траекториям [1, 2]. Фазовое состояние механической системы «фреза вертикального питателя роторного снегоочистителя – транспортируемая снежная частица» однозначно определяется ее координатами, скоростями и действующими в ней силами. Основной целью данной работы является определение степени влияния угла наклона режущей полосы, а также ее ширины на величину и направление сил, действующих внутри механической системы [3]. Для достижения поставленной цели была решена задача: установление закономерностей между геометрическими параметрами режущей полосы вертикального питателя роторного снегоочистителя и силами, действующими

в механической системе «фреза вертикального питателя роторного снегоочистителя – транспортируемая снежная частица» [4].

## 2. Основная часть

Ширина режущей полосы – один из конструктивных параметров роторного снегоочистителя, формирующий геометрический образ питателя [1]. От ее размеров зависит обоснование и выбор множества других конструктивных и технологических параметров роторного снегоочистителя [5]. Одной из особенностей работы фрезы вертикального питателя является то, что на одном участке траектории ее движения происходит вырезание снежной массы из снежного массива, а на остальной ее части – перемещение вырезанной снежной массы в загрузочное окно метательного аппарата роторного снегоочистителя [5]. Соответственно, выбор формы фрезы вертикального питателя роторного снегоочистителя должен обеспечивать как эффективное вырезание снежной массы, так и последующее ее транспортирование в вертикальном питателе [2].

В основу данных исследований заложены уравнения динамики относительного скольжения снежной частицы конечного размера, в локальной системе координат,  $OXY$  связанной с плоскостью режущей полосы равномерно вращающейся фрезы вертикального питателя роторного снегоочистителя [4]. Аналогичный подход был реализован при исследовании работы металлического аппарата роторного снегоочистителя [6, 7]. Анализ влияния геометрических параметров режущей полосы на характер действующих сил, позволяет обеспечить решение как прямой, так и обратной задач динамики, описывающих скольжение снежной частицы в вертикальном питателе, а так же установить некоторые аспекты синтеза оптимальных геометрических форм фрезы вертикального питателя [8].

При составлении расчетной схемы (рис. 1) были приняты допущения [1, 4]:

- фреза вертикального питателя радиуса  $R$ , вращается с постоянной угловой скоростью  $\omega$ ;
- роторный снегоочиститель движется поступательно с постоянной скоростью  $V_{пер}$ ;

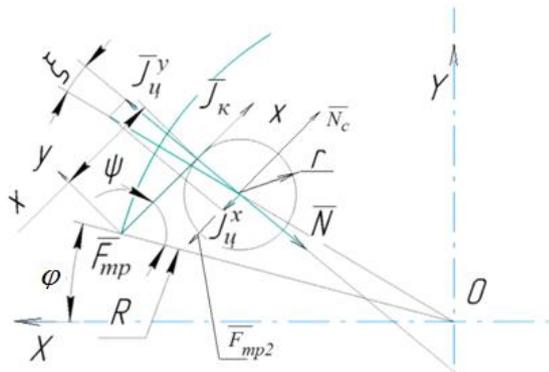


Рис. 1. Расчетная схема движения снежной частицы по поверхности режущей полосы вертикального питателя [9]

- транспортируемая снежная масса представляет собой набор сфер массой  $m$ , и характерного радиуса  $r$ ;
- вращением снежной частицы пренебрегаем;
- снежная частица скользит по горизонтальной поверхности и поверхности

режущей полосы фрезы вертикального питателя [10].

Уравнения относительного движения снежной частицы вдоль плоскости режущей полосы фрезы вертикального питателя будет выглядеть следующим образом [4, 10]:

$$m\ddot{x} = -J_u^x \pm F_{mp} \pm F_{mp2} + N_c; \quad (1)$$

$$m\ddot{y} = -J_u^y - N \pm J_k; \quad (2)$$

$$0 = -G + N_2, \quad (3)$$

где  $F_{mp2}$  – сила трения между снежной частицей и основанием вертикальной фрезы;  $N_c$  – сила реакции вырезаемой снежной массы;  $J_u^x$  – проекция центробежной силы инерции на ось  $ox$  локальной системы координат  $OXY$ ;  $J_u^y$  – проекция центробежной силы инерции на ось  $OY$  локальной системы координат  $OXY$ ;  $G$  – сила тяжести.

