

*Гусев А. Ю., аспирант кафедры мобильных энергетических средств и сельскохозяйственных машин им. профессора А. И. Лещанкина,*

*ФГБОУ ВО «МГУ им. Н.П. Огарёва» Институт механики и энергетики*

*Купряшкина В. Н., инженер кафедры основ конструирования механизмов и машин, ФГБОУ ВО «МГУ им. Н.П. Огарёва» Институт механики и энергетики*

*Четверов Н.А., аспирант кафедры мобильных энергетических средств и сельскохозяйственных машин им. профессора А. И. Лещанкина,*

*ФГБОУ ВО «МГУ им. Н.П. Огарёва» Институт механики и энергетики*

*Наумкин Д.А., магистрант кафедры мобильных энергетических средств и сельскохозяйственных машин им. профессора А. И. Лещанкина,*

*ФГБОУ ВО «МГУ им. Н.П. Огарёва» Институт механики и энергетики*

## **ОСОБЕННОСТИ ПРАКТИЧЕСКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МАХОВИЧНОГО АККУМУЛЯТОРА КИНЕТИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ В КОНСТРУКЦИЯХ САМОХОДНЫХ МАЛОГАБАРИТНЫХ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩИХ ФРЕЗ**

**Аннотация:** В статье приводится обоснование использования маховичного аккумулятора кинетической энергии в конструкциях самоходных малогабаритных почвообрабатывающих фрез.

**Ключевые слова:** Почвообрабатывающие фрезы, активные рабочие органы, обработка почвы, маховичный аккумулятор энергии, устойчивость фрезы.

**Annotation:** The article provides a justification for the use of a flywheel accumulator of kinetic energy in the designs of self-propelled small-sized soil-processing mills.

**Keywords:** Tillage cutters, active working bodies, tillage, flywheel energy storage, cutter stability.

Среди большого разнообразия почвообрабатывающих машин, с агро-технической точки зрения, наибольший интерес представляют орудия с активными рабочими органами, в частности почвообрабатывающие фрезы. Кинематические и динамические параметры данных орудий (поступательная скорость машины, окружная скорость на фрезбарабане, диаметр барабана, вращающий момент на приводном валу и т.д.) определяются в зависимости от конструкции машины, режимов работы и свойств почвы (плотность, влажность и т.д.). Из конструктивных признаков на перечисленные выше параметры, наиболее сильное влияние оказывает – тип рабочих органов (ножей) и способы расстановки их на приводном валу фрезы, а из свойств почвы – ее плотность.

Результаты многочисленных исследований показывают, что при работе фрез возникают отрицательные моменты  $T_y$ ,  $T_x$ ,  $T_z$  (рисунок 1) и колебания вращающего момента на приводном валу фрезбарабана  $T_{пр}$ , кроме того, плотность почвы на отдельных участках может изменяться в широких пределах, что усугубляет действия вышеперечисленных, отрицательных факторов. Все это приводит к нестабильности протекания технологического процесса фрезерования почвы. Вследствие этого наблюдаются: нарушение курсовой устойчивости движения фрезы; снижение качества обработки почвы; снижение производительности работы; неравномерная загрузка двигателя; перегрузка элементов привода; повышение утомляемости оператора, работающего с машиной.

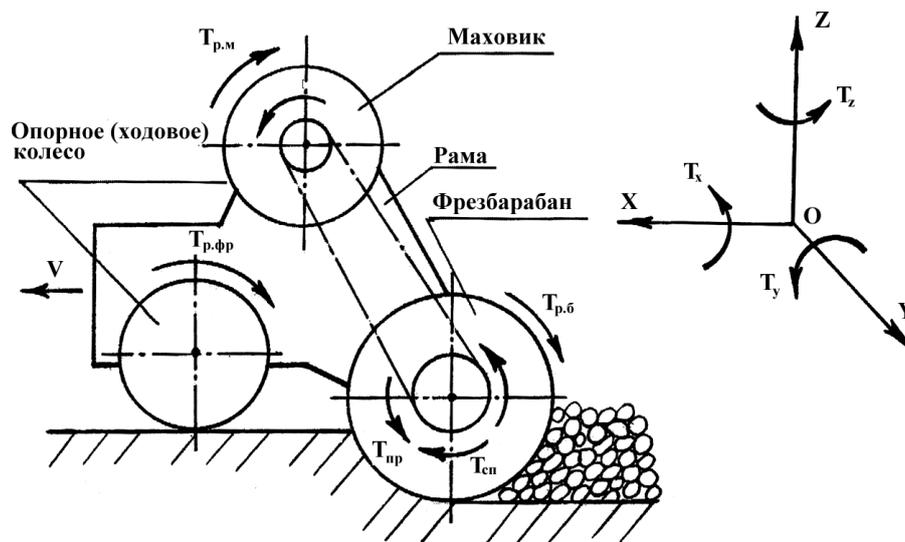


Рисунок 1 – Схема почвообрабатывающей фрезы

Анализируя работу фрез различной ширины захвата, мы пришли к выводу, что фрезы с небольшой шириной захвата (навесные тепличные фрезы, электрофрезы, мотофрезы и т.д.) более склонны к нестабильности процесса фрезерования. Это объясняется тем, что эти почвообрабатывающие машины, имеют меньшую массу, т.е. они менее инертны. Кроме того, небольшая ширина захвата фрезбарабана накладывает ограничения на выбор оптимального расположения рабочих органов на его валу. Также, ограничения на выбор способа расстановки ножей накладывает и центральный привод фрезбарабана, который, как правило, используется в кинематических схемах этих машин. Он требует установки под редуктором рыхлительного ножа, который кроме основного назначения частично выполняет роль пассивного стабилизатора курсовой устойчивости движения фрезы, относительно оси  $OZ$  (ось рыскания) и оси  $OX$  (ось бокового качания – крена).

