

УДК 631.3.022

ВЛИЯНИЕ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЯ ТОЛСТОСТЕБЕЛЬНЫХ КУЛЬТУР НА МОЩНОСТЬ

А.К. ФОКЕЕВ

(Рубцовский индустриальный институт (филиал Алтайского государственного технического университета им. И.И. Ползунова)),

И.А. БУДАШОВ

(Рубцовский проектно-конструкторский технологический институт)

Приведена конструктивная схема ротационно-дискового измельчающего аппарата, предназначенного для измельчения толстостебельных культур. Предложены формулы для вычисления потребляемой энергии при подпорном и бесподпорном измельчении.

Ключевые слова: мощность, измельчение, толстостебельные культуры, ножи.

Введение. Анализ существующих ротационно-дисковых измельчителей и их элементов показал многообразие конструкций, обладающих большим количеством достоинств, но и рядом недостатков. Первый этап работы позволил определить, что ротационно-дисковый измельчитель должен быть:

- с шарнирно подвешенными ножами, способными при перегрузках отклоняться от радиального положения;
- с гребнеобразным ножом-рассекателем;
- с формой ножа, исключающей случайный выход материала из зоны резания и обеспечивающей затягивание стеблей в эту зону;
- с механизмом, ускоряющим возврат державки с ножом в рабочее положение.

Исследование дискового измельчающего аппарата. Аппарат (рис.1) состоит из диска 1, установленного на вертикальном валу 2. На корпусе установлены упругие буферы 3 и зафиксированы державки 4. Ножи 5 крепятся посредством прижатия их к державке 4 втулкой, имеющей конусообразный бурт. Пружина 6, соединяющая державки, ускоряет их возврат в рабочее положение. Под зоной действия ножей установлен гребнеобразный нож-рассекатель 7.

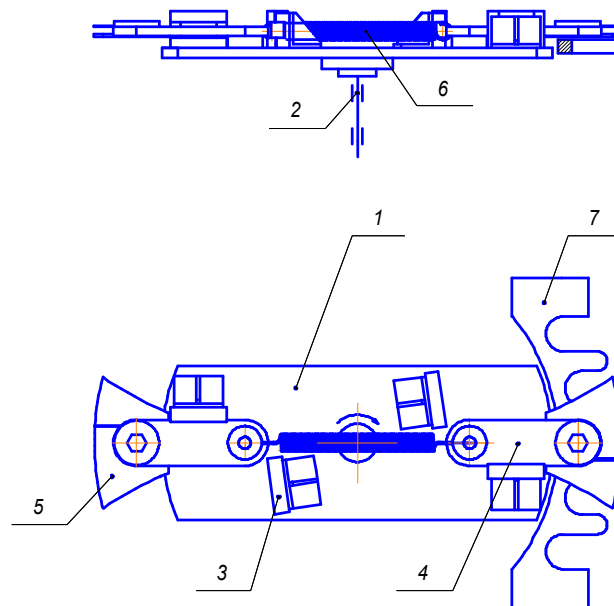


Рис.1. Схема дискового измельчающего аппарата

Затраты энергии, расходуемые измельчителем при работе, изучены недостаточно. Большинство исследований посвящено аппаратам барабанного типа. В связи с этим возникает задача изучения этих затрат для дискового измельчителя.

В процессе решения этой задачи нами были выведены формулы, отражающие зависимость потребляемой мощности резания от основных конструктивных и кинематических параметров измельчителя. Для более детального изучения процесса в аппарате использовали три вида ножей: с прямой формой лезвия, с криволинейной и с криволинейной формой, имеющей насечку.

Потребляемую мощность (Вт) бесподпорного резания для прямого и криволинейного лезвия вычисляют по формуле:

$$N_{рез} = \frac{1, (6) \cdot \delta \cdot s \cdot \sigma_p \cdot H^3 + 0,00078 f \cdot E \cdot \pi \cdot d^4 \cdot \cos[\arctg(k \cdot tg\tau)] \cdot \cos^3 \gamma \cdot K \cdot n \cdot \cos \alpha}{K \cdot n \cdot \cos \alpha \cdot H^3} \times \\ \times r \cdot \cos \tau \cdot \pi \cdot n (1 + k \cdot tg^2 \tau),$$