Проекции центробежной  $J_u$  и кориолисовой  $J_k$  сил инерции на оси системы координат  $OXY$  после деления правых и левых частей уравнений (1)...(3) на  $m$  будут равны [11]:

$$J_u^x = R_i \cdot \omega^2 \sin \xi; \quad (4)$$

$$J_u^y = R_i \cdot \omega^2 \cos \xi; \quad (5)$$

$$J_k = 2 \cdot \omega \cdot \dot{x}, \quad (6)$$

где  $R_i$  – расстояние от оси вращения фрезы вертикального питателя до центра тяжести транспортируемой снежной частицы;  $\xi$  – угол между прямой соединяющей ось вращения фрезы вертикального питателя и центр тяжести снежной частицы, и прямой проходящей через центр тяжести снежной частицы перпендикулярно боковой поверхности режущей полосы [11].

Для однозначного определения проекций действующих сил необходимо выразить параметры  $R_i$  и  $\xi$ , от значений которых будут зависеть величины  $J_u^x$  и  $J_u^y$ , и направление действия проекции  $J_u^x$ .

В соответствии с расчетной схемой, представленной на рис. 2, величина угла  $\xi$  может быть определена по формуле:

$$\xi = \arctg\left(\frac{p}{a}\right), \quad (7)$$

где  $p$  – расстояние от оси вращения фрезы вертикального питателя до прямой, прохо-

дящей через центр тяжести снежной частицы, перпендикулярно боковой поверхности режущей полосы;  $a$  – расстояние от центра тяжести снежной частицы до отрезка  $p$ .

Из рис. 2, после ряда геометрических преобразований, выражения  $p$  и  $a$  примут вид:

$$p = R \cdot \cos \psi - x. \quad (8)$$

$$a = R \cdot \sin \psi - r. \quad (9)$$

После подстановки (8), (9) в (7) окончательно получено [1]:

$$\xi = \arctg \frac{R \cdot \cos \psi - x}{R \cdot \sin \psi - r}. \quad (10)$$

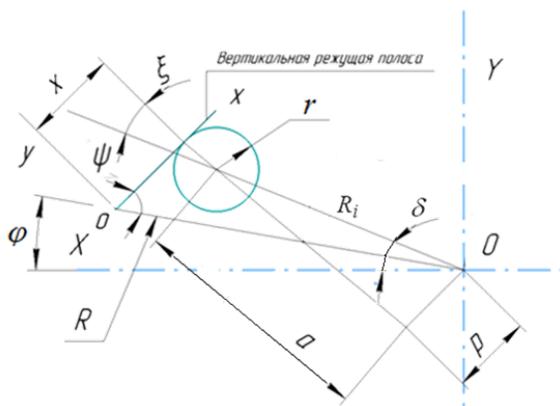


Рис. 2. Расчетная схема определения угла  $\xi$

Согласно рис. 2 из выражения (10) следует условие равенства нулю проекции  $J_u^x$ :

$$\xi = \arctg 0 = 0, \quad (11)$$

или, после ряда преобразований, координата  $x_p$  на боковой поверхности режущей полосы, на которой происходит смена знака  $J_u^x$  будет определяться выражением:

$$l_p = R \cdot \cos \psi. \quad (12)$$

При выполнении условия:

$$x > R \cdot \cos \psi, \quad (13)$$

снежная частица может начать самостоятельное движение, и, как следствие, правая часть уравнения (2) не будет равна нулю, т.к. боковая поверхность режущей полосы может перестать выступать в качестве связи [12].

