

## ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ СПОСОБА ФРЕЗЕРОВАНИЯ НА ЭНЕРГОЕМКОСТЬ ПРОЦЕССА

Семкин Н.И. к.т.н., доц., Колоско Д.Н. к.т.н., доц.

*(Белорусский государственный аграрный технический университет)*

*Представлены результаты теоретического исследования влияния на энергоемкость процесса фрезерования материалов следующих параметров: радиусы фрезерного барабана и штанги, глубина фрезерования, скорости движения штанги и фрезерного барабана и их отношение при встречном и попутном способах фрезерования.*

Проблема снижения энергоемкости процесса фрезерования различных материалов актуальна при проектировании новых технических устройств. Использование методов математического моделирования позволяет оптимизировать проектирование без значительных затрат средств и времени на изготовление и испытания опытных образцов. Процесс отделения материала фрезерными барабанами и фрезами широко применяется в технике и в сельском хозяйстве для фрезерования металлов, измельчения кормов и рыхления почвы.

Фрезерный барабан может перемещаться с помощью качающейся штанги или совершать плоскопараллельное движение. При измельчении кормов применяется фрезерование, как с качающейся штангой, так и с плоскопараллельным движением. При фрезеровании металлов и почвы предпочтение отдается плоскопараллельному перемещению фрезы.

Существуют два способа фрезерования:

1) движение ножей при взаимодействии с материалом совпадает с направлением поступательного движения фрезы;

2) направление движения ножей, срезающих стружку, противоположно направлению поступательного движения фрезы (рис. 1).

По аналогии с обработкой металлов резанием, первый способ называют встречным, второй – попутным фрезерованием [1].

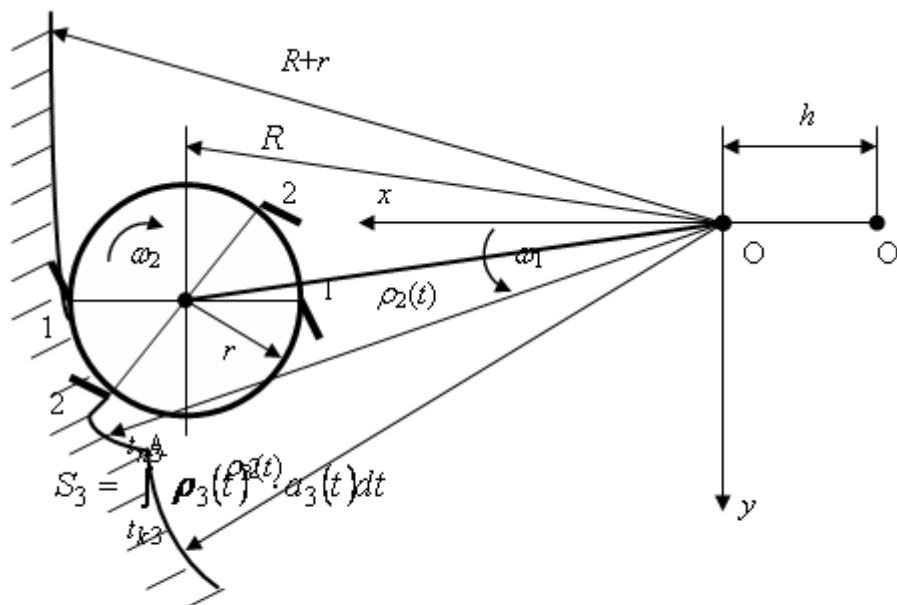


Рис. 1. Расчетная схема для качающейся штанги при попутном фрезеровании

В статьях [2, 3] был исследован процесс резания при встречном способе фрезерования для качающейся штанги и выведены формулы для определения пути резания  $L_c$ , площади стружки, срезаемой одним ножом  $S_c$ . Введено определение показателя эффективности отделения стружки:

$$q_c = \frac{L_c}{S_c}. \quad (1)$$

В статье [4] выполнены те же вычисления при встречном фрезеровании для плоскопараллельного перемещения фрезы.

Рассчитаем показатель  $q_c$  для способа попутного фрезерования, когда направление вращения фрезы не совпадает с направлением ее поступательного движения, т.е. угловая скорость вращения фрезы  $\omega_2$  отрицательна.

