

.....
**«Современные агротехнологии, экологический инжиниринг
и устойчивое развитие»**

AGRITECH-VI 2021
.....

**«ОБОСНОВАНИЕ ПРОФИЛЯ ПЛОСКОРЕЖУЩЕЙ ЛАПЫ С ПОМОЩЬЮ
МЕТОДОВ ВАРИАЦИОННОГО ИСЧИСЛЕНИЯ»**

**Сыромятников Ю.Н., Семенов И.И., Джашеев А-М.С., Тихонов Е.А.,
Ореховская А.А., Мухаметшин И.С., Мирзоева М.Р.**

С применением метода вариационного исчисления поставлена задача определения формы профиля плоскорежущей культиваторной лапы минимального тягового сопротивления. На основании приведенного функционала составлено дифференциальное уравнение Рунца позволяющее находить значение функционала на возможных линейных комбинациях выбранных функций с постоянными коэффициентами, составленными из первых членов последовательности, в результате решения которого получили выражение описывающее искомый профиль рабочего органа. Основной идеей нахождения экстремума функционала являлось определение семейства кривых, обладающих таким свойством, что при вариации функционала для любой из них сохраняются лишь члены, зависящие от вариации концов кривой. Для задач с фиксированными концами это требование выполнено при обращении в нуль первой вариации функционала. Дифференциальное уравнение Рунца позволило определить семейство экстремалей для заданного функционала: искомая кривая принадлежит этому семейству и удовлетворяет граничным условиям поставленной задачи. Определено, что геометрическая форма профиля плоскорежущей лапы с минимальным тяговым сопротивлением при сохранении координат ее граничных точек будет иметь место при форме профиля полученной с использованием численных методов решения дифференциальных уравнений. Такие профили имеют серийные универсальные культиваторные лапы, лапы культиваторов-плоскорезов и других орудий. С применением метода конечных элементов, решена трехмерная задача по обоснованию профиля почвообрабатывающего рабочего органа. Как показали результаты экспериментальных исследований, рабочий орган с обоснованным профилем имеет ниже энергоемкость на 15-35 % в сравнении с традиционными, с одновременным снижением гребнистости поверхности почвы по ширине захвата.



Методы решения

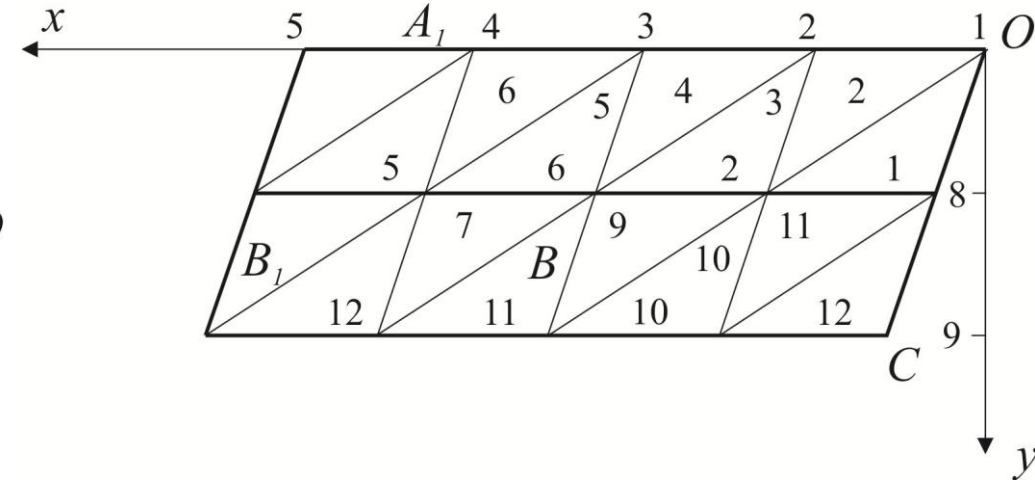
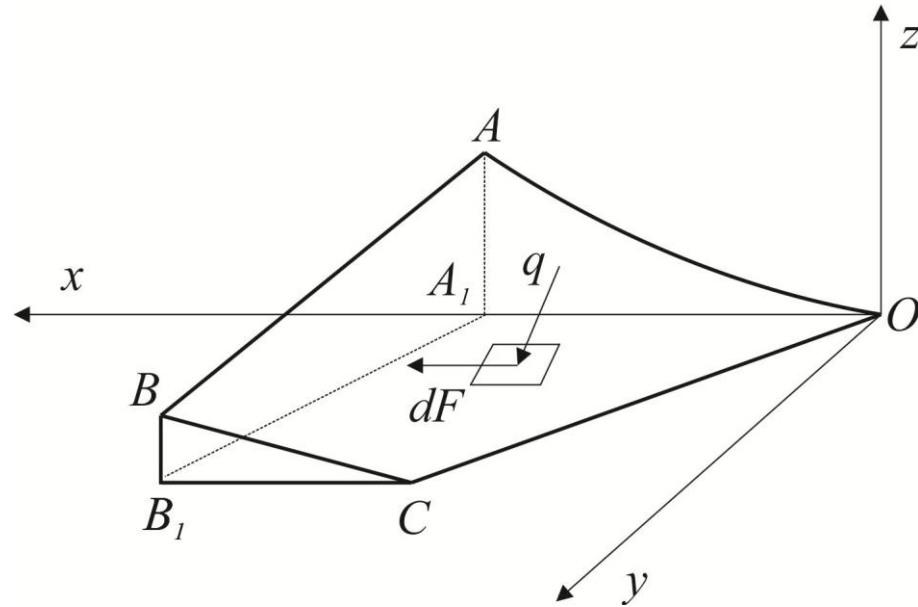