где δ – толщина (острота) лезвия, м; s – подача, м/с; σ_p – нормальные (контактные) разрушающие напряжения, возникающие в перерезаемом стебле, Н/м²; H – высота резания, м; f – стрела прогиба стебля, м; E – модуль упругости стебля при растяжении, Н/м²; d – диаметр стебля, м; $k=0,325$ – коэффициент пропорциональности [1]; τ – угол скольжения, град.; γ – угол отклонения от вертикали по направлению подачи, град.; K – число ножей; n – число оборотов диска с ножами в минуту; α – угол между кромкой лезвия ножа и направлением подачи стеблей при наиболее нагруженной позиции активной части лезвия, град.; r – радиус-вектор, равный расстоянию от оси вращения вала с ножами до точки приложения критической силы на стебле, м.

Потребляемую мощность (Вт) бесподпорного резания для лезвия с насечкой вычисляют по формуле:

$$N_{рез} = \frac{1,95 \cdot \delta \cdot s \cdot \sigma_p \cdot H^3 + 0,00078 f \cdot E \cdot \pi \cdot d^4 \cdot \cos[\arctg(k \cdot tg\tau)] \cdot \cos^3 \gamma \cdot K \cdot n \cdot \cos \alpha}{K \cdot n \cdot \cos \alpha \cdot H^3} \times \\ \times r \cdot \cos \tau \cdot \pi \cdot n (1 + k \cdot tg^2 \tau).$$

Потребляемую мощность (Вт) подпорного резания для прямого и криволинейного лезвия, вычисляют по формуле:

$$N_{рез} = \frac{1600\delta \cdot s \cdot \sigma_p \cdot a(H+a) + \Theta \cdot E \cdot \pi \cdot d^4 \cdot \cos[\arctg(k \cdot tg\tau)] \cdot \cos^2 \gamma \cdot K \cdot n \cdot \cos \alpha}{480K \cdot n \cdot \cos \alpha \cdot a(H+a)} \times \\ \times r \cdot \cos \tau \cdot \pi \cdot n (1 + k \cdot tg^2 \tau),$$

где a – зазор между подвижным и неподвижным ножом, м; $\Theta=0,001$ – угол поворота стебля в плоскости среза, рад.

Потребляемую мощность (Вт) подпорного резания для лезвия с насечкой вычисляют по формуле:

$$N_{рез} = \frac{1872\delta \cdot s \cdot \sigma_p \cdot a(H+a) + \Theta \cdot E \cdot \pi \cdot d^4 \cdot \cos[\arctg(k \cdot tg\tau)] \cdot \cos^2 \gamma \cdot K \cdot n \cdot \cos \alpha}{480K \cdot n \cdot \cos \alpha \cdot a(H+a)} \times \\ \times r \cdot \cos \tau \cdot \pi \cdot n (1 + k \cdot tg^2 \tau).$$

Целью нашего исследования является получение математического описания процесса измельчения лезвием, то есть получение зависимости между потребляемой мощностью процесса и принятыми независимыми факторами. В качестве математической модели процесса для подсолнечника и кукурузы может быть принята функция:

$$N_{рез} = f(Pr, s, L_n, n, \gamma),$$

для кустарниковой поросли клёна диаметром до 40 мм:

$$N_{\text{рез}} = f(Pr, s, L_n, n, \gamma, d).$$

Результаты выбора факторов для подсолнечника, кукурузы и области их исследования представлены в табл.1.

Таблица 1

Факторы, интервалы и уровни их варьирования в экспериментах по описанию области оптимума для подсолнечника и кукурузы

Факторы	Реальное обозначение факторов	Уровни реального значения факторов			Интервал варьирования факторов, ε	Коды факторов	Уровни кодированного значения факторов		
		нижний	основной	верхний			нижний	основной	верхний
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Принцип среза	Pr	подпорный	–	бесподпорный	–	x_1	–1	–	+1
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Подача, м/с	s	0,4	0,6	0,8	0,2	x_2	–1	0	+1
Форма линии лезвия ножа	L_n	прямая	радиусная	с насечкой	–	x_3	–1	0	+1
Частота вращения диска, мин ^{–1}	n	1200	1400	1500	200	x_4	–1	0	+0,5
Отклонение стебля от вертикали, град.	γ	0	14	28	14	x_5	–1	0	+1

Результаты выбора факторов для измельчения кустарников клёна и области их исследования представлены в табл.2.

