

нагружении разностронного силового действия на криволинейного движения и нагружения на технологического исполнительного механизма колесного мобильного энергосредства при выполнении технологической операции, которую позволит провести более уточненные расчеты при нагружения на ходовой части при повороте и на исполнительном механизме при технологической операции.

### **Список использованной литературы**

1. Котиев, Г.О. Моделирование прямолинейного движения полноприводной машины по несвязным грунтам // Труды «НАМИ». Сер. Автомобили и двигатели. – 2009. – № 241. – С. 25–29.

2. Котиев, Г.О. Повышение проходимости автомобиля за счет рационального распределения потоков мощности по колесам // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. Машиностроение. – 2009. – Специальный выпуск. – С. 193–201.

3. Горин Г.С. Характеристики динамической системы для расчета поворачиваемости трактора с тяговой нагрузкой // Наука и техника, № 2, 2013. – С. 49–51.

4. Горин, Г.С. Разработка гибридной теории поворота машинно-тракторного агрегата. Кинематика // Изв. нац. акад. наук Беларуси. Сер. аграр. наук. 2012. № 1. – С. 91–107.

5. Полетаев, А.Ф., Ганькин Ю.А., Голованов Г.В. Распределение на повороте нормальных нагрузок на колеса трактора 4 4 со всеми управляемыми и одинакового размера колесами // Тракторы и сельхозмашины. 1973. № 11. – С. 15–17.

6. Сазонов И.С., Ки-Йонг Чой, Ким В.А., Амельченко П.А., Стасилевич А.Г. Математические модели динамики разгона колесного трактора. Вестник Белорусско-Российского университета. 2014. № 4(45). – С. 71–73.

**УДК 631. 22**

**Алижанов Джапбар, доцент,**

**Шавазов Кадиржон Ачилович, канд. техн. наук, доцент,**

**Жуматов Якуббой Каримбоевич, ассистент**

*Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства, г. Ташкент*

### **К ОЦЕНКЕ ЭНЕРГОЕМКОСТИ ПРОЦЕССА РЕЗАНИЯ СТЕБЕЛЬНЫХ КОРМОВ**

**Ключевые слова:** измельчитель, аппарат первичного резания, винтовой нож, аппарат вторичного резания, стержень, стебель, резание, предварительный отгиб, снижение, энергоемкость, оценка.

**Key words:** grinder, primary cutting apparatus, screw knife, secondary cutting apparatus, rod, stem, cutting, preliminary bending, reduction, energy consumption, evaluation.

**Аннотация:** В работе приведены результаты исследований по оценке энергоемкости процесса резания стержня прямоугольного сечения ножом и полученные зависимости изменения силы резания, усилий на ноже при резании предварительно изогнутого стебля на различную величину.

**Abstract:** The paper presents the results of studies evaluating the energy intensity of the process of cutting a rod with straight contours of a knife and changes depending on the cutting force, the forces when cutting a previously curved stem by a different amount.

Резания ножом консольно отогнутого стержня прямоугольного сечения позволяет снизить энергетику процесса [1]. Для оценки энергетику процесса резания прежде всего, оценим максимальную работу резания стержня прямоугольного сечения ножом, движущимся с небольшой скоростью, позволяющей рассматривать процесс как статический (рис.1).

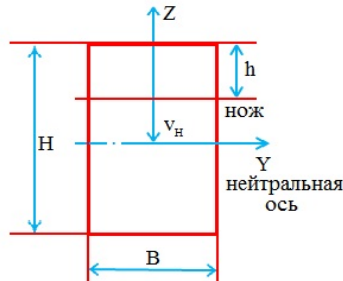


Рисунок 1. К определению максимальной работы резания

В соответствии с [2] примем модуль упругости  $E=3300 \text{ Н/см}^2$  и разрушающее напряжение при растяжении волокна  $Q=1450 \text{ Н/см}^2$ , что соответствует стеблям кукурузы. Приняв  $H=5\text{см}$ ,  $b=4\text{см}$ , толщину лезвия  $Q=100 \text{ мк}$ , получим максимально возможную работу резания:

$$A_{\max} = b \cdot H \cdot \delta \cdot \sigma_{\max} = 2,9 \text{ Дж} \quad (1)$$

Если производить консольный изгиб стержня относительно плоскости среза, то в верхнем волокне возникает напряжение растяжения  $\sigma_p$ , что снижает необходимое для разрушения напряжение на лезвии ножа (рис. 2)