Схема к обоснованию профиля
крыла лемеха плоскорежущей лапы

Проекция поверхности крыла лапы
на плоскость xOy



Методы решения

$$y = (x_A - x) \operatorname{tg} \gamma_2 \quad (1)$$

$$R_x = \int_0^{x_C} \int_0^{x \operatorname{tg} \gamma} (q_x + dF_x) dx dy + \int_{x_C}^{x_B} \int_0^{y_C} (q_x + dF_x) dx dy - \int_{x_A}^{x_B} \int_0^{(x_A + x_B) \operatorname{tg} \gamma} (q_x + dF_x) dx dy \quad (2)$$

$$q_x = b \rho v^2 \left(1 - \frac{z}{H} \right) \frac{z_x'^4}{(1 + z_x'^2)(1 + z_x'^2 + z_y'^2)^{1/2}} \quad (3)$$

$$dF = b f \rho v^2 \cos \theta_2 \left(1 - \frac{z}{H} \right) \frac{z_x'^3}{(1 + z_x'^2)^{3/2}} \quad (4)$$

$$z = \sum_{k=1}^{12} C_k \varphi_k \quad (5)$$

$$\varphi_k = \sum_{j=1}^m \varphi_{k_j}^e \quad (6)$$

Методы решения



$$\varphi_i^{e_0} = \begin{cases} -\frac{1}{2S} [(x - x_j)(y_k - y_j) - (y - y_j)(x_k - x_j)] & \text{для } (x, y) \in e_0; \\ 0 & \text{для } (x, y) \notin e_0; \end{cases}$$