Таблица 2

Факторы, интервалы и уровни их варьирования в экспериментах по описанию области оптимума для кустарниковой поросли клёна

Факторы	Реальное обозначение факторов	Уровни реального значения факторов			Интервал варьирования факторов, ε	Коды факторов	Уровни кодированного значения факторов		
		нижний	основной	верхний			нижний	основной	верхний
Принцип среза	Pr	подпорный	–	бесподпорный	–	x_1	–1	–	+1
Подача, м/с	s	0,4	0,6	0,8	0,2	x_2	–1	0	+1
Форма линии лезвия ножа	L_n	прямая	радиусная	с насечкой	–	x_3	–1	0	+1
Частота вращения диска, мин ^{–1}	n	1200	1400	1500	200	x_4	–1	0	+0,5
Отклонение стебля от вертикали, град.	γ	0	14	28	14	x_5	–1	0	+1
Диаметр стебля, мм	d	20	30	40	10	x_6	–1	0	+1

Оптимизацию параметров ротационно-дискового измельчающего аппарата проводили методом планирования эксперимента. Для отыскания оптимального сочетания выделенных факторов, дающего минимальную величину потребляемой энергии, были проведены полные факторные эксперименты типа 2^5 – для стеблей подсолнечника и кукурузы и 2^6 – для кустарниковой поросли клёна.

Фактор x_6 принят только для кустарника клёна, так как стебли кукурузы диаметром 25 мм и стебли подсолнечника диаметром 23 мм приняты за эталон.

Количество повторностей измерений определяется следующими величинами: доверительная вероятность $\alpha = 0,95$; допустимая ошибка измерений, выраженная в долях среднеквадратического отклонения σ равна $\varepsilon = \pm 3\sigma$. В зависимости от выбранных значений количество повторностей опытов будет равно 3 [6].

Перед проведением основных опытов нужно убедиться, что опыты воспроизводимы. Для каждой серии параллельных опытов вычисляется среднее арифметическое значение функции отклика:

$$\bar{y}_u = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m y'_{iu}, \quad (u=1, 2, \dots, N),$$

где m – число повторностей (число измерений).

Затем вычисляется оценка дисперсии для каждой серии параллельных опытов:

$$\sigma_i^2 = \frac{1}{m-1} \sum_{i=1}^m (y'_{iu} - \bar{y}_u)^2.$$

Дисперсионный анализ экспериментальных данных можно проводить при условии однородности дисперсии опытов. Так как число опытов в каждой строке плана одинаково, то для проверки гипотезы об однородности применен критерий Кохрена.

Для проверки воспроизводимости опытов найдём отношение наибольшей из дисперсий к сумме всех дисперсий [3]:

$$G_{on} = \frac{\sigma_{i \max}^2}{\sum_{i=1}^N \sigma_i^2},$$

где G_{on} – расчётное значение критерия Кохрена.

Для нахождения табличного значения Кохрена G задаёмся доверительной вероятностью, с которой принимается гипотеза о воспроизводимости опытов $P = 0,95$ [7].

Табличное значение критерия Кохрена G для стеблей кукурузы и подсолнечника при $N=32$ и $f=2$ оказалось равным 0,18892, а для кустарниковой поросли клёна при $N=41$ и $f=2$ равным 0,2338 [3].

Основные результаты расчета воспроизводимости опытов приведены в табл.3.

Таблица 3

Проверка однородности дисперсий

Выходной параметр	$S_{y \max}^2$	G_{on}	$G_{таб}$	Однородность дисперсии
Критерий оптимизации:				
y_1	0,04	0,0802	0,1889	да
y_2	0,04	0,0847	0,1889	да
y_3	0,04	0,0786	0,2338	да

Результаты проверки значимости коэффициентов регрессии с учётом дисперсий параметров сведены в табл.4.

Таблица 4

Расчёт доверительного интервала

Выходной параметр	S_{b_i}	$\pm \Delta b_i$
Критерий оптимизации:		
y_1	0,016	0,0314
y_2	0,015	0,0298
y_3	0,012	0,0243

Для проверки адекватности представления результатов эксперимента полиномом первой степени определяли расчётное значение критерия Фишера [2]. Результаты проверки адекватности моделей для всех параметров y_1 , y_2 и y_3 приведены в табл.5.