Величина  $\xi$ , при выполнении условия (13), из аналогичных соображений примет вид:

$$\xi = \arctg \frac{x - R \cdot \cos \psi}{-r + R \cdot \sin \psi}. \quad (14)$$

Для однозначного определения всех геометрических соотношений фазового состояния рассматриваемой механической системы, необходимо выразить расстояние от оси вращения фрезы вертикального питателя до центра тяжести снежной частицы  $R_i$  и угол  $\delta$  между прямой, проходящей через ось вращения фрезы вертикального питателя и через центр тяжести снежной частицы и осью системы координат связанной с фрезой вертикального питателя  $OXY$  (рис. 1, 2) [13].

Угол  $\delta$  определяется выражением:

$$\delta = \varphi + \frac{\pi}{2} - \psi - \xi = \varphi + \frac{\pi}{2} - \psi - \arctg \frac{R \cdot \cos \psi - x}{R \cdot \sin \psi - r}. \quad (15)$$

В системе координат  $OXY$  расстояние  $R_i$  будет равно:

$$R_i = \sqrt{a^2 + p^2} = \sqrt{(R \cdot \sin \psi - r)^2 + (R \cdot \cos \psi - x)^2}. \quad (16)$$

Соответственно, координаты снежной частицы в системе координат  $OXY$  определяются выражениями [12]:

$$X_i = R_i \sin \delta. \quad (17)$$

$$Y_i = R_i \cos \delta. \quad (18)$$

На рис. 3, в соответствии с формулой (12), построена граница между фазовыми состояниями механической системы «фреза вертикального питателя роторного снегоочистителя – транспортируемая снежная

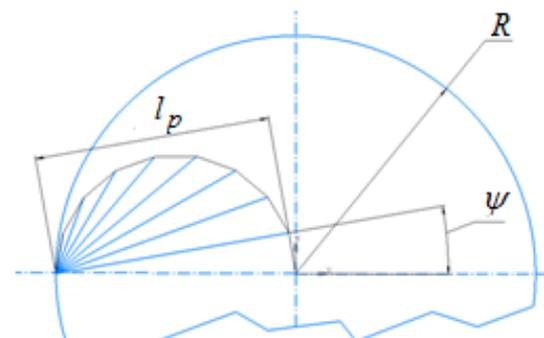


Рис. 3. Годограф границы смены знака  $J_c^x$  на виде вертикальной фрезы сверху

частица», которые обусловлены различным направлением действия  $J_y^x$  фрезы вертикального питателя роторного снегоочистителя  $R = 0,15$  м, при различных углах наклона режущей полосы.

В пределах ширины боковой поверхности режущей полосы ограниченной расстоянием  $x_p$  поступающая снежная масса, при определенном характере ее вырезания, будет выступать в качестве связи, накладываемой на движение снежной частицы [13]. Ее действие в математической модели рассматриваемой механической системы будет проявляться в действии силы реакции  $N_c$ . Уравнение (1) примет вид:

$$0 = -J_y^x \pm F_{mp} \pm F_{mp2} + N_c. \quad (19)$$

При положении снежной частицы за границей смены знака проекции  $J_y^x$  потребует изменения геометрии режущей полосы на этом участке, в случае необходимости обеспечения фазового состояния обусловленного наличием связи, наложенной на движение снежной частицы в вертикальном питателе в виде стенки режущей полосы, как элемента пассивного управления движением снежной массы в поле центробежных сил [14]. Это порождает необходимость рассмотрения состава возможных форм геометрической формы фрезы вертикального питателя как отдельного класса.

