

## ГРАФОАНАЛИТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЫБОРА ПАРАМЕТРОВ НОЖА ФРЕЗЫ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ ПРОПАШНЫМИ КУЛЬТИВАТОРАМИ

**Валерий Грубий<sup>1</sup>, Елена Ткаченко<sup>1</sup>, Александр Стрельчук<sup>1</sup>, Андрей Борис<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Подольский государственный аграрно-технический университет

Ул. Шевченко, 13, г. Каменец-Подольский, Украина. E-mail: rosyna@i.ua

<sup>2</sup>Национальный научный центр “Институт механизации и электрификации сельского хозяйства”

Ул. Вокзальная, 11, Глеваха, Украина. E-mail: aborys@ukr.net

**Valeriy Grubiy<sup>1</sup>, Elena Tkachenko<sup>1</sup>, Alexander Strel'chuk<sup>1</sup>, Andrei Boris<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Podolsky State Agricultural and Technical University

St. Shevchenko, 13, Kamenets-Podolskiy, Ukraine. E-mail: rosyna@i.ua

<sup>2</sup>National Scientific Centre “Institute for agricultural engineering and electrification”

St. Vokzalna, 11, Glevacha, Ukraine. E-mail: aborys@ukr.net

**Аннотация.** Использование пассивных рабочих органов с малой защитной зоной приводит к сдвигу почвы в зоне роста растения уничтожая ростки сахарной свеклы. Потому необходимо изыскивать такие рабочие органы которые бы разрушили почвенную корку косвенным воздействием при минимальной гибели культурных растений. Такими рабочими органами пропашных культиваторов могут быть рабочие органы фрезерного типа.

Основными факторами в выборе угла установки крыла ножа являются: кинематический параметр ротора, (отношение скоростей вращения ротора к поступательной агрегата), отношение глубины обработки, ширины и толщины крыла к его радиусу, угол заострения ножа и вид заточки (внешняя, наружная). Разработана эквивалентная модель работы фрезы для обработки почвы с жестким креплением ножей где показан эффект уменьшения глубины рыхления фрезы вследствие взаимодействия тыльной стороны крыла ножа на необработанный монолит. Это приводит к нарушению агротехнических требований обработки почвы, что особенно недопустимо при рыхлении на малые глубины. С другой стороны уменьшение угла установки крыла ножа к радиусу ротора фрезы способствует увеличению энергоемкости процесса и увеличению количества отбрасываемой почвы. Составлены транскцендентные уравнения выбора параметров ножа и режимов работы фрезы в зависимости от глубины рыхления почвы.

Проведенные графоаналитические исследования показывают, что параметры ножа фрезы для обработки почвы зависят от глубины ее рыхления. При этом определяющим в выборе угла установки крыла ножа с внешней заточкой для пропашного культиватора является толщина полки крыла ножа, если значения параметров фрезерного барабана заданы конструктивно, а кинематический режим определен на основании других технологических критериев.

**Ключевые слова:** сахарная свекла, глубина обработки, пропашной культиватор, нож фрезы, угол установки полки ножа, угол заточки.

### ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Особенностью выращивания сахарной свеклы в начальный период вегетации на суглинистых почвах Украины есть то, что после интенсивных дождей образуется почвенная корка. Она приводит к изреживанию посевов и естественно к снижению урожая. Почвенную корку можно уничтожить посредством прямого и косвенного воздействия. Прямой контакт рабочих органов уничтожает до 20 % ростков сахарной свеклы. Вместе с тем при высеве на конечную густоту допустимый агротехнический предел составляет до 8 % [1, 20]. Поэтому необходимо изыскивать такие рабочие органы которые бы разрушили почвенную корку косвенным воздействием при минимальной гибели культурных растений. Такими рабочими органами пропашных культиваторов могут быть рабочие органы фрезерного типа. Использование пассивных рабочих органов с малой защитной зоной приводит к сдвигу почвы в зоне роста растения уничтожая ростки сахарной свеклы.

### АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Анализ научно-исследовательских работ показал, что основными факторами в выборе угла установки крыла ножа почвообрабатывающей фрезы являются: кинематический параметр ротора, (отношение скоростей вращения ротора к поступательной агрегата), отношение глубины обработки, ширины и толщины крыла к его радиусу, угол заострения ножа и вид заточки (внешняя, наружная).

Изучению вопросов оптимизации угла установки ножа почвообрабатывающих фрез посвящены работы: Синеокова Г.Н., Панова И.М. [5, 7], Яцука Е.П. [2], Канарева Ф.М. [4], Павлова П.В., Мятшина Ю.И., Гринчука И.М. [6, 11, 14], Зенина Л.С., Сурилова В.С. [3], Листопада Г.Е. [12].

Существует несколько подходов определения угла установки крыла от перечисленных факторов.

В ряде работ [2-3] выбор его производится расчетом по отношению к вектору скорости движения лезвия при учете величины заострения и корректировки глубины обработки. Однако, в большинстве работ [4-7, 11, 15-16] выбор угла установки предлагается вести по ширине крыла Г-образного ножа. Так Канарев Ф.М. приводит значения кинематических режимов без учета толщины, угла заострения крыла, а Матяшин Ю.И. и Гринчук И.М. приводят только поправку на его товщину. Вместе с тем, Панов И.М. [5-6, 17-19] указывает, что для узких крыльев выбор угла установки может производиться без учета его ширины. При этом предельные значения такого угла в литературных источниках отсутствуют.

### ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

При работе почвообрабатывающих фрез с жестким креплением Г-образных ножей наблюдается эффект выглубления фрезы вследствие взаимодействия тыльной стороны крыла ножа на необработанный монолит (рис. 1 а, б). Это приводит к нарушению агротехнических требований обработки почвы, что особенно недопустимо при рыхлении на малые глубины. С другой стороны уменьшение угла установки крыла ножа  $\gamma$  к радиусу ротора фрезы  $R$  способствует увеличению энергоемкости процесса и увеличению количества отбрасываемой почвы [8]. Поэтому необходимо производить оптимальный выбор параметров ножа и режимов работы фрезы в зависимости от глубины рыхления почвы.

### ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

Известно, что угол установки крыла  $\gamma$  (рис.1 б) зависит от его размеров (толщина  $a$  и ширина  $b_k$ ) вида заточки (внутренняя или наружная) и угла заострения лезвия  $\beta$ , а так же величины радиуса ротора  $R$ , глубины обработки почвы  $h$  и кинематического режима  $\lambda$ . Для упрощения теоретических исследований представим линейные параметры  $a$ ,  $b_k$  и  $h$  отношениями к  $R$ . Тогда, с учетом указанных параметров, при оптимизации  $\gamma$  необходимо решить следующую функциональную зависимость:

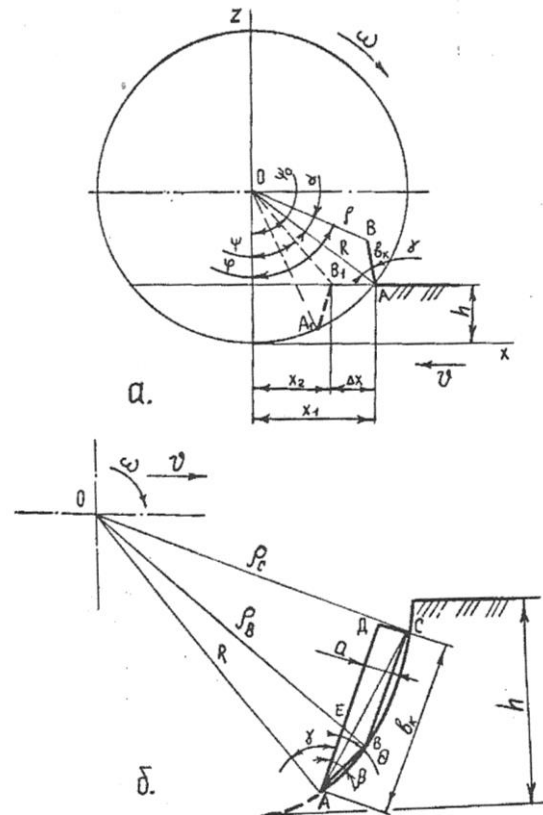
$$\gamma = f(\lambda, \beta, a/R, b_k/R, h/R). \quad (1)$$