Введем понятие коэффициента эффективности фрезерования, как отношение показателя при встречном фрезеровании  $q_{c.в.}$  к показателю при попутном фрезеровании  $q_{c.п.}$ :

$$k = \frac{q_{c.в.}}{q_{c.п.}} \quad (2)$$

Проанализируем влияние на коэффициент  $k$  основных параметров процесса фрезерования: радиусов фрезерного барабана  $r$  и штанги  $R$ , угловых скоростей штанги  $\omega_1$  и фрезерного барабана  $\omega_2$ , глубины фрезерования  $h$  и соотношения скоростей барабана  $v_2$  и перемещения фрезы  $v_1$   $\left( \lambda = \frac{v_2}{v_1} \right)$ , числа ножей на барабане  $z$  и угла поворота штанги  $\varphi_0$ . При фрезеровании таких кормов как силос, сенаж и др. эти параметры изменяются в пределах:

- скорость движения ножей  $v_2 = 20...25 м/с$ ;
- скорость перемещения барабана  $v_1 = 1...5 м/мин$ ;
- радиус барабана  $r = 0,2...0,3 м$ ;
- глубина фрезерования  $h = 0,15...0,25 м$ ;
- радиус штанги  $R = 4...5 м$
- число ножей  $z = 2$ .

Используя выведенные ранее и предложенную в данной работе формулы, проведены расчеты с помощью пакета MathCAD для различных значений перечисленных параметров, и полученные результаты представлены в таблице 1.

Анализ данных таблицы 1 показывает, что изменение угла установки штанги  $\varphi_0$ , радиусов штанги  $R$  и барабана  $r$ , глубины фрезерования  $h$  и числа ножей  $z$  приводит к увеличению коэффициента  $k$  в пределах 0,13...0,217%; и только при изменении скоростей  $v_1$  и  $v_2$ , когда  $\lambda = 300...375$ , значение коэффициента увеличивается на 0,36...0,45%. Чем меньше отношение скоростей  $\lambda$ , тем выше значение коэффициента  $k$ .

Таблица 1. Результаты расчета показателей энергоемкости фрезерования

Исходные данные	Варьируемый фактор	Значения варьируемого фактора	$\lambda = \frac{v_2}{v_1}$	$q_{c.в.}$	$q_{c.п.}$	$k = \frac{q_{c.в.}}{q_{c.п.}}$	Отклонение, %	
Качающаяся штанга								
$R = 5м$ $r = 0,25м$ $v_1 = 2 \frac{м}{мин}$ $v_2 = 25м/с$ $h = 0,25м$ $\varphi_0 = 0^\circ$ $z = 2$	$\varphi_0$	0	750	1490,72	1488,04	1,00181	+0,180	
		50о	750	1717,96	1714,29	1,00181	+0,181	
		+50о	750	1795,39	1791,50	1,00217	+0,217	
	R	5,0 м	750	1490,72	1488,04	1,00181	+0,180	
		2,5 м	750	1479,80	1497,01	1,00189	+0,189	
		7,5 м	750	1494,70	1492,06	1,00177	+0,177	
	r	0,25 м	750	1490,72	1488,04	1,00181	+0,181	
		0,15 м	750	2199,67	2197,22	1,00110	+0,110	
		0,45 м	750	1035,88	1033,45	1,00235	+0,235	
	$v_1$	2,0 м/МИН	750	1490,72	1,0018	1,0018	+0,18	
		0,5 м/МИН	3000	5952,69	1,0005	1,0005	+0,05	
		4,0 м/МИН	375	7470,80	1,0036	1,0036	+0,36	
	$v_2$	25 м/МИН	750	1490,72	1488,04	1,00181	+0,181	
		10 м/МИН	300	598,920	596,24	1,00450	+0,450	
		40 м/МИН	120,2	2385,90	2382,81	1,00130	+0,130	
	h	0,25 м	750	1490,72	1488,04	1,00180	+0,18	
		0,1 м	750	3745,50	3738,57	1,00185	+0,185	
		0,4 м	750	1322,47	1321,05	1,00107	+0,107	
	z	2	750	1490,72	1488,04	1,00181	+0,181	
		4	750	2979,42	2974,33	1,00170	+0,170	
		12	750	8934,17	8918,89	1,00170	+0,170	
	Плоскопараллельное движение							
	$r = 0,25м$ $v_1 = 2м/с$ $v_2 = 10м/с$ $h = 0,1м$ $z = 6$	$v_2$	10 м/с	5	57,285	42,211	1,3571	+35,71
			4 м/с	2	31,139	19,660	1,584	+58,40
20 м/с			10	101,386	86,151	1,1768	+17,68	
$v_1$		2,0 м/с	5	57,285	42,24	1,3571	+35,71	
		0,5 м/с	20	189,841	174,57	1,0874	+8,74	
		4,0 м/с	2,5	35,442	21,54	1,6454	+64,54	
r		0,25 м	5	57,285	42,211	1,357	+35,71	
		0,15 м	5	73,31	55,527	1,320	+32	
		0,4 м	5	46,155	33,730	1,368	+36,8	
h		0,1 м	5	57,285	42,211	1,3571	+37,81	
		0,05 м	5	83,581	61,100	1,3679	+36,79	
		0,25 м	5	36,143	28,597	1,2639	+26,39	
z	6	5	57,285	42,211	1,3571	+35,71		
	2	5	23,071	18,761	1,2297	+22,97		
	12	5	109,286	78,919	1,3848	+38,48		
	18	5	161,355	115,754	1,3939	+39,39		

