

Литература

1. Бойко А.І. Нові конструкції ґрунтообробних та посівних машин / А.І. Бойко, М.О. Свірень, С.І. Шмат, М.М. Ножнов. – К., 2003. – 203 с.
2. Зенин Л.С. Определение затрат энергии на отбрасывание почвы при фрезеровании / Л.С. Зенин, Ф. С. Любимов, Л.П. Шутов [и др.] // Механизация и электрификация социалист. сел. хоз-ва. 1973. – № 4. – С. 53 –54.
3. Исходные требования на базовые машинные технологические операции в растениеводстве – М.: ФГНУ Росинформагротех, 2005. – 270 с. ил.
4. Пат. 83610 UA, МПК А01В33/08 «Плоскорізний плуг підвищеної стріловидності із збільшеною клиновидністю і зносостійкими наплавленнями» / В.В. Непочатенко, О.Б. Мелентьєв, А.В. Войтїк, О.С. Пушка, заявник та власник Уманський національний університет садівництва № u201703326 від 02.01.17.; заявл. 25.09.2016; опубл. 02.01.17.; бюл. №18.

УДК 66.093.66.099

О КРИВОЛИНЕЙНЫХ НАПРАВЛЯЮЩИХ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ РАЗГОННЫХ УСТРОЙСТВ

**Б.Я. Татянченко, к.т.н., доцент, М.Я. Довжик, к.т.н., доцент,
А.Н. Калнагуз**

Сумской национальный аграрный университет, г. Сумы, Украина

Разработка конструкций и проектирование центробежных разгонных устройств связаны с решением двух основных задач, часто требующих противоположных подходов, – это минимизация работы сил трения между рабочим материалом и поверхностью лопаток с целью уменьшения их износа и снижения энергозатрат и обеспечения требуемой скорости частиц на выходе. С этой точки зрения больше возможностей у криволинейных направляющих по сравнению с прямыми лопатками. Если варианты прямых лопастей ограничиваются только их ориентацией относительно центра вращения

ротора, то для криволинейных лопаток имеется еще и возможность изменять радиус кривизны. Из трех видов центробежных разгонных аппаратов роторного типа, которые используются для сообщения скорости газу, жидкости, суспензии и твердым частицам, последние исследованы не столь всесторонне, как остальные, хотя они нашли большое распространение в разных отраслях техники. В литературе встречаются попытки отыскания так называемых оптимальных траекторий, которые решают указанные выше задачи [1]. При этом очень часто вопрос сводится к минимизации времени движения частиц в поле центробежных сил. Это так называемая задача о брахистохроне, решение которой предлагаются как в плоской постановке [2, 3], так и в виде пространственных вариантов [4, 5].

Однако следует отметить, что при движении твердой частицы по вращающемуся криволинейному профилю, изогнутому выпуклостью в направлении вращения (отрицательная кривизна), к нормальной силе, вызываемой кориолисовым ускорением, прибавляется еще и нормальная составляющая центробежной силы инерции. Поэтому главным недостатком таких аппаратов является износ и разрушение разгоняемых частиц, а также истирание рабочих органов (лопаток) вследствие повышенного трения между рабочим телом и лопаткой. В случае, когда направляющая лопасть изогнута в сторону, противоположную направлению вращения ротора (положительная кривизна) имеют место значительные потери скорости частиц на выходе, в то время как именно скорость является определяющим фактором при разгоне твердых частиц.

В данной работе сделана попытка оценить энергетические затраты, связанные с работой сил трения между частицами материала и рабочей поверхностью изогнутой направляющей.

Пусть материальная точка M массой m движется под действием центробежной силы в плоской криволинейной направляющей $y=f(x)$, которая равномерно вращается с угловой скоростью ω .