Таблица 5

Проверка адекватности линейного приближения

Выходной параметр	S_{LF}^2	S_y^2	$F_{рас}$	$F_{таб}$	Подтверждение адекватности
Критерий оптимизации:					
y_1	0,0266	0,016	1,6618	1,7	нет
y_2	0,0231	0,015	1,5376	1,7	нет
y_3	0,0185	0,012	1,5407	1,56	нет

Адекватность линейной модели также проверялась по гипотезе о равенстве нулю (нуль-гипотезе) [3] суммы коэффициентов при квадратичных членах. Результаты адекватности с проверкой по критерию Стьюдента (t -критерию) показаны в табл.6.

Таблица 6

Проверка адекватности модели по нуль-гипотезе

Выходной параметр	$t_{рас}$	$t_{таб}$	Адекватность линейной модели
Критерий оптимизации:			
y_1	1,9989	2,001	да
y_2	1,9991	2,001	да
y_3	2,005	2,007	да

После проведения испытаний, обработки полученных данных и перехода от кодированных значений к натуральным нами получены следующие математические модели:

– для подсолнечника

$$N_{pez} = -8,853 + 0,888Pr + 22,807s + 0,397L_n + 0,006655n - 0,05385714\gamma + 0,78 \times Pr \times s - 0,144Pr \times L_n - 0,000625Pr \times n + 0,28L_n \times s - 0,01485s \times n + 0,0425s \times \gamma - 0,00019L_n \times n + 0,0001357n \times \gamma;$$

– для кукурузы

$$N_{pez} = 0,638 + 0,755Pr + 5,875s + 0,224L_n - 0,000135n - 0,04828571\gamma + 0,69 \times Pr \times s - 0,113 \times Pr \times L_n - 0,000545Pr \times n + 0,19L_n \times s - 0,0029s \times n + 0,03571429s \times \gamma - 0,00017L_n \times n + 0,00001214n \times \gamma;$$

– для кустарниковой поросли клёна

$$N_{pez} = 64,079 - 27,752Pr - 0,035s + 3,037L_n - 0,02288n - 0,26221429\gamma - 0,2064d - 3,195 \times Pr \times s - 0,849Pr \times L_n + 0,003575Pr \times n + 0,05435714Pr \times \gamma + 0,6332Pr \times d + 2,49L_n \times s - 0,001775s \times n + 0,04535714s \times \gamma + 0,0465s \times d - 0,003425L_n \times n + 0,00764286L_n \times \gamma + 0,0098L_n \times d + 0,00001464n \times \gamma + 0,000538n \times d + 0,00557143\gamma \times d.$$

После отсеивания малозначущих факторов исследования по описанию поверхности отклика были продолжены методом крутого восхождения (методом Бокса – Уилсона). В соответствии с этим методом нужно определить фактор, наиболее сильно влияющий на критерий оптимизации: единичный шаг λ_c ; расчет произведения коэффициентов регрессии b_i и интервала варьирования фактора ε_i . Шаг фактора λ_i вычисляют по формуле [4]:

$$\lambda_i = \frac{b_i \varepsilon_i}{b_c \varepsilon_c} \lambda_c,$$

где b_c, ε_c – соответственно коэффициент и интервал варьирования «сильного фактора».

Программу крутого восхождения проводим в два потока. Сначала делаем опыты для стеблей подсолнечника и кукурузы, так как алгоритм изменения коэффициентов регрессии у них тождественен, а затем для кустарниковой поросли клёна.

В соответствии с этим методом и соображениями, ранее изложенными, в качестве единичного шага для стеблей подсолнечника и кукурузы было выбрано изменение величины частоты вращения диска (фактор x_4) на 100 м/с. Проведённые ранее эксперименты показали, что принцип среза (фактор x_1) в данном случае нужно зафиксировать как подпорный. Величина единичного шага по другим факторам принималась пропорциональной величине принятого шага фактора x_4 . Так как определялись параметры области оптимума, соответствующие минимальной величине потребляемой энергии, затрачиваемой на резание, то шаговый процесс движения осуществлялся со знаками, соответствующими знакам, заменёнными на обратные. Результаты крутого восхождения приведены в табл.7.