05

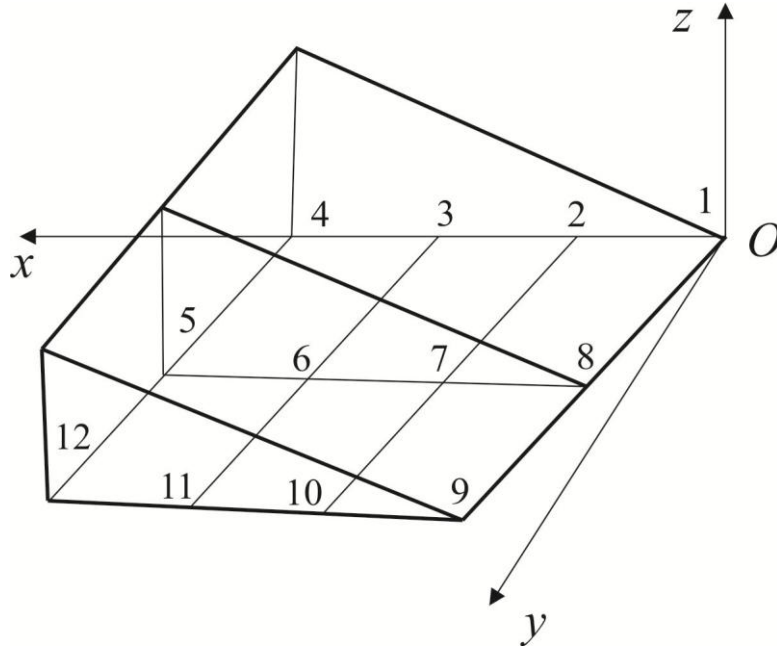
$$\varphi_j^{e_0} = \begin{cases} -\frac{1}{2S} [(x - x_k)(y_i - y_k) - (y - y_k)(x_i - x_k)] & \text{для } (x, y) \in e_0; \\ 0 & \text{для } (x, y) \notin e_0; \end{cases} \quad (7)$$

$$\varphi_k^{e_0} = \begin{cases} -\frac{1}{2S} [(x - x_i)(y_j - y_i) - (y - y_i)(x_j - x_i)] & \text{для } (x, y) \in e_0; \\ 0 & \text{для } (x, y) \notin e_0; \end{cases}$$

$$2S = \begin{vmatrix} 1 & x_i & y_i \\ 1 & x_j & y_j \\ 1 & x_k & y_k \end{vmatrix} \quad (8)$$

$$\frac{\partial R_x}{\partial C_k} = \int_0^{x_C} \int_0^{xtg\gamma} \frac{\partial(q_x + dF_x)}{\partial C_k} dx dy + \int_{x_C}^{x_B} \int_0^{y_C} \frac{\partial(q_x + dF_x)}{\partial C_k} dx dy + \int_{x_B}^{x_A} \int_0^{(x_A-x)tg\gamma_2} \frac{\partial(q_x + dF_x)}{\partial C_i} dx dy \quad (9)$$

Методы решения



Расчетный профиль крыла плоскорежущей лапы



1 - серийная лапа;
2 - плоскорежущая лапа с расчетным профилем крыла

Тяговые сопротивления лап, Н

Повторность	Тип лапы		% к серийному
	серийный	экспериментальный	
1	125,0	89,25	
2	143,0	75,75	
3	152,0	89,25	
4	138,5	89,25	
Среднее	139,6	85,88	61,5

Показатели гребнистости поверхности почвы после прохода серийной и экспериментальной лапы

Методы решения

№ п/п	Серийная стрелчатая лапа (контроль)		Экспериментальная стрелчатая лапа		
	Гребнистость, мм	Среднее значение, мм	Гребнистость, мм	Среднее значение, мм	Отношение к контролю, %
1	27,6	27,84	17,8	17,44	62,6
2	26,3		16,1		
3	27,6		18,8		
4	28,4		17,3		
5	29,3		17,2		

Вид поверхности почвы
после прохода серийной стрелчатой лапы



Вид поверхности почвы
после прохода экспериментального рабочего органа



Выводы

Проведены теоретические исследования по отысканию рационального профиля плоскорежущей лапы в трехмерном пространственном измерении, как показали результаты экспериментальных исследований, рабочий орган с обоснованным профилем имеют ниже энергоемкость на 15-35 % в сравнении с традиционными, с одновременным снижением гребнистости по ширине захвата.

Контакты

Сыромятников Юрий Николаевич

Государственный биотехнологический университет

E-mail: gara176@btu.kharkov.ua

VI МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
КРАСНОЯРСК
18-20 ноября 2021

**«Современные агротехнологии,
экологический инжиниринг
и устойчивое развитие»
AGRITECH-V I 2021**