Для разгрузки двигателя и элементов привода во время кратковременных перегрузок нами предложено установить на раме машины дополнительный двигатель (маховичный аккумулятор энергии), который позволяет аккумулированной энергией сгладить перепады момента  $T_{пр}$  [1; 2; 3; 4]. Аккумулируемая им энергия позволяет стабилизировать работу фрезбарабана почвообрабатывающей машины, а, следовательно, и снизить величину

крутильных колебаний в ее приводе. Кроме того, при разрядке аккумулятора будет возникать реактивный момент  $T_p$ . Действие которого, будет направлено в противоположную сторону вращения маховика, (рисунок 1).

Величина реактивного момента маховика определяется по формуле:

$$T_{pM} = J_M \cdot \varepsilon_M, \quad (1)$$

где  $\varepsilon_M$  - угловое ускорение торможения маховика, рад/с<sup>2</sup>.

При наличии жесткой кинематической связи (цепная или другой вид передачи) между маховиком аккумулятора и фрезбарабаном величина момента  $T_p$  приведенного к оси вращения фрезбарабана будет равна:

$$T_{p.B} = J_M \cdot \varepsilon_M \cdot \eta + J_B \cdot \varepsilon_B, \quad (2)$$

где  $\eta$  - коэффициент полезного действия передачи;

$J_B$  - момент инерции барабана, кг·м<sup>2</sup>;

$\varepsilon_B$  - угловое ускорение торможения фрезбарабана, рад/с<sup>2</sup>.

Действие момента  $T_{p.B}$  направлено в противоположную сторону вращения фрезбарабана.

Маховичный аккумулятор кинетической энергии и фрезбарабан размещены на общей раме почвообрабатывающей фрезы, имеющей, кроме того, как правило, и опорные (ходовые) колеса. Ось которых является осью качания фрезы в продольной плоскости при ее заглоблении или выглоблении относительно почвы.

Величина момента  $T_p$  приведенного к этой оси будет равна:

$$T_{p.фр} = T_{p.B} = J_M \cdot \varepsilon_M \cdot \eta + J_B \cdot \varepsilon_B, \quad (3)$$

При прохождении фрезой уплотненных участков почвы происходит увеличение момента сопротивления ее резанию с одновременным ростом приводного момента на валу фрезбарабана и падением его угловой скорости вращения  $\omega_b$ , а также разрядка аккумулятора кинетической энергии. Кроме этого, будет происходить выглобление фрезбарабана из почвы, что отрицательно сказывается на основных параметрах, характеризующих агротехнические требования обработки почвы — это глубина обработки и высота гребней на дне борозды. Выглобление сопровождается поворотом фрезы относительно оси

вращения опорных колес. Возникающий при торможении фрезбарабана и маховика момент  $T_{р.б.}$  ( $T_{р.фр.}$ ) будет препятствовать этому повороту и, следовательно, нежелательному выглублению фрезбарабана из почвы.

Кроме того, работа маховика сопровождается гироскопическим эффектом, т.е. способностью предохранения от угловых перемещений оси вращения маховика, а именно относительно осей  $OX$ ,  $OY$  при вертикальном расположении оси маховика ( $OZ$ ) и относительно осей  $OX$ ,  $OZ$  и  $OY$ ,  $OZ$  – соответственно при горизонтальном расположении его оси  $OY$  и  $OX$ .

Величина гироскопического момента при вращении маховика определяется формулой:

$$T_z = J_M \cdot \omega_M \cdot \omega_{пр}, \quad (4)$$

где  $J_M$  - момент инерции маховика, кг·м<sup>2</sup>;

$\omega_M$  - угловая скорость вращения маховика, рад/с;

$\omega_{пр}$  - угловая скорость поворота оси маховика, рад/с.

На основании способности аккумулировать энергию и проявлять гироскопический эффект мы предлагаем использовать маховик по двум вариантам:

- в качестве аккумулятора энергии и динамического стабилизатора курсовой устойчивости фрезы;
- в качестве, только, динамического стабилизатора курсовой устойчивости фрезы.

### **Библиографический список:**

1. Пат. 2 105 444 Российская Федерация, МПК А 01 В 33/00; 33/08. Почвообрабатывающая фреза / М.Н. Чаткин, Н.П. Панфилов, В.Ф. Купряшкин; заявитель и патентообладатель Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарева. – № 96109233/13; заявл. 05.05.1996; опубл. 27.02.1998, – 4 с.: ил.
2. Пат. 2000 103 883 Российская Федерация, МПК А 01 В 33/00; 39/22. Почвообрабатывающая фреза / М. Н. Чаткин, В.Ф. Купряшкин, Н.П. Панфилов, Н.И. Наумкин, В.В. Голованов; заявитель и патентообладатель Мордовский

государственный университет им. Н.П. Огарева. – № 2000103883/13; заявл. 16.02.2000; опубл. 20.12.2001, – 4 с.: ил.

3. М.Н. Чаткин, В.Ф.Купряшкин, М.Н.Байчурин. Влияние работы маховика на стабильность работы почвообрабатывающей фрезы. Вестник диссертационного совета Д 063.72.04. Вып.№4, стр.94-95. Изд-во Морд.ГУ им. Н.П. Огарева, 1999г.

4. Джента Дж. Накопление кинетической энергии. Теория и практика современных маховичных систем: Пер. с англ. - М.: Мир, 1988. - 430с.,ил.