Таблица 7

Программа крутого восхождения по определению минимальной потребляемой энергии экспериментального измельчающего аппарата ротационно-дискового типа при резании стеблей подсолнечника и кукурузы

Обозначение	Подача, м/с	Форма линии лезвия ножа	Частота вращения диска, об/мин	Отклонение стебля от вертикали, град.	Критерии оптимизации, кВт	
	x_2	x_3	x_4	x_5	y_1	y_2
Верхний уровень (+1)	0,8	с насечкой	1500	28		
Основной уровень (0)	0,6	радиусная	1400	14		
Нижний уровень (-1)	0,4	прямая	1200	0		
Коэффициент регрессии b_i подсолнечника	+0,556	+0,131	-0,413	-0,131		
Коэффициент регрессии b_i кукурузы	+0,463	+0,1	-0,341	-0,138		
Интервал варьирования факторов ε	0,2	-	200	14		
Шаг, соответствующий изменению x_4 на 100 об/мин	+0,1	-	-100	-2,2 – для подсолнечника -2,8 – для кукурузы		
Округлённый шаг	+0,1	-	-100	-2		
Опыт по программе крутого восхождения:						
33	0,6	радиусная	1400	14	1,2	1,2
34	0,5	прямая	1500	16	1	1
35	0,4	прямая	1500	18	0,8	0,8
36	0,4	прямая	1500	20	0,8	0,8
37	0,4	прямая	1500	22	0,8	0,8
38	0,4	прямая	1500	24	0,8	0,8
39	0,4	прямая	1500	26	0,8	0,8
40	0,4	прямая	1500	28	0,8	0,8
41	0,4	прямая	1300	28	0,8	0,8
42	0,4	радиусная	1200	28	0,8	0,8

Фактор x_4 при реализации второго шага достиг величины, увеличение которой нецелесообразно по рекомендации работы [5], поэтому величина его была зафиксирована и в дальнейших опытах оставалась на оптимальном уровне, соответствующем 1500 об/мин. Фактор x_2 при реализации третьего шага достиг величины, уменьшение которой оказалось экономически нецелесообразным, поэтому величина его была зафиксирована и в дальнейших опытах оставалась на оптимальном уровне, соответствующем наименьшей подаче 0,4 м/с. При достижении восьмого шага фактор x_5 достиг оптимальной величины и был зафиксирован на величине 28°. На этом шаге было принято решение уменьшать частоту вращения диска, так как величина критерия оптимизации одного из проведённых ранее опытов методом планирования эксперимента при $n=1200$ мин⁻¹ меньше, чем на предыдущих шагах крутого восхождения. На десятом шаге фактор x_3 рассмотрен на основном уровне, так как здесь есть вероятность нахождения области оптимума.

Теперь рассмотрим крутое восхождение для кустарниковой поросли клёна. В качестве единичного шага для поросли клёна было выбрано изменение диаметра стебля (фактор x_6) на 5 мм. Проведённые ранее эксперименты показали, что принцип среза (фактор x_1) в данном случае нужно зафиксировать как бесподпорный. Величина единичного шага по другим факторам принималась пропорциональной величине принятого шага фактора x_6 . Так как определялись параметры области оптимума, соответствующие минимальной величине потребляемой энергии, затрачиваемой на резание, то шаговый процесс движения осуществлялся со знаками, соответствующими знакам, заменёнными на обратные. Результаты крутого восхождения приведены в табл.8.

Таблица 8

Программа крутого восхождения по определению минимальной потребляемой энергии экспериментального измельчающего аппарата ротационно-дискового типа при резании кустарниковой поросли клёна

Обозначение	Подача, м/с	Форма линии лезвия ножа	Частота вращения диска, об/мин	Отклонение стебля от вертикали, град.	Диаметр стебля, мм	Критерий оптимизации, кВт
	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	y_3
Верхний уровень	0,8	с насечкой	1500	28	40	
Основной уровень (0)	0,6	радиусная	1400	14	30	
Нижний уровень (-1)	0,4	прямая	1200	0	20	
Коэффициент регрессии b_i	-0,098	+0,137	-1,52	-0,063	-6,527	
Интервал варьирования факторов, ε	0,2	–	200	14	10	
Шаг, соответствующий изменению x_6 на 5 мм	-0,001	–	-23,3	-0,07	-5	
Округлённый шаг	-0,1	–	-100	-2	-5	
Опыт по программе крутого восхождения:						
65	0,6	радиусная	1400	14	30	2,8
66	0,7	прямая	1500	16	30	2,8
67	0,8	прямая	1500	18	30	3,2
68	0,8	прямая	1500	20	30	3
69	0,8	прямая	1500	22	30	3
70	0,5	прямая	1300	24	30	2,6
71	0,4	прямая	1200	26	30	2,2
72	0,4	прямая	1200	28	30	2,2
73	0,4	радиусная	1200	28	30	2,2
74	0,4	прямая	1200	28	35	2,2
75	0,4	прямая	1200	28	40	2,8
76	0,4	прямая	1200	28	25	1,8