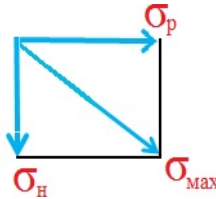


Рисунок 2. К определению напряжения на лезвии ножа  $\sigma_H$  необходимого для разрушения волокна

$$\sigma_H = \sqrt{\sigma_{\max}^2 - \sigma_p^2} \quad (2)$$

Если в начале резания применить предельный отгиб стержня:

$$f_{\max} = \frac{P_{от} \cdot l^3}{3EJ}, \quad (3)$$

где  $P_{от}$  – сила отгиба, приложенная на конце консоли при ее длине  $l$ , которая обеспечивает в наружном волокне напряжение  $\sigma_{\max}$ ;

$E$  – модуль упругости,

$$P_{от} = \frac{\sigma_{\max} \cdot J}{l \cdot z}, \quad (4)$$

ЗДЕСЬ  $z = \frac{H}{2}$  – расстояние от нейтральной оси  $OY$  до наружного волокна;

$J = \frac{bH^3}{12}$  – момент инерции сечения.

Если в процессе резания величину отгиба не менять, т.е. принять  $f_{\max} = \text{const}$ , то из (3) и (4) получим:

$$\sigma_p = \frac{3f_{\max} E z'}{l^2} \quad (5)$$

Здесь,  $z' = \frac{H-h}{2}$ ,  $h$  – величина заглубления лезвия ножа в тело стержня,  $E$  –

модуль упругости одинаковый для растянутого и сжатого волокна.

Из (5) видно, что в случае резания при  $f_{\max} = \text{const}$  растяжение верхнего растянутого волокна меняется линейно от функции величины заглубления ножа  $h$ , и меняется от  $\sigma_p = \sigma_{\max}$  до  $\sigma_p = 0$ . Однако, из (2) видно,

что  $\sigma$  напряжение на лезвии ножа  $\sigma_H$  нелинейно относительно  $h$  и меняется от 0 – в начале процесса резания до  $\sigma_{max}$  – в конце процесса.

Усилие на лезвии ножа равно:

$$P_H = b \cdot \delta \cdot \sigma_H,$$

а работа резания соответственно составляет:

$$A_H = \int_0^H P_H dh. \quad (6)$$

Ниже приводим вычислительное правило, реализуемое на ПВМ в системе MATLAB [3], для исследования влияния отгиба стебля на работу резания:

$$\gg b = 4; H = 5; S_m = 1450; d = 0,01; E = 3300; h = (0:0,5:5); L = 10;$$

$$\gg I = b * (H.^3)/12; \gg P_{0m} = S_m * 2 * I / (L * H);$$

$$\gg F_m = P_{0m} * (L.^3) / (3 * E * I);$$

$$\gg Z1 = (H - h)/2; \gg S_P = 3 * F_m * E * z1 / (L.^2);$$

$$\gg S_n = ((S_m.^2) - (S_P.^2)).^0,5;$$

$$\gg P_p = b * d * S_n; \gg A1 = 0,5 * P_p; \gg sum(A1)ans = 239,5776$$

По данным вычислений получены зависимости изменения силы резания на лезвии ножа в процессе его перемещения с момента соприкосновения со стеблем и до конце резания (рис.3) и показан характер изменения усилия на ноже предварительно изогнутого стебля на различную величину (рис. 4).

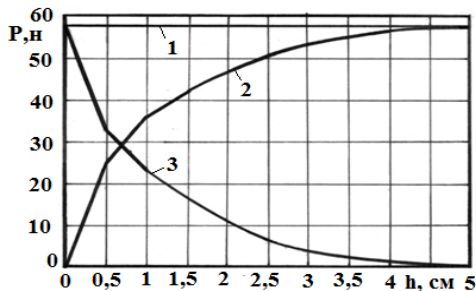
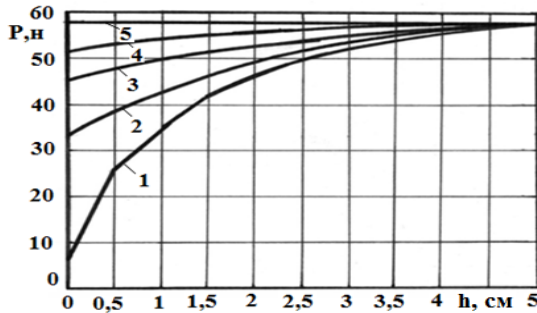


Рисунок 4. Усилия на ноже без отгиба (1), при максимальном отгибе  $f_{max}=5,85$  см в начале резания (2), 3 - характер различия между усилиями (1) и (2)



**Рисунок 5. Усилие на лезвии ножа при различных величинах предварительных отгибов меньших предельного  $f_{max}=5,85$  см:**  
 1 –  $f = 5$  см; 2 –  $f = 4$  см; 3 –  $f = 3$  см; 4 –  $f = 2$  см; 5 –  $f = 0$  см.