Рассматривая процесс движения крыла ножа по трохоиде (рис.1 б) видно, что для плавного внедрения в монолит точка затылочной части В (конец заточки) и С (конец крыла) должна повторять, в идеальном случае, траекторию образованную точкой А (лезвием). При этом практический интерес представляет вопрос, какая из точек В или С становится определяющей в выборе  $\gamma$ , с известными параметрами связи (1).

Сначала для проведения теоретических исследований принимаем некоторые упрощения (рис. 1 а). Разложим сложное движение фрезбарабана на собственно вращательное с угловой скоростью  $\omega$  и поступательную «скорость почвы»  $V_n$ . Крыло ножа представим линией АВ =  $b_k$ , где точка А является его лезвием, а точка В – след движущаяся точка затылочной части (конец скоса при внешней или конец крыла при внутренней заточках). [10-14].

Определим путь  $\Delta x$ , который "пройдет почва" от касания лезвия крыла фрезбарабана радиусом  $R$  в точке А до касания след движущейся точки крыла В радиусом  $\rho$  в точке В при вращении ротора с угловой скоростью  $\omega$ .

$$\Delta x = x_1 - x_2. \quad (2)$$



**Рис. 1.** Схема для расчета угла установки крыла Г-образного ножа: а) упрощенная схема; б) движение крыла по трохоиде

**Fig. 1.** The scheme for calculating the angle of installation of the wing blade cutter: а) simplified scheme; б) wing movement of trochoid

Углы касания почвы точками А и В определяются по зависимостям:

$$\cos \psi_o = \frac{R - h}{R}, \quad (3)$$

и

$$\cos \psi = \frac{R - h}{\rho}, \quad (4)$$

При решении совместно уравнений (3) и (4) радиус:

$$\rho = R \frac{\cos \psi_o}{\cos \psi},$$

с учетом  $x_1 = R \sin \psi_o$  и  $x_2 = \rho \sin \psi$ , получим определяемое "перемещение почвы":

$$\Delta x = R \sin \psi_o - R \cos \psi_o \tan \psi. \quad (5)$$

После упрощения формула (5) примет вид:

$$\Delta x = R \frac{\sin(\psi_o - \psi)}{\cos \psi}.$$

Угол поворота ножа при условии  $t(\psi_o) = 0$  до пересечения уровня почвы вслед движущейся точки В:

$$\varphi = \psi + \alpha t(\psi_o, \psi), \quad (6)$$

где:  $t(\psi_o, \psi)$  – время между пересечением поверхности почвы точкой А и точкой В при вращении фрезбарабана с условием, что почва переместилась с точки А в точку В<sub>1</sub> на расстояние  $\Delta x$ .

Если:

$$t = \frac{\Delta x}{V_n} = \frac{R}{V} \cdot \frac{\sin(\psi_o - \psi)}{\cos \psi},$$

тогда угол поворота ножа:

$$\varphi = \psi + \frac{\omega \cdot R}{V} \cdot \frac{\sin(\psi_o - \psi)}{\cos \psi}. \quad (7)$$

Учитывая, что кинематический режим  $\lambda = \frac{\omega R}{V_n}$ , запишем выражение (7) в виде:

$$\varphi = \psi + \lambda \frac{\sin(\psi_o - \psi)}{\cos \psi}.$$

Из схемы (рис. 1 а) видно, что угол заключенный между радиусами  $R$  и  $\rho$  равняется:

$$\alpha = \varphi - \psi_o = \lambda \frac{\sin(\psi_o - \psi)}{\cos \psi} - (\psi_o - \psi). \quad (8)$$

Используем теорему синусов и определяем