При реализации крутого восхождения с первого по девятый шаг фактор x_6 было решено оставить на основном уровне, так как интерес вызывает не только оптимизация потребляемой энергии в интервале диаметров, но и для каждого диаметра в отдельности тоже. На шестом шаге значения факторов x_2 и x_4 было решено заменить с возрастающих на убывающие, так как отклик одного из проведённых ранее опытов методом планирования эксперимента при $x_2=0,4$ м/с и $x_4=1200$ мин⁻¹ меньше, чем на предыдущих шагах крутого восхождения. На девятом шаге фактор x_3 рассмотрен на основном уровне, так как здесь так же, как и в опытах со стеблями подсолнечника и кукурузы, есть вероятность нахождения области оптимума. На последующих шагах проводились опыты для отыскания оптимума для каждого диаметра с кратностью 5 мм.

Выявлено, что на мощность, затрачиваемую на измельчение резанием подсолнечника и кукурузы при заданных интервалах факторов, основное влияние оказывает подача (рис.2 и 3).

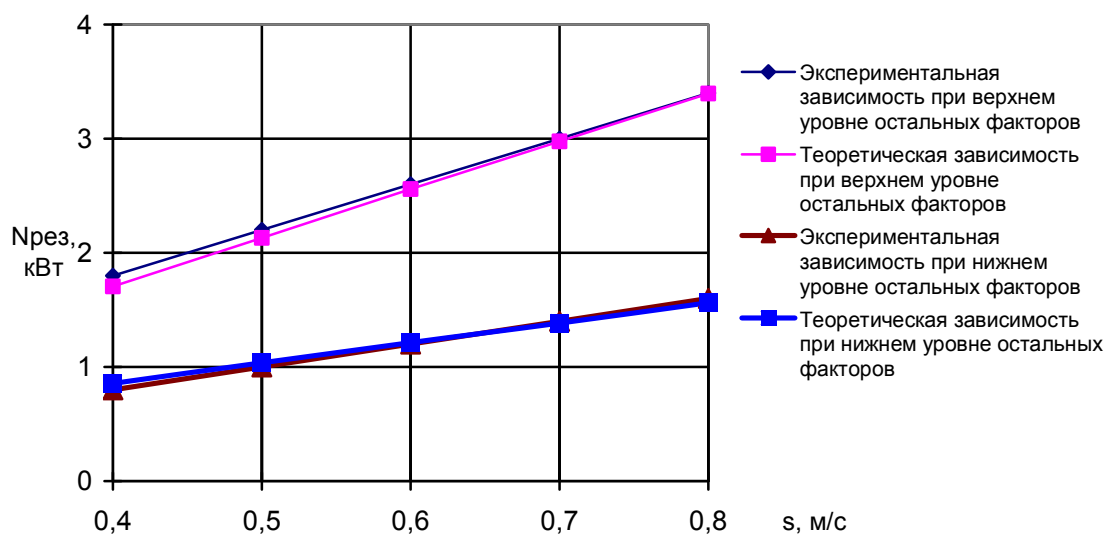


Рис.2. Зависимость потребляемой мощности на резание подсолнечника от подачи режущего аппарата

