

УДК 625.745.55

**ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ И
КИНЕМАТИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ ЩЕТКИ ДЛЯ ЧИСТКИ СНЕГА ПОД
БАРЬЕРНЫМ ОГРАЖДЕНИЕМ**

Шлыков Игорь Юрьевич

студент

Дьячков Сергей Владимирович

кандидат технических наук, доцент

Соловьёв Сергей Владимирович

доктор сельскохозяйственных наук, профессор

sergsol6800@yandex.ru

Бахарев Алексей Александрович

кандидат технических наук, доцент

Абросимов Александр Геннадьевич

кандидат технических наук, доцент

AlexAbr84@bk.ru

Мичуринский государственный аграрный университет,

г. Мичуринск, Россия

Аннотация. Данная научная статья посвящена совершенствованию технологического процесса и технических средств для очистки снега под дорожными ограждениями барьерного типа, применение которых позволит повысить качество их очистки и увеличить производительность агрегатов.

Ключевые слова: транспортно-технологические машины, дорожные ограждения барьерного типа, очистка снега, устройство для очистки снега.

Цель исследований – разработка машины для чистки снега под барьерным ограждением.

Задача – обоснование технологических параметров и кинематических режимов щетки для чистки снега под барьерным ограждением, выполненной в виде ротора, снабженного лопастями с эластичными элементами.

При работе лопасть ротора, закрепленного на подпружиненной раме, сгребает снежный сугроб в направлении поступательной скорости трактора с одновременным отбрасыванием снега в сторону обочины.

Параметрические уравнения периферийной точки лопасти, вращающейся вокруг неподвижного центра O с постоянной угловой скоростью, и одновременно перемещающейся в вдоль оси x можно описать уравнениями [1, 2]:

$$\begin{cases} x_1 = \vartheta_m t + R \sin \omega t \\ y_1 = R \cos \omega t \end{cases} \quad (1)$$

где ω - частота вращения ротора, рад/с;; R - радиус ротора, м; ϑ_m - поступательная скорость трактора, м/с t - время поворота ротора от начала отсчета, с.

Абсолютная скорость периферийной точки лопасти определится выражением $\vartheta_1 = \sqrt{(dx_1/dt)^2 + (dy_1/dt)^2}$. Так как $dx_1/dt = \vartheta_m + R\omega \cdot \cos \omega t$ и $dy_1/dt = -R\omega \cdot \sin \omega t$, тогда

$$\vartheta_1 = \sqrt{R^2 \omega^2 + 2R\omega \vartheta_m \cdot \cos \omega t + \vartheta_m^2}. \quad (2)$$

Известно, что основные параметры роторных рабочих органов связаны уравнением

$$c = 2\pi \vartheta_m / \omega z, \quad (3)$$

где: c – подача на лопасть в направлении поступательной скорости трактора, м; z – число лопастей, шт.

Ориентировочно, толщина сгребаемого снежного покрова при повороте лопасти на угол ωt составляет $c' = c \cdot \sin \omega t$

С учетом уравнения (3), получим

$$c' = 2\pi g_m \sin \omega t / \omega z \quad (4)$$

В работе одновременно может принимать участие $z/2$ лопастей. Тогда суммарная толщина снежного покрова снимаемого всеми задействованными в работе лопастями, будет определена по формуле:

$$C = \frac{2\pi g_m}{\omega z} \left[\sin \varphi + \sum_{i=1}^{\frac{z}{2}-1} \sin(\varphi - \beta i) \right], \quad (5)$$

где: φ - угол поворота ротора, $2\pi/z > \varphi > 0$ ($\varphi = \omega t$); β - угол между соседними лопастями, рад; C – суммарная толщина снежного покрова, м;

При сгребании сугроб снега собирается впереди лопасти в виде порций, первые из которых прочно сцепляются с ней, а последующие удерживаются силами трения [3]. На первом этапе происходит разрушение снежного покрова, сгруживание снега, в виде так называемой призмы волочения, и вынос его за пределы очищаемой зоны.

Ориентировочно призму волочения снежного сугроба перед лопастью можно принять в виде четверти конуса с образующей, расположенной под углом естественного откоса к основанию снежного вала [4, 5].