На рис. 5 показано изменение силы резания на лезвии ножа в процессе его перемещения с момента соприкосновения со стеблем и до конца резания. В начале резания при максимальном изгибе и  $\sigma_p = \sigma_{max}$  в верхнем волокне стебля усилие на ноже  $P_H = 0$ , а в конце резания напряжение в растянутом волокне  $\sigma_p = 0$  и  $P_H = 58$ Н. Нелинейный характер изменения кривой (2) объясняется снижением напряжения  $\sigma_{max}$ . Прямая (1) характеризует неизменность усилия резания  $P_H = 58$ Н, т.к. для разрушения волокон на лезвии ножа необходимо создать напряжение  $\sigma_{max} = 1450$  Н/см<sup>2</sup>.

На рис.4 показан характер изменения усилия на ноже предварительно изогнутого стебля на различную величину. Видно, что с уменьшением отгиба сила резания на ноже увеличивается, что неизбежно приводит к увеличению соответственно работы резания.

В таблице1 приведены результаты вычислений работы резания  $A$ , напряжения растяжения  $\sigma_p$  верхнего волокна, напряжение на лезвии ножа  $\sigma_H$ , которое необходимо для разрушении волокна. Вычисление проведены для двух случаев: 1 – при резании стебля с начальным отгибом  $f_{max} = const$ , обеспечивающим начальное напряжение  $\sigma_{max}$ , т.е начало резания с усилием на ноже  $P_H = 0$ ; 2 – при резании с отгибом  $f = f_{max} + h$ , т.е отгиб производится вначале на  $f_{max}$ , а затем увеличивается в соответствии с перемещением ножа. В первом случае работа резания  $A_1=239,5776$  Нсм, во втором  $A_2=201,1229$  Нсм, что снижает работу резания по сравнению с рубкой  $A_{max}=290$  Нсм (2,9Дж) на 22,39% и 35,65% соответственно.

Теоретически можно достичь работы резания  $A_H$  стремящейся к нулю, если при каждом положении ножа  $h$  напряжение растянутого волокна  $\sigma_{max} = \sigma_p$ . В этом случае

$$f = \frac{\sigma_{\max} \cdot l^2}{3 \cdot E \cdot z'}$$

где  $z' = \frac{H - h}{2}$  – расстояние от нейтральной оси до максимально растянутого волокна.

В таблице 1 в последней строке указаны результаты  $f$  для каждого шага перемещения ножа. Если из каждого последующего  $f_i$  вычтем значение предыдущего  $f_{i-1}$ , то получим вектор приращения  $\Delta f$ , который и определяет теоретический закон управления для рассматриваемого примера:

$$\Delta f = [0; 0,640; 0,814; 1,066; 1,390; 1,950; 2,93; 4,850; 9,760; 29,230; \infty]$$

**Таблица 1. Результаты вычислений напряжений растяжения волокна  $\sigma_p$ , необходимого напряжения на лезвии ножа для разрушения волокна  $\sigma_{H_1}$ , соответствующего усилия на лезвии ножа  $P_H$  и работы резания  $A$  при делении полного перемещения  $H$  на интервалах 0,5 см**

Положение ножа в процесс резания, см	0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5
Напряжение растяжения волокна $\sigma_{P_1} \cdot 10^3$ , Н/см <sup>2</sup>	1,45	1,305	1,160	1,015	0,830	0,725
Напряжение растяжения волокна $\sigma_{P_2} \cdot 10^3$ , Н/см <sup>2</sup>	1,45	1,416	1,358	1,275	1,092	1,034
Необходимое напряжение на ноже для разрушения волокна $\sigma_{H_1} \cdot 10^3$ , Н/см <sup>2</sup>	0	0,630	0,870	1,030	1,160	1,250
Необходимое напряжение на ноже для разрушения волокна $\sigma_{H_2} \cdot 10^3$ , Н/см <sup>2</sup>	0	0,310	0,510	0,690	0,860	1,010
Усилие на ноже $P_{H_1} \cdot H$	0	25,780	34,800	41,400	46,400	50,230
Усилие на ноже $P_{H_2} \cdot H$	0	12,40	20,40	27,640	34,400	40,640
Работа резания на участке 0,5 см, $A_1 \cdot H \cdot \text{см}$	0	12,64	17,40	20,710	23,200	25,11
Работа резания на участке 0,5 см, $A_2 \cdot H \cdot \text{см}$	0	6,210	10,16	13,810	17,210	20,320
Величина отгиба $f_1$ на каждом шаге перемещения ножа необходимая для получения $\sigma_p = \sigma_{\text{гидр}}$	5,86	6,509	7,323	8,369	9,764	11,717