На рис. 4 показано возможное конструктивное решение геометрической формы режущей полосы, обеспечивающее фазовое состояние рассматриваемой механической системы, в котором не происходит смены знака проекции  $J_y^x$  (выражение 4) при соблюдении очевидного условия:

$$J_{\kappa} < J_y^y, \quad (20)$$

Алгоритм построения профиля режущей полосы фрезы вертикального питателя роторного снегоочистителя, исключающий выполнение условия (13), на основе схемы представленной на рис. 4, будет иметь вид:

1. Задаем начальное угловое положение режущей полосы  $\varphi_{i-1}$  при котором начинается вырезание снежной массы из снежного массива, где  $i=1, 2, 3, \dots$

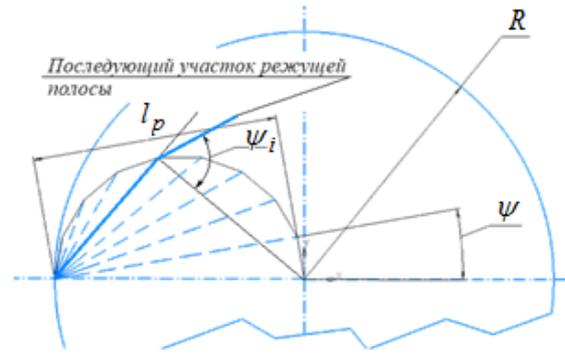


Рис. 4. Схема построения профиля режущей полосы фрезы вертикального питателя роторного снегоочистителя исключающее выполнение условия (13)

2. Определяем начальные координаты положения точки режущей полосы на траектории  $x_{i-1}$  и  $y_{i-1}$  в системе координат связанной с фрезой вертикального питателя роторного снегоочистителя по формулам:

$$x_{i-1} = R \cdot \cos \varphi_{i-1}, \quad (21)$$

$$y_{i-1} = R \cdot \sin \varphi_{i-1}. \quad (22)$$

3. Определяем координаты нового положения точки режущей полосы  $x_i$  и  $y_i$ :

$$x_i = V_{nep} \cdot \frac{\Delta \psi}{\omega} + R \cdot \cos(\varphi_{i-1} + \Delta \psi), \quad (23)$$

$$y_i = R \cdot \sin(\varphi_{i-1} + \Delta \psi). \quad (24)$$

4. Определяем угол  $\beta$ :

$$\begin{aligned} \operatorname{tg} \beta &= \frac{y_i - y_{i-1}}{x_i - x_{i-1}} = \\ &= R \cdot \frac{\sin(\cos \varphi_{i-1} + \Delta \psi) - \sin \varphi_{i-1}}{V_{nep} \frac{\Delta \psi}{\omega} + R \cdot [\cos(\cos \varphi_{i-1} + \Delta \psi) - \cos \varphi_{i-1}]} \end{aligned} \quad (25)$$

5. Задаем  $\psi_i$  на основании условия:

$$\begin{aligned} \psi_i &\leq \varphi_{i-1} - \operatorname{arctg} \cdot \\ &\left( R \cdot \frac{\sin(\cos \varphi_{i-1} + \Delta \psi) - \sin \varphi_{i-1}}{V_{nep} \frac{\Delta \psi}{\omega} + R \cdot [\cos(\cos \varphi_{i-1} + \Delta \psi) - \cos \varphi_{i-1}]} \right). \end{aligned} \quad (26)$$

6. По (12) определяем длину сегмента режущей полосы  $l_{pi}$ .

7. Определяем координаты нового положения точки режущей полосы  $X_{pi}$  и  $Y_{pi}$ :

$$X_{pi} = x_i + l_{pi} \cdot \cos(\psi_i - \varphi_{i-1}), \quad (27)$$

$$Y_{pi} = y_i + l_{pi} \cdot \sin(\psi_i - \varphi_{i-1}). \quad (28)$$

8. Находим новое значение радиуса:

$$R_{pi} = \sqrt{X_{pi}^2 + Y_{pi}^2}. \quad (29)$$

9. Определяем величину угла:

$$\varphi_i = \arctg\left(\frac{Y_{pi}}{X_{pi}}\right). \quad (30)$$

На следующей итерации, необходимо задаться значением  $\psi_{i+1}$  на основании условия [9]:

$$\psi_{i+1} < \psi_i; \quad (31)$$

10. По (12) определяем  $l_{pi+1}$ .

