

УДК 629.113.001: 629.114.2.002: 64.06.001: 69.002.5.001: 625.768.0025: 628.4

А.А.Костевич (6 курс, каф. КГМ), А.Г.Семёнов, к.т.н., вед.н.с.,  
М.В.Мальцев, ген. директор ПКФ «Строительно-дорожные машины»

## МЕТОДИКА РАСЧЕТА ГЕОМЕТРИИ И ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ РОТОРА ВО ФРЕЗЕРНО-РОТОРНЫХ СНЕГООЧИСТИТЕЛЯХ

С появлением новых моделей тракторов V тягового кл. возникла необходимость модернизации навесного оборудования и, соответственно, корректировка методического и расчётного аппарата с целью получения необходимых данных для конструирования высокопроизводительных дорожных и аэродромных машин. Разработанный методический аппарат включает в себя, в частности, методику расчёта геометрии и производительности ротора.

Входные данные для расчёта ротора: частота вращения ротора; наружный диаметр ротора; внутренний диаметр ротора; число лопаток ротора; коэффициент загрузки камеры; наружный радиус ротора; внутренний радиус ротора; частота вращения ротора.

При расчёте производительности ротора с жёстко заданными 2-мя параметрами (частота вращения и наружный диаметр) можно оперировать только третьим параметром — глубиной ротора или шириной лопатки, которая зависит от геометрических параметров питателя.

Скорость поступления снега с питателя в кожух ротора под действием центробежной силы (она зависит от частоты вращения фрезы и высоты ленты) рассчитываем по формуле:

$$V_{снф} = \omega_{\phi} \cdot \sqrt{D_{\phi}^2 - d_{\phi}^2}, \text{ м/с.}$$

Тогда ширина лопатки будет определяться расстоянием, которое сможет пролететь снег, пока камера ротора проходит сектор загрузки (последний принимаем равным  $60^{\circ}$ ):

$$h_p = V_{снф} \cdot \frac{60}{n_p \cdot z_p}, \text{ м.}$$

При числе лопаток ротора, равном шести, можно немного изменить формулу для этого случая и вместо угла загрузки использовать сектор камеры. На практике угол загрузки может меняться. Необходимо предусмотреть возможную неоднородность подачи снега. Целесообразно принять ширину лопатки процентов на 20...25 больше.

Зная габаритные размеры ротора, можно найти его объёмную производительность:

$$V_p = (\pi \cdot R^2 - \pi \cdot r^2) \cdot h_p, \text{ м}^3$$

По плотности и объёмной производительности получим массовую производительность:

$$P_{pm} = 3600 \cdot P_{po} \cdot k_3 \cdot \rho, \text{ м}^3/\text{ч},$$

где  $k_3$  — коэффициент загрузки камеры (при плотности снега  $0,4 \text{ т/м}^3$  можно принять  $k_3=0,4$ ). Необходимо также учитывать, что при двух роторах поток снега с питателя делится пополам.

При приемлемости полученных результатов в дальнейшем расчете их не меняют.

Расчёт геометрических параметров ротора. При вращении ротора его лопасти встречаются с массой снега, отброшенного питателем. Масса получает переносную вращательную скорость ротора и перемещается относительно лопасти к периферии, прижимаясь к кожуху ротора, а достигнув разгрузочного отверстия, отбрасывается. Одновременно с приданием скорости одной порции снега лопасть встречается с другой

порцией и т.д. Происходит формирование призмы волочения, и при правильно выбранных параметрах метателя и питателя максимальный объем снега на лопасти должен образоваться к моменту достижения разгрузочного отверстия, за время прохождения которого лопасть должна опорожниться. Период опорожнения лопасти характеризуется углом разгрузки, а относительная скорость массы — длиной лопасти. Последнюю обычно выбирают равной менее половины радиуса, так как для образования компактной струи желательнее, чтобы угол разгрузки был не более  $90^\circ$ . Для снижения затрат на трение снега по лопасти её отклоняют назад, то есть против направления вращения, на угол трения, равный в среднем  $6...8^\circ$ .

Далее рассчитывают окружную скорость конца лопатки. Скорость движения снега по лопатке ротора без учета трения зависит от соотношения внутреннего и внешнего радиусов роторов. Значение этой скорости необходимо для того, чтобы найти в дальнейшем время разгрузки одной камеры и угол поворота за время разгрузки.

Дальность отброса снега. Для достижения заданной дальности необходимо сформировать компактную струю. Для струи важным условием является неразрывность и постоянство сечения. На выходе из ротора абсолютная скорость частицы определяется как геометрическая сумма вращательной переносной и относительной радиальной скоростей, а при криволинейной лопасти — также и осевой скорости. Их соотношение непостоянно и зависит от места встречи частицы с лопастью, оставшегося пути до схода с лопасти и места схода (и по глубине ротора и по углу разгрузки). Замечено, что при угле разгрузки  $90^\circ$  угол разброса абсолютных скоростей частиц, сходящих с лопасти и реально попадающих в выбросной патрубок, равен  $60^\circ$ . Это означает, что частица отбрасывается не по кратчайшему пути в направлении выброса, а под углом к нему, что приводит к удару частиц о нижнюю стенку выбросного патрубка, к столкновению частиц между собой, при котором изменяется траектория движения группы частиц. Необходимо привести в систему упорядоченного потока хаотическое движение массы снега, составленной из отдельных частиц. Способствует этому применение выбросных патрубков специальной формы, использование газовой смазки и поддува снежной струи высокоскоростным, воздушным или газовым потоком.

Наряду с производительностью снегоочистителя, дальность отброса снега является основным технико-экономическим показателем и имеет особенно большое значение для аэродромных снегоочистителей, которые должны убирать снег со взлетно-посадочных полос без повторной переброски. Методы расчета дальности отброса основаны на экспериментальных данных, позволяющих учитывать сопротивление воздуха.

Известны две гипотезы при составлении уравнения движения центра масс: при сопротивлении среды, пропорциональном первой и второй степени скорости вылета. Анализ экспериментальных данных позволяет полагать, что дальность отброса пропорциональна скорости в степени, близкой ко второй. При этом для упрощения расчета за скорость вылета принимают не абсолютную скорость центра масс, а окружную скорость ротора.

Экспериментально установлено, что угол выброса, при котором обеспечивается наибольшая дальность, не  $45^\circ$  к горизонту, как в безвоздушном пространстве, а  $41...43^\circ$ .

При конечном числе лопастей ротора, обычно равным шести, струя снега является пульсирующей. Однако достаточно большая частота пульсации позволяет считать струю сплошной и неразрывной, при которой лобовое сопротивление воздуха имеет место лишь в начальный момент формирования струи, а контакт воздуха со струей и, соответственно, сопротивление воздуха будут по периметру сечения струи.

Для определения дальности отброса основной массы снега можно использовать эмпирическое выражение

$$L = 0.085 \cdot V_{лр}^2 \cdot (1 - K_n \cdot V_{лр}), \text{ м.}$$

где  $K_n$  — коэффициент насыщенности струи,  $K_n=0,01...0,015$  (для более и менее плотной струи, соответственно).

Полученное значение дальности отброса должно удовлетворять необходимым требованиям.

Таким образом, в работе предложена методика расчёта геометрии и производительности ротора.