Дифференциальные уравнения движения несвободной материальной точки в неинерциальной системе координат xOy в форме Эйлера (рис. 1, 2) имеют вид:

$$m \frac{d^2 S}{dt^2} = P_\tau - F; \quad (1)$$

$$\frac{mv^2}{\rho} = P_n + N,$$

где S – дуговая координата, отсчитанная от начала движения (точка A); ρ – радиус кривизны; $P = m\omega^2 r$ – движущая сила, в данном случае центробежная сила инерции; v_r , v_e , v – относительная, переносная и полная скорость точки; P_n и P_τ – нормальная и касательная составляющие силы инерции P ; N – нормальная реакция со стороны направляющей; P_K – кориолисова сила; F – сила трения.

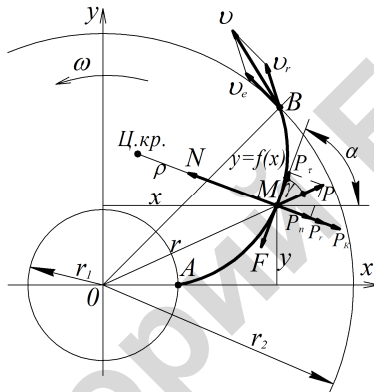


Рисунок 1 – К определению нормальной реакции направляющей с положительной кривизной

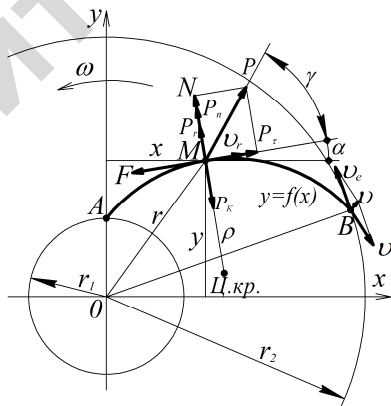


Рисунок 2 – К определению нормальной реакции, направляющей с отрицательной кривизной

Если траектория движения точки является произвольной функцией $y=f(x)$, а радиус-вектор r точки в момент времени t , отсчитываемого от $t_0=0$ в точке A , то с учетом очевидных соотношений

$$P_{\tau} = P \cos \gamma = m\omega^2 \frac{x + yy'}{\sqrt{1 + y'^2}}; P_n = P \sin \gamma = m\omega^2 \frac{y - xy'}{\sqrt{1 + y'^2}}; \quad (2)$$

$$\frac{1}{\rho} = \frac{|y''|}{(1 + y'^2)^{3/2}}; P_K = 2m\omega v_r$$

из второго уравнения системы (1) получим выражения для реакции N и работы силы трения:

$$A = \int_{r_1}^{r_2} fNdS = fm \int_{r_1}^{r_2} \left[\pm 2\omega v_r + \frac{v_r^2 |y''|}{(1 + y'^2)^{3/2}} \pm \omega^2 \frac{y - xy'}{\sqrt{1 + y'^2}} \right] dS, \quad (3)$$

где f – коэффициент трения между материалом и поверхностью лопатки. Тут $N = P_K \pm P_n \pm P_r$, при этом положительные значения сил принимаются в случае, когда радиус кривизны лопатки положительный (рис. 1).

Из выражения (3) следует, что, независимо от формы кривой $y=f(x)$, в случае отрицательной кривизны лопатки нормальную реакцию можно уменьшить лишь за счет уменьшения радиуса кривизны ρ . Однако это ведет к увеличению угла между переноской скоростью v_e и относительной скоростью v_r на выходе из ротора. Абсолютная скорость v при этом уменьшается, следовательно, ротор не выполняет своего предназначения, т.е. вместо разгона он тормозит материал. При использовании направляющих с противоположной кривизны (рис. 2) резко увеличивается нормальная реакция N , хотя абсолютная скорость на выходе ожидается большой. Затраты энергии при этом также увеличиваются. Кроме этого, возникает опасность заклинивания материала. Условие заклинивания можно получить из очевидного соотношения между движущей силой P_{τ} и силой сопротивления или силой трения:

$$P_{\tau} = m\omega^2 r \cos \gamma \leq f(P_K + P_n + P_r).$$

Учитывая приведенные выше выражения для сил и принимая упрощенные значения относительной скорости $v_r = \omega r$, получим