11. Определяем координаты нового положения точки режущей полосы  $X_{pi+1}$  и  $Y_{pi+1}$ :

$$X_{pi+1} = X_{pi} + l_{pi+1} \cdot \cos(\psi_{i+1} - \varphi_i), \quad (32)$$

$$Y_{pi+1} = Y_{pi} + l_{pi+1} \cdot \sin(\psi_{i+1} - \varphi_i). \quad (33)$$

12. Находим новое значение радиуса:

$$R_{pi+1} = \sqrt{X_{pi+1}^2 + Y_{pi+1}^2}. \quad (34)$$

13. Определяем величину угла:

$$\varphi_{i+1} = \arctg\left(\frac{Y_{p+1}}{X_{p+1}}\right). \quad (35)$$

Таким образом, выражения (21)...(35) представляют собой алгоритм построения профиля режущей полосы вертикального питателя роторного снегоочистителя.

### 3. Результаты исследования

В качестве основных исходных данных для реализации представленного алгоритма должны быть заданы численные значения следующих конструктивных и технологических параметров (численные значения перечисленных параметров даны в качестве примера):

- радиус фрезы,  $R = 0,15$  м;
- угловая скорость вращения фрезы вертикального питателя,  $\omega = 12$  с<sup>-1</sup>;
- поступательная скорость снегоочистителя  $V_{nep} = 0,2$  м/с;
- начальный угол захвата снежной частицы  $\varphi_{i-1} = 120^\circ$ ;
- характерный радиус снежной частицы  $r$  для определения угла поворота фрезы вертикального питателя, при котором происходит ее захват. В первом приближении можно определить угол поворота по формуле:

$$\Delta\psi = \arctg \frac{r}{2 \cdot R}, \quad (36)$$

при  $r = 0,03$  м угол поворота  $\Delta\psi = 5,7^\circ$ .

Необходимо отметить, что величина  $\Delta\psi$  может задаваться и из других соображений [15].

На рис. 5 представлены результаты построения режущей полосы вертикального питателя роторного снегоочистителя по двум итерациям описанного выше алгоритма.

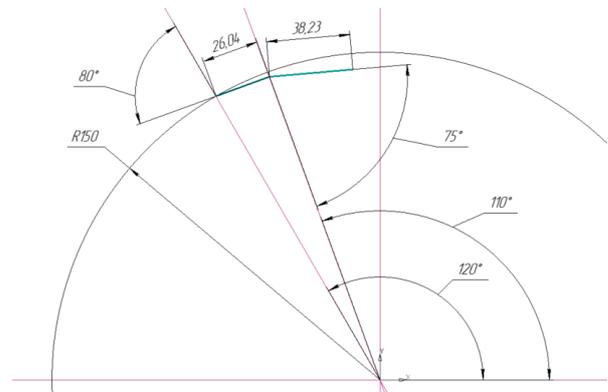


Рис. 5. Профиль режущей полосы вертикального питателя роторного снегоочистителя полученный после двух итераций

### 4. Обсуждение и выводы

Таким образом, обеспечение необходимого фазового состояния механической системы «фреза вертикального питателя роторного снегоочистителя – транспортируемая снежная частица» и значений действующих в этой системе сил, наличия или отсутствия дополнительной связи в виде боковой поверхности режущей полосы, определяется выбором соответствующих геометрических параметров: углом  $\psi$  и шириной режущей полосы  $x_p$ .

Получены условия того, когда вырезаемая снежная масса выступает в качестве односторонней неудерживающей связи, а также условия скольжения снежной частицы вдоль режущей полосы фрезы вертикального питателя роторного снегоочистителя.

Составлен алгоритм построения профиля режущей полосы фрезы вертикального питателя роторного снегоочистителя.

Алгоритм обеспечивает движение снежной частицы в поле центробежных сил вертикального питателя таким образом, чтобы

разгрузка происходила непосредственно в области загрузочного окна метательного аппарата роторного снегоочистителя.

