УДК 625.7:631.31

РАСЧЕТ СКОРОСТИ ПРЯМОТОЧНОГО РОТОРНОГО РЫХЛИТЕЛЯ

Д-р техн. наук **В.А. Николаев**
(Ярославский технический университет)
Конт. информация: Nikolaev53@inbox.ru

Предложена методика расчета скорости агрегата с прямоточным роторным рыхлителем, предназначенным для устройства кювета автомобильной дороги при ее строительстве.
Ключевые слова: *автомобильная дорога, кювет, рыхление грунта, прямоточный роторный рыхлитель, скорость.*

В общих затратах финансовых средств на строительство автомобильных дорог значительную долю составляют затраты на земляные работы, в частности, на формирование кюветов. Это обусловлено тем, что для формирования кюветов автомобильных дорог применяют преимущественно машины циклического действия. Для удешевления строительства автомобильных дорог целесообразно использовать технические средства непрерывного действия. Одним из элементов такого технического средства может быть прямоточный роторный рыхлитель (**рис. 1**).

На передней навеске ***(1)*** энергетического устройства рыхлителя ***(2)*** установлен нож ***(9)***, а на задней навеске ***(3)*** – рама рыхлителя ***(6)***. К раме рыхлителя присоединены подшипниковые узлы ***(7)***, а к ним – прямоточный роторный рыхлитель ***(8)***. Вращающий момент на него поступает от энергетического устройства рыхлителя через карданный вал привода рыхлителя ***(4)*** и передачу ***(5)***.

На **рис. 2** показана схема прямоточного роторного рыхлителя и вид ***А***. В подшипниковом узле расположен вал ***(2)*** с наконечником вала ***(6)*** и спиральным ножом ***(7)*** на конце. К валу присоединен опорный диск ***(1)***, к нему приварены держатели ***(4)***. К держателям присоединены наружные лопасти ***(3)***, окружные ножи ***(5)*** и торцевые ножи ***(8)***.

Положение прямоточного роторного рыхлителя по глубине изменяют задней навеской. Так как рычаги задней навески представляют собой параллелограмм, при подъеме или опускании прямоточный роторный рыхлитель перемещается плоскопараллельно (см. **рис. 1**).

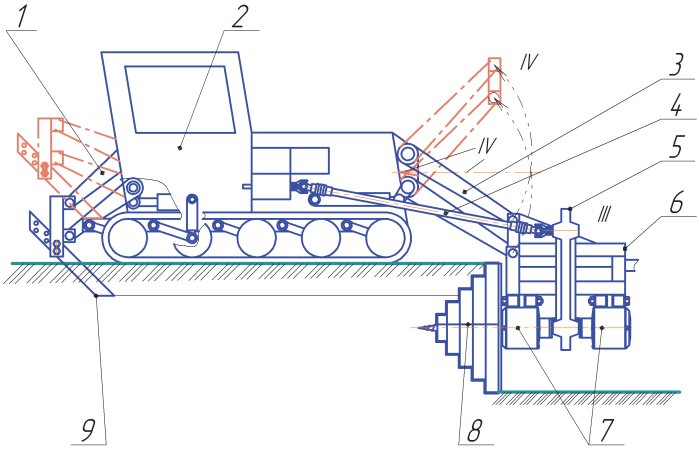

Рис. 1. Агрегат разрыхления грунта для создания кювета автодороги:

1 – передняя навеска; 2 – энергетическое устройство рыхлителя; 3 – задняя навеска; 4 – карданный вал привода рыхлителя; 5 – передача; 6 – рама рыхлителя; 7 – подшипниковый узел; 8 – прямоточный роторный рыхлитель; 9 – нож