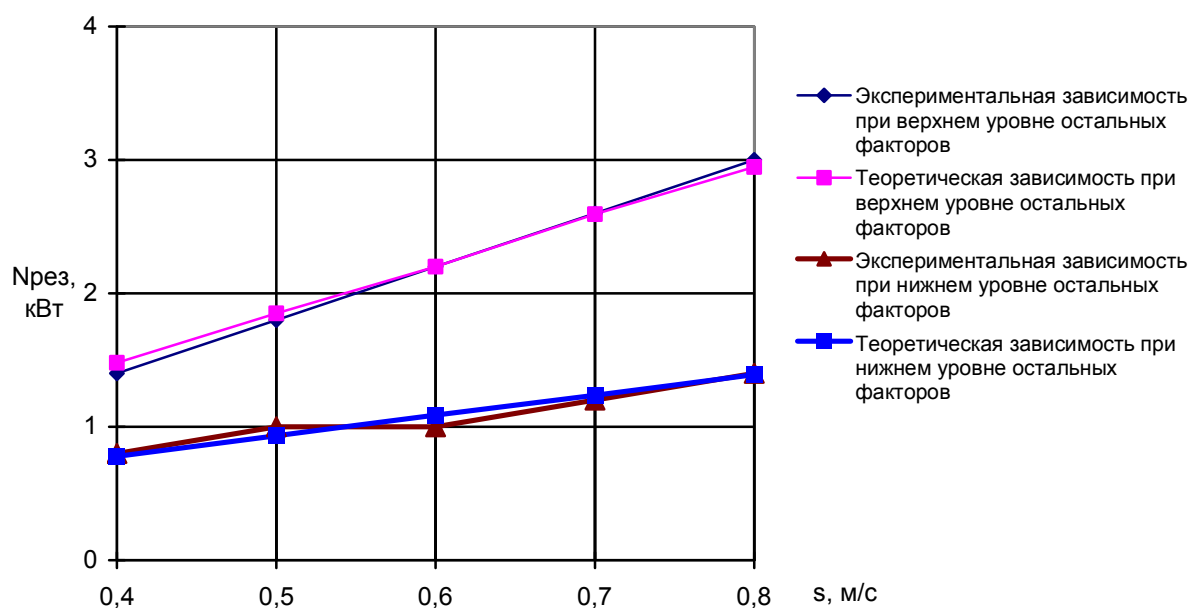


Рис.3. Зависимость потребляемой мощности на резание кукурузы от подачи режущего аппарата

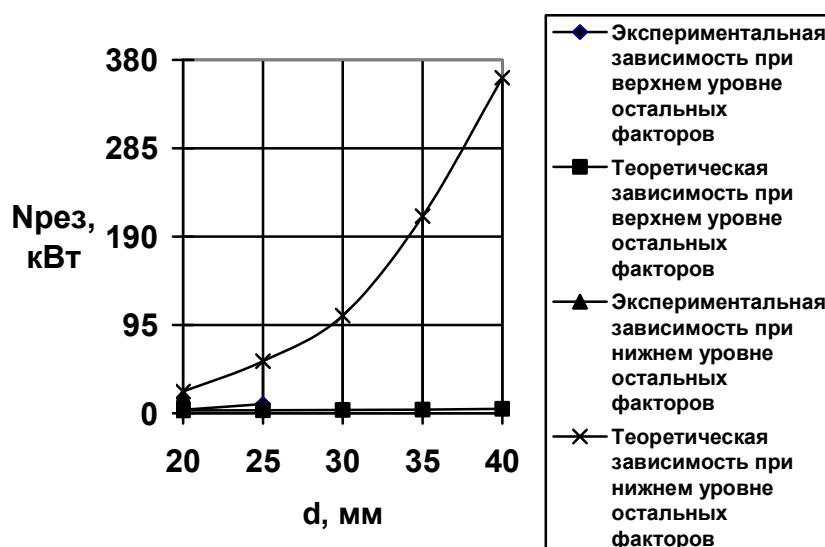


Рис. 4. Зависимость потребляемой мощности на резание кустарниковой поросли клёна от диаметра стебля

Мощность, затрачиваемая на измельчение резанием клёна, главным образом зависит от диаметра стеблей (рис.4). Опыты показали, что измельчение при данной зависимости $N_{рез}=f(d)$ на верхних уровнях остальных факторов произошло только при диаметрах 20 и 25 мм, а на нижних только при диаметре 20 мм, при больших диаметрах измельчитель не смог перерезать стебли.