### Список литературы

1. Алешков Д.С., Корчагин П.А., Тетерина И.А. Теоретические исследования движения снежной частицы в вертикальном питателе роторного снегоочистителя // Научно-технический вестник Брянского государственного университета. 2022. № 4. С. 263-274. DOI: 10.22281/2413-9920-2022-08-04-263-274
2. Корчагин П.А., Реброва И.А., Тетерина И.А. Определение параметров, влияющих на функционирование системы виброзащиты оператора дорожной уборочно-подметальной машины // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2016. № 3. С. 249-256.
3. Закиров М.Ф. Исследование влияния шага шнека на мощность привода питателя малогабаритного шнекороторного снегоочистителя // Интеллектуальные системы в производстве. 2015. № 2(26). С. 56-57.
4. Алешков Д.С., Корчагин П.А., Летопольский А.Б., Тетерина И.А. Определение угла наклона режущей полосы питателя роторного снегоочистителя // Научно-технический вестник Брянского государственного университета. 2024. № 3. С. 162-169. DOI: 10.22281/2413-9920-2024-10-03-162-169
5. Баловнев В.И. Данилов Р.Г. Снегопогрузчики // Строительные и дорожные машины. 2020. № 1. С. 3-9.
6. Абрамов Л.Н., Кустарев Г.В., Дудкин М.В., Молдаханов Б.А., Андрюхов Н.М. Определение рациональных параметров рабочего органа машины для зимнего содержания дорог // Строительные и дорожные машины. 2021. № 8. С. 18-22.
7. Закиров М.Ф. Оборудование для уборки снега за барьерными ограждениями автомобильных дорог // Транспорт. Транспортные сооружения. Экология. 2022. № 4. С. 66-74.
8. Плотникова В.А., Калёнов К.А., Захаров Д.П. Обзор снегоочистителей роторного типа // Автоматизированное проекти-

### References

1. Aleshkov D.S., Korchagin P.A., Teterina I.A. Teoreticheskie issledovaniya dvizheniya snezhnon chastiцы v vertikalnom pitatele rotnogo snegoochistitelya. *Nauchno-tehnicheskij vestnik Bryanskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2022, No. 4, pp. 263-274. DOI: 10.22281/2413-9920-2022-08-04-263-27. (In Russian)
2. Korchagin P.A., Rebrova I.A., Teterina I.A. Opredelenie parametrov, vliyayuchshikh na funkcionirovanie sistemy vibrozashchity operatora dorozhnoy uborochno-podmetalnoy mashiny. *Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Tekhnicheskie nauki*, 2016, No. 3, pp. 249-256. (In Russian)
3. Zakirov M.F. Issledovanie vliya-niya shaga shneka na moshnost privoda pi-tatelya malogabaritnogo shnekorotornogo snegoochistitelya . *Intellektualnye sistemy v proizvodstve*, 2015, № 2(26), pp. 56-57. (In Russian)
4. Aleshkov D.S., Korchagin P.A., Letopolskij A.B., Teterina I.A. Opredelenie ugla naklona rezhushchej polosy pitatelya rotnogo snegoochistitelya. *Nauchno-tehnicheskij vestnik Bryanskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2024, № 3, pp. 162-169. DOI: 10.22281/2413-9920-2024-10-03-162-169 (In Russian)
5. Balovnev V.I. Danilov R.G. Snegopogruzchiki. *Stroitelnye i dorozhnye mashiny*, 2020, № 1, pp. 3-9. (In Russian)
6. Abramov L.N., Kustarev G.V., Dudkin M.V., Moldahanov B.A., Andryuhov N.M. Opredelenie racionalnyh parametrov rabocheho organa mashiny dlya zimnego soderzhaniya dorog. *Stroitelnye i dorozhnye mashiny*, 2021, № 8, pp. 18-22. (In Russian)
7. Zakirov M.F. Oborudovanie dlya uborki snega za barernymi ograzhdeniyami avtomobilnyh dorog. *Transport. Transportnye sooruzheniya. Jekologija*, 2022, No. 4, pp. 66-74. (In Russian)
8. Plotnikova, V.A., Kaljonov K.A., Zaharov D.P. Obzor snegoochistitelej rotnogo