Текущее значение радиуса основания конуса в призме волочения

$$R_{II} = \sqrt[3]{12k_p c H_{cp} R(1 - \cos \omega t) / \pi \cdot \operatorname{tg}^2 \varepsilon}, \quad (6)$$

где: R_{II} – радиус основания конуса призмы волочения, м; k_p – коэффициент снежного покрова (сугроба) в призме волочения ($k_p = 1,10 \div 1,35$); H_{cp} – средняя высота снежного покрова, м; ε – угол наклона образующей конуса, град ($\varepsilon \approx 50^\circ$).

Максимальный объем субстрата накапливается к моменту выхода граблины со снежного вала, поэтому

$$R_{II}^{\max} = \sqrt[3]{12k_p C_{\max} H_{cp} B / \pi \cdot \operatorname{tg}^2 \varepsilon}, \quad (7)$$

где: R_{II}^{\max} - максимальный радиус основания конуса в призме волочения, м; B – ширина бровки снежного вала, м.

Максимальная высота конуса из снежного вала в призме волочения

$$H_{II}^{\max} = R_{II}^{\max} \cdot \operatorname{tg} \varepsilon . \quad (8)$$

Эти два параметра, R_{II}^{\max} и H_{II}^{\max} , определяют соответственно ширину и высоту лопасти с эластичными элементами.

При сгребании снежного покрова лопасть преодолевает следующие сопротивления:

$$P_{\lambda} = P_1 + P_2 + P_3 , \quad (9)$$

где P_{λ} – сопротивление одной лопасти, Н; P_1 – сопротивление снежного покрова резанию, Н; P_2 – сопротивление от трения призмы волочения по подошве снежного вала, Н; P_3 – сопротивление от отбрасывания пласта снега, Н.

Известно, что сопротивление резанию $P_1 = c' \cdot H_{cp} \cdot k$, где k – общий коэффициент сопротивления резанию, Н/м², ($k=1,9 \div 2,0$ Н/см² [4]). Поэтому, с учетом (4)

$$P_1 = (2\pi \varrho_m H_{cp} k \sin \omega t) / (\omega z) . \quad (10)$$

Сопротивление от трения призмы волочения по подошве снежного вала $P_2 = m \cdot g \cdot f$, где: m – масса перемещаемого снега, кг; g – ускорение свободного падения, м/с²; f – коэффициент трения снега о подошву укрывного вала ($f \approx 0,6$). Так как масса снега перед лопастью в каждый момент времени составляет $m = c \cdot H_{cp} \cdot \gamma \cdot R \cdot (1 - \cos \omega t)$ [4, 6], где γ – объёмная масса снега, кг/м³ (γ = до 0,65 т/м³), $c = (\varrho_m \cdot 2\pi) / z\omega$, то текущее сопротивление от трения призмы волочения по подошве снежного вала определится по формуле [7]:

$$P_2 = 2\pi \varrho_m H_{cp} \gamma g f R (1 - \cos \omega t) / \omega z . \quad (11)$$

Для нахождения P_3 определим секундную работу A_0 или мощность на отбрасывание N_0 : $A_0 = N_0 = m' \varrho_0^2 / 2$, где: m' – секундная подача массы снега на лопасть, кг/с ($m' = c' H_{cp} \gamma \varrho_{II}$); ϱ_0 – скорость отбрасывания снега, м/с; ϱ_{II} – скорость поступления снега на лопасть, м/с. Затем вычислим сопротивление отбрасыванию $P_3 = N_0 / \varrho_{II} = c' H_{cp} \gamma \varrho_0^2 / 2$. Учитывая (4) и приняв, что $\varrho_{II} = \varrho_0 = \omega R$ получим

$$P_3 = \pi g_m H_{cp} \gamma (\omega R)^2 \sin \omega t / \omega z. \quad (12)$$

Общее сопротивление лопасти, после сложения (10), (11), (12) и преобразований

$$P_n = \frac{2\pi g_m H_{cp}}{\omega z} \left\{ \left[k + \gamma (\omega R)^2 / 2 \right] \sin \omega t + \gamma g f R (1 - \cos \omega t) \right\}. \quad (13)$$

Для вычисления момента и мощность привода ротора, необходимо учесть нагрузки на все задействованные лопасти [8, 9]:

$$M_p = P_p R, \quad (14)$$

где M_p – момент привода ротора, Нм; P_p – суммарная нагрузка на все лопасти, Н.

$$N_p = M_p \omega \quad (15)$$

где N_p – мощность привода, кВт.