Выводы. Определены рациональные параметры ротационно-дискового измельчителя толстостебельных культур:

- для подсолнечника и кукурузы (минимальная мощность 0,8 кВт): принцип среза подпорный, подача 0,4 м/с, форма лезвия ножа прямая, частота вращения диска 1200 мин^{-1} , отклонение стебля от вертикали 28° ;
- для клёна (минимальная мощность 1,6 кВт): принцип среза бесподпорный, подача 0,4 м/с, форма лезвия ножа прямая, частота вращения диска 1200 мин^{-1} , отклонение стебля от вертикали 28° , диаметр стебля 20 мм.

С уменьшением подачи, частоты вращения диска, диаметра стеблей и с увеличением отклонения стебля от вертикали расход мощности снижается. Минимальная мощность измельчения получена при прямой форме лезвия ножей, максимальная – при лезвиях с насечкой. Затраты мощности, расходуемые на измельчение рассматриваемых культур, отражаются в следующей последовательности в сторону увеличения: кукуруза, подсолнечник, клён.

Библиографический список

1. Алёшкин В.Р. Механизация животноводства / В.Р. Алёшкин, П.М. Рощин. – М.: Агропромиздат, 1985. – 336 с.
2. Мельников С.В. Механизация и автоматизация животноводческих ферм / С.В. Мельников. – Л.: Колос, 1978. – 560 с.
3. Мельников С.В. Планирование эксперимента в исследованиях сельскохозяйственных процессов / С.В. Мельников, В.Р. Алёшкин, П.М. Рощин. – 2-е изд., перераб. и доп. – Л.: Колос, 1980. – 168 с.
4. Иванцов В.И. Методика экспериментальных исследований и испытаний сельхозмашин: учеб. пособие / В.И. Иванцов / РИСХМ. – Ростов н/Д, 1987. – 83 с.
5. Проценко Г.И. Расчёт измельчающих аппаратов: текст лекций / Г.И. Проценко / РИСХМ. – Ростов н/Д, 1987. – 57 с.

6. Веденяпин Г.В. Общая методика экспериментального исследования и обработки опытных данных / Г.В. Веденяпин, 1973. – 199 с.

7. Адлер Ю.П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий / Ю.П. Адлер, Е.В. Маркова, Ю.В. Грановский. – М.: Наука, 1976.

Материал поступил в редакцию 15.06.2011.

References

1. Alyoshkin V.R. Mexanizaciya zhivotnovodstva / V.R. Alyoshkin, P.M. Roshhin. – M.: Agropromizdat, 1985. – 336 s. – In Russian.

2. Mel'nikov S.V. Mexanizaciya i avtomatizaciya zhivotnovodcheskix ferm / S.V. Mel'nikov. – L.: Kolos, 1978. – 560 s. – In Russian.

3. Mel'nikov S.V. Planirovanie e'ksperimenta v issledovaniyax sel'skoxozyajstvenny'x processov / S.V. Mel'nikov, V.R. Alyoshkin, P.M. Roshhin. – 2-e izd., pererab. i dop. – L.: Kolos, 1980. – 168 s. – In Russian.

4. Ivanczov V.I. Metodika e'ksperimental'ny'x issledovaniy i ispy'tanij sel'xoz mashin: ucheb. posobie / V.I. Ivanczov / RISXM. – Rostov n/D, 1987. – 83 s. – In Russian.

5. Procenko G.I. Raschyot izmel'chayushhix apparatov: tekst lekcij / G.I. Procenko / RISXM. – Rostov n/D, 1987. – 57 s. – In Russian.

6. Vedenyapin G.V. Obshhaya metodika e'ksperimental'nogo issledovaniya i obrabotki opyt'ny'x dannyx / G.V. Vedenyapin, 1973. – 199 s. – In Russian.

7. Adler Yu.P. Planirovanie e'ksperimenta pri poiske optimal'ny'x uslovij / Yu.P. Adler, E.V. Markova, Yu.V. Granovskij. – M.: Nauka, 1976. – In Russian.

INFLUENCE OF CRITICAL PARAMETRES OF THICK-STALK CROP CHOPPER ON POWER

A.K. FOKEYEV

(Rubtsovsk Industrial Institute, branch of I.I. Polzunov Altay State Technical University)

I.A. BUDASHOV

(Rubtsovsk Design-and-Engineering Institute of Technology)

The constructive circuit design of the rotational disk shredder designed to chop thick-stalk crops is presented. Some computational formulas for power consumption in fixed and free shredding are offered.

Keywords: power, crushing, thick-stalk crops, knives.