При фрезеровании почвы режимы фрезерования обосновываются агротехническими требованиями. Например, при подсеве трав глубина фрезерования должна быть  $h = 0,08 м$ , а скорость резания  $v_2 = 8...10 м/с$ , т.к. превышение скорости на  $1 м/с$  приводит к увеличению усилия резания на 20...25% [1]. Поэтому при  $r = 0,25 м$  угловая скорость должна быть равна  $\omega_2 = v_2 / r = 40 рад/с$ . Поступательная скорость фрезы  $v_1$ , подача на один нож  $H$  и количество ножей связаны следующим уравнением:

$$v_1 = \frac{z\omega H}{2\pi}. \quad (3)$$

Приняв значения подачи на один нож  $H$  и количество ножей, можно определить скорость  $v_1$ , или по значениям  $v_1$  и  $H$  можно определить количество ножей.

При фрезеровании почвы, когда параметры изменяются в пределах близких к указанным выше, значение коэффициента  $k$  изменяются в более широких пределах ( $k = 1,08...1,58$ ). Изменения значений радиуса барабана  $r$ , глубины фрезерования  $h$  и числа ножей  $z$  оказывают влияние на изменение коэффициента  $k$  в пределах нескольких процентов. Более всего влияет на коэффициент  $k$  соотношение скоростей  $\lambda$ . Так при  $\lambda = 2$  значение  $k = 1,58$ , а при  $\lambda = 20 - k = 1,09$ .

Анализируя полученные результаты, можно сделать следующие выводы:

1. При фрезеровании кормов изменение параметров измельчения фрезерными барабанами практически не изменяет энергоемкость процесса, независимо от способа фрезерования (встречного или попутного).

2. При фрезеровании почвы, когда соотношение окружной скорости фрезы к ее поступательной скорости имеют небольшие значения, попутное фрезерование на 30...50% эффективнее встречного.

## Список литературы

1. Статистический анализ измельчения дернины фрезой / Нагорский И.С., Азаренко В.В., Клыбик В.К. // Механизация и электрификация сельского хозяйства: Межвед. тем. сб. / РУНИП «ИМСХ НАН Беларуси». – Мн., 2004. – Вып. 38. – С. 249 – 255.

2. Моделирование фрезерного барабана для выгрузки стебельчатых кормов /Нагорский И.С., Семкин Н.И., Романюк В., Колоско Д.Н. // Техника в сельском хозяйстве – Москва, 2002, № 2, С. 3 – 6.

3. Обоснование параметров барабана для выгрузки стебельчатых кормов /Нагорский И.С., Семкин Н.И., Колоско Д.Н. // Современные проблемы сельскохозяйственной механики: Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 90-летию со дня рождения академика М.Е. Мацепуро/ Минсельхозпрод РБ, Академия аграрных наук РБ, БелНИИМСХ – Минск, 1999, С. 37 – 44.

4. Моделирование фрезерования стебельчатых кормов / Нагорский И.С., Семкин Н.И., Колоско Д.Н. // Перспективные технологии, технические средства для животноводства в XXI веке и проблемы эффективности производства: Сборник научных трудов том 10 часть 2 / Всероссийский научно-исследовательский и проектно-технологический институт механизации животноводства (ГНУ ВНИИМЖ) – Подольск, 2001, С. 141 – 148.

## **Анотація**

### **Оцінка впливу способу фрезерування на енергоємність процесу**

Семкин Н.И., Колосько Д.Н.

*Представлено результати теоретичного дослідження впливу на енергоємність процесу фрезерування матеріалів наступних параметрів: радіуси фрезерного барабана і штанги, глибина фрезерування, швидкості руху штанги і фрезерного барабана і їх відношення при зустрічному і попутному способах фрезерування.*

## **Abstract**

### **Estimation of influence of the way of milling on power consumption of process**

N.Semkin, D.Kolosko

*Results of theoretical research of influence on power consumption of process of milling of materials of following parameters are presented: radiuses of a milling drum and a bar, depth of milling, speed of movement of a bar both a milling drum and their relation at counter and passing ways of milling.*