Расчеты показывают, что при скорости движения трактора $g_m = 0,5-0,75$ м/с с ротором, снабженным шестью лопастями с радиусом $R = 25$ см и подаче на одну лопасть 2-3 см оптимальной частотой вращения ротора является $\omega = 25$ с⁻¹. Геометрические параметры (ширина и высота) каждой лопасти ротора, при $H_{cp} = 20$ см, $B = 20$ см и $k_p = 1,2$, составят: $R_n = 148$ мм; $H_n = 176$ мм. Нагрузка на лопасть составляет $P_n = 240$ Н. Суммарная мощность на привод ротора, N_p , будет равна около 4,0 кВт.

Список литературы:

1. Бондаренко, Е.В. Основы проектирования и эксплуатации технологического оборудования : учебник для студ. высш. учеб. заведений / Е. В. Бондаренко, Р. С. Фаскиев. — М. : Издательский центр «Академия», 2011. — 304 с.
2. Бросалин, В.Г. Воздействие рабочей щетки на почвенный вал и маточное растение вегетативно размножаемых подвоев при весеннем раскрытии / В.Г. Бросалин, К.А. Манаенков // Научные основы эффективного садоводства: труды ВНИИС им. И.В. Мичурина. – Воронеж: Кварта, 2006. – С. 533-543.

3. Бросалин В.Г. Механизация отделения отводков клоновых подвоев яблони / В.Г. Бросалин, К.А. Манаенков // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. - 2012. - № 3. - С. 198-205
4. Консервация машин для разбрасывания пескосоляной смеси / В.И. Горшенин, В.Ю. Ланцев, С.В. Соловьёв, [и др.] //Наука и Образование. – 2019. – Т. 2. – № 1. – С. 45.
5. Дьячков, С.В. Совершенствование технологического процесса мойки дорожных ограждений барьерного типа / С.В. Дьячков, А.Д. Эсенов, С.В. Соловьёв // В сб.: Инновационные подходы к разработке технологий производства, хранения и переработки продукции растениеводческого кластера: материалы Всероссийской научно-практической конференции. – Мичуринск: Мичуринский государственный аграрный университет, 2020. – С. 149-152.
6. Результаты экспериментальных исследований устройства гидродинамической мойки колес грузовых автомобилей / А.А. Стукалов, С.В. Дьячков, С.В. Соловьёв [и др.] // Наука и Образование. – 2020. – Т. 3. – № 2. – С. 190.
7. Машина для бесконтактной мойки дорожных ограждений / В.И. Горшенин, В.Ю. Ланцев, С.В. Дьячков [и др.] // Наука и Образование. – 2019. – Т. 2. – № 2. – С. 24.
8. Шлыков, И.Ю. Машина для очистки снега под дорожными ограждениями барьерного типа / И.Ю. Шлыков, С.В., Дьячков С.В. Соловьёв // Наука и Образование. – 2019. – Т. 2. – № 4. – С. 279.
9. Guardrail hydrodynamic washing machine / S.V. Dyachkov, S.V. Solovyov, V.Y. Lantsev, A.A. Bakharev, A.G. Abrosimov // International Journal of Engineering and Advanced Technology. – 2019. – Т. 9. – № 1. – С. 4520-4526.

UDC 625.745.55

**JUSTIFICATION OF TECHNOLOGICAL PARAMETERS AND
KINEMATIC MODES OF A BRUSH FOR CLEANING SNOW UNDER A
BARRIER FENCE**

Shlykov Igor Yurievich

student

Dyachkov Sergey Vladimirovich

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Solovyov Sergey Vladimirovich

Doctor of Agricultural Sciences, Professor

sergsol6800@yandex.ru

Bakharev Alexey Alexandrovich

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Abrosimov Alexander Gennadievich

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

AlexAbr84@bk.ru

Michurinsk state agrarian University

Michurinsk, Russia

Annotation. Summary: This scientific article is devoted to improving the technological process and technical means for cleaning snow under road barriers of barrier type, the use of which will improve the quality of their cleaning and increase the productivity of aggregates.

Key words: transport and technological machines, road barriers of barrier type, snow cleaning, snow cleaning device.