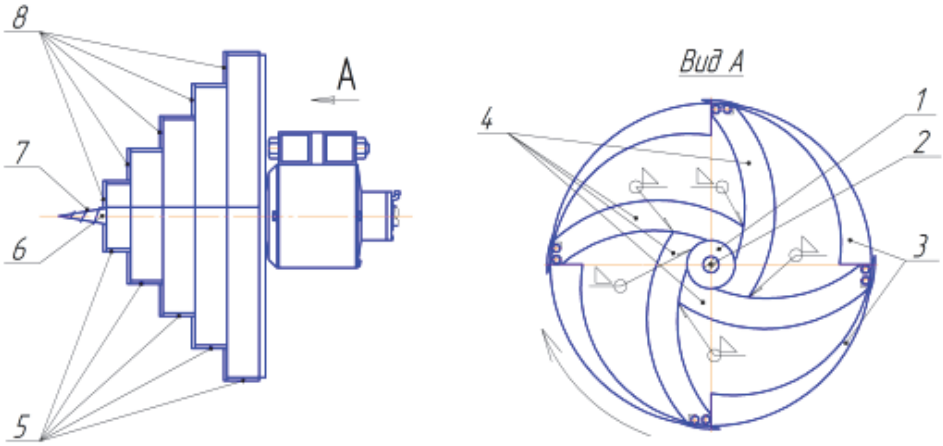

Рис. 2. Схема прямоточного роторного рыхлителя и вид А:

1 – опорный диск; 2 – вал; 3 – наружная лопасть; 4 – держатель; 5 – окружной нож; 6 – наконечник вала; 7 – спиральный нож; 8 – торцевой нож

Если кювет глубокий, спиральный нож ввинчивается в грунт, торцевые ножи и окружные ножи режут его. Так как наружные лопасти имеют пространственный загиб, они выгребают измельченный грунт из

прямоточного роторного рыхлителя. Если кювет неглубокий, грунт режут только торцевые ножи и окружные ножи. Оператор энергетического устройства рыхлителя регулирует:

- направление перемещения агрегата;
- скорость агрегата;
- глубину хода ножа;
- глубину прямоточного роторного рыхлителя.

Торцевые или окружные ножи при контакте с небольшими камнями отклоняются от своей траектории, поскольку закреплены только к держателям и валу, представляя собой систему с ограниченным перемещением в радиальном направлении. При контакте торцевых или окружных ножей с большими камнями, защиту от повреждений осуществляет центробежная предохранительная муфта в приводе. При ее срабатывании датчик посылает импульс, и агрегат автоматически останавливается. При контакте с крупным камнем рама рыхлителя со всем размещенным на ней оборудованием выглубляется из грунта, преодолевая давление в гидроцилиндре управления задней навеской, создаваемое в гидропневмоаккумуляторе управления прямоточным роторным рыхлителем.

Максимальная площадь срезаемого грунта за один оборот ротора рыхлителя может быть представлена формулой:

$$S_{\text{гр 1 об}} = s_{\text{а 1 об}} r_{max} \ , \quad \textbf{(1)}$$

где

$s_{\text{а 1 об}}$ – путь агрегата за один оборот ротора;

r_{max} – максимальный радиус расположения окружных ножей ротора;

$$s_{\text{а 1 об}} = v_{\text{а}} \tau_{1\ \text{об}} \ , \quad \textbf{(2)}$$

где

$v_{\text{а}}$ – скорость агрегата;

$\tau_{1\ \text{об}}$ – время одного оборота ротора:

$$\tau_{1\ \text{об}} = \frac{2\pi}{\omega_{\text{р}}} \ ,$$

где

$\omega_{\text{р}}$ – угловая скорость ротора.

Угловая скорость ротора через максимальную окружную скорость окружных ножей ротора может быть представлена следующим выражением:

$$\omega_{\text{р}} = \frac{v_{\text{окр}\,max}}{r_{max}} \ .$$

Тогда

$$\tau_{1\ \text{об}} = \frac{2\pi r_{max}}{v_{\text{окр}\,max}} \ ; s_{\text{а}\ 1\ \text{об}} = v_{\text{а}} \frac{2\pi r_{max}}{v_{\text{окр}\,max}} \ ; S_{\text{гр}\ 1\ \text{об}} = 2\pi {r_{max}}^2 \frac{v_{\text{а}}}{v_{\text{окр}\,max}} \ .$$