Положение ножа в процессе резания, см	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0		
Напряжение растяжения волокна $\sigma_{F_1} \cdot 10^3$ , Н/см <sup>2</sup>	0,58	0,435	0,290	0,145	0		
Напряжение растяжения волокна $\sigma_{F_2} \cdot 10^3$ , Н/см <sup>2</sup>	0,877	0,695	0,488	0,256	0		
Необходимое напряжение на ноже для разрушения волокна $\sigma_{H_1} \cdot 10^3$ , Н/см <sup>2</sup>	1,370	1,380	1,480	1,440	1,450		
Необходимое напряжение на ноже для разрушения волокна $\sigma_{H_2} \cdot 10^3$ , Н/см <sup>2</sup>	1,150	1,270	1,360	1,42	1,450		
Усилие на ноже $P_{H_1}, Н$	53,200	55,200	56,200	57,600	58,00		
Усилие на ноже $P_{H_2}, Н$	46,180	50,88	54,600	57,080	58,00		
Работа резания на участке 0,5 см, $A_1, Н \cdot см$	26,57	27,660	28,410	28,850	29,00	$\sum A_1$	
Работа резания на участке 0,5 см, $A_2, Н \cdot см$	23,090	25,450	27,300	28,540	29,00	$\sum A_2$	$=201,1239$
Величина отгиба $f_1$ на каждом шаге перемещения ножа необходимая для получения $\sigma_F = \sigma_{max}$	14,646	19,528	29,292	58,59	$\infty$		

Полная реализация такого управления стрелой отгиба  $f$ , конечно, невозможна. Техническое осуществление управления даже частью  $\Delta f$  сложно. Поэтому полученный результат на конкретном примере имеет скорее теоретическое значение.

Для практической реализации процесса резания стеблей с предварительным отгибом предпочтительно использовать второй способ, который дает наибольшее снижение работы резания. В конструктивном плане упрощается устройство измельчителя с отгибающим регулируемым относительно ножа устройством, что позволит максимально использовать эффект предварительного отгиба для различного типа стеблевого материала.

В настоящей работе не приводится расчет потерь энергии на смятие волокна фаской лезвия ножа из предположения, что разрушаемое волокно мгновенно восстанавливает форму и практического сжатия волокна не происходит.

### Список использованной литературы

1. Алижанов Д., Жуматов Я. Оценка напряженного состояния консолю отогнутого стебля для снижения работы резания. Вестник Турина-

ского политехнического университета в городе Ташкенте. Выпуск 8/2017, С. 48–51.

2. Резник Н.Е. Теория резание лезвием и основы расчёта режущих аппаратов. Москва. Машиностроение, 1975, с. 312.

3. Дьяконов В.П. Справочник по PC MatLAB, Москва, «Наука», 1993/ С. 213.

**УДК 334.7.021 : 338.3**

**Т.В. Каштелян**, *канд. экон. наук, доцент,*

**Е.Р. Штурм**, *студент*

*Учреждение образования «Белорусский государственный технологический университет», г. Минск*

### **ИННОВАЦИОННОЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИ УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ ЭКОНОМИКИ НА ОСНОВЕ ПРОИЗВОДСТВА БИОРАЗЛАГАЕМЫХ ПЛАСТИКОВ**

**Ключевые слова:** устойчивое развитие, мероприятия, биопластики, производство, организация, органическое сырье, инновационный подход

**Key words:** sustainable development, events, bioplastics, production, organization, organic raw materials, innovative approach

**Аннотация:** В статье освещены инновационные подходы к решению проблем устойчивого развития Беларуси на основе организации производства биопластиков.

**Abstract:** The article is devoted innovative approaches to solving the problems of sustainable development of Belarus based on the organization of bioplastics production.

Современная экономика находится в системе влияния глобальных вызовов – потребностей ускоренного реагирования на экологические проблемы. Обеспечение устойчивого развития всего народнохозяйственного комплекса Беларуси, в том числе агро- и лесопромышленного, обеспечивающего базис биоэкономики, видится нами в создании инновационных организационно-экономических условий, способствующих экологизации производств. Это – одна из сложных, но решаемых задач в экономике Беларуси. Одним из важных направлений устойчивого развития нашей страны является разработанная «дорожная карта» показателей [1]. Важным направлением ее практического применения в Беларуси могут стать не только признанные мировым научным сообществом расчеты углеродной