условие для приблизительной оценки опасности заклинивания в зависимости от радиуса кривизны ρ :

$$\cos\gamma \leq f\left(\frac{r}{\rho} + \sin\gamma + 2\right).$$

Далее, принимая во внимание, что

$$\frac{d^2S}{dt^2} = v_r \frac{dv_r}{dS} = \frac{v_r v_r'}{\sqrt{1+y'^2}},$$

а также с учетом (3) из первого уравнения исходной системы (1) получим уравнение, из которого можно найти относительную скорость v_r , если известна функция кривой $y=f(x)$:

$$v_r v_r' = \omega^2 (x + y y') - f \left[\frac{v_r^2 |y''|}{1 + y'^2} + 2\omega v_r \sqrt{1 + y'^2} - \omega^2 (y - x y') \right].$$

Таким образом, криволинейные направляющие любой формы не позволяют ощутимо снизить силы трения или не обеспечивают необходимую абсолютную скорость частиц из твердого материала на выходе из ротора, что не соответствует назначению этих машин. Следовательно, необходимо уменьшать кривизну направляющих или обратиться к варианту прямых лопастей.

Литература

1. Шатохин В.М., Шатохина Н.В. Оптимальные траектории точки, перемещающейся под действием центробежной силы инерции. Харьковский политехнический институт. Статья в журнале «Восточно-европейский журнал передовых технологий». Издательство «Технологический центр», Харьков, том. 4. № 7(58), стр. 9-14. – 2012.

2. Семкив О.М. Исследование движения частицы грунта по лопатке с профилем оптимальной формы в поле центробежных сил инерции / О.М. Семкив, В.М. Шатохин, А.Н. Попова // Міжвідомчий науково технічний збірник “Технічна естетика і дизайн”. – К.: КНУБА. – 2012. – Вип. 11. – С. 165–174.

3. Шатохін В.М. Удосконалення форми лопаті роторного розкидача ґрунту для гасіння лісових пожеж / В.М. Шатохін, О.М. Семків, А.М. Попова. Збірник наукових праць ЛДУ БЖД. – Львів: ЛДУ БЖД. – 2012. – Вип. 21. – С. 188–194.

4. Шатохин В. М. Построение пространственных лопаток грунтометателя с помощью брахистрон для поля центробежных сил инерции / В.М. Шатохин, О.М. Семкив, А.Н. Попова // Энергоефективність в будівництві та архітектурі. – Київ: КНУБА. – 2013. – Вип. 5 – С. 143–152.

5. Гладков С.О. К теории движения шарика по вращающейся брахистохроне с учетом сил трения / С.О. Гладков, С.Б. Богданова // Учен. зап. физ. фак-та Моск. ун-та. – Москва: Московский авиационный институт (Национальный исследовательский университет (МАИ)). – 2017. – Вип. №2.

УДК 631.33.024.2

КОМБИНИРОВАННЫЕ СОШНИКИ: ОБЗОР СУЩЕСТВУЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

Н. П. Гурнович¹, к.т.н., доцент, Д. А. Яновский¹, магистрант,
Г. Н. Портянко¹, к.т.н., доцент, С.Ф. Лойко²

¹УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,

²РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»,
г. Минск, Республика Беларусь

Сошник является рабочим органом сеялки, предназначенным для образования бороздки в почве, направления в нее семян и их заделки. От качества заделки семян в почву в значительной мере зависят их всхожесть и развитие растений. Поэтому сошники должны удовлетворять следующим основным агротехническим требованиям: открывать бороздки одинаково заданной глубины; не выносить нижние слои почвы на поверхность во избежание потери влаги; уплотнять дно бороздок для восстановления капиллярности почвы; не нарушать равномерность потока семян; при посеве семян, корни которых могут быть повреждены туками, образовывать между семенами и удобрениями почвенную прослойку [1].

На данный момент распространены два типа сошников: дисковые и наральниковые. По конструкции дисковые сошники бывают: двухдисковые, двухдисковые узкорядные, двухдисковые со сменными ребордами, однодисковые, однодисковые катки. Наральнико-