Необходимое усилие для срезания слоя грунта ножами ротора можно записать в виде:

$$F = pS_{\text{гр}\ 1\ \text{об}} = p2\pi {r_{max}}^2 \frac{v_{\text{а}}}{v_{\text{окр}\,max}} \ . \qquad \textbf{(3)}$$

Вращающий момент на вале прямоточного роторного рыхлителя:

$$M_{\text{п р р}} = \frac{N_{\text{п р р}}}{\omega_{\text{р}}} \ . \qquad \textbf{(4)}$$

Если

$$M_{\text{п р р}} = F r_{max} \ , \text{то } F r_{max} = \frac{N_{\text{п р р}} r_{max}}{v_{\text{окр}\,max}} \ ;$$

$$F = \frac{N_{\text{п р р}}}{v_{\text{окр}\,max}} \ , \qquad \textbf{(5)}$$

имеем систему уравнений:

$$\begin{cases} F = p2\pi {r_{max}}^2 \dfrac{v_{\text{а}}}{v_{\text{окр}\,max}} \\ F = \dfrac{N_{\text{п р р}}}{v_{\text{окр}\,max}} \end{cases} .$$

Отсюда

$$p2\pi {r_{max}}^2 \frac{v_{\text{а}}}{v_{\text{окр}\,max}} = \frac{N_{\text{п р р}}}{v_{\text{окр}\,max}} \ ;$$

$$p2\pi {r_{max}}^2 v_{\text{а}} = N_{\text{п р р}} \ ;$$

$$v_{\text{а}} = \frac{N_{\text{п р р}}}{p2\pi {r_{max}}^2} \ . \qquad \textbf{(6)}$$

Максимальная мощность, передаваемая посредством вала отбора мощности трактора без существенного его конструктивного усиления, составляет 60 кВт при $n = 560$ об/мин. Ориентировочно примем мощность на привод прямоточного роторного рыхлителя – 2/3, т.е. $N_{\text{п р р}} = 40$ кВт. Остальная мощность предназначена для привода других рабочих органов. Примем удельное сопротивление плотного глинистого

грунта $p = 0{,}3$ МПа **[1]**, максимальный радиус расположения окружных ножей $r_{max} = 500$ мм.

Тогда

$$v_{\text{а}} = \frac{40 \cdot 10^3}{0{,}3 \cdot 2 \cdot 3{,}14 \cdot 500^2} \approx 0{,}085 \text{ м/с} \quad . \qquad \textbf{(7)}$$

За минуту агрегат переместится на 5,1 м; за час – на 306 м; за 8-часовую смену – на 2448 м.

ВЫВОДЫ

Предложенная методика позволяет рассчитать скорость агрегата с прямоточным роторным рыхлителем, предназначенного для создания кювета автомобильной дороги при ее строительстве, исходя из потребляемой мощности и принятых параметров рыхлителя. Общий подход к расчету скорости агрегата можно распространить на устройства, аналогичные прямоточному роторному рыхлителю.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Резник Н.Е. Теория резания лезвием и основы расчета режущих аппаратов. – М.: Машиностроение, 1975. – 243 с.*

LITERATURA

1. *Reznik N.E. Teoriya rezaniya lezviem i osnovy rascheta rezhushchih apparatov. – M.: Mashinostroenie, 1975. – 243 s.*

CALCULATING THE SPEED OF A STRAIGHT-THROUGH ROTARY RIPPER

Doctor of Engineering ***V.A. Nikolayev***
(Yaroslavl State Technical University)
Contact information: Nikolaev53@inbox.ru

The method for calculating the speed of a straight-through rotary ripper designed to ditching when road constructing is proposed.
Key words: *road, ditch, soil ripping, straight-through rotary ripper, speed.*

Рецензент: канд. техн. наук А.А. Домницкий (ФАУ «РОСДОРНИИ»).
Статья поступила в редакцию: 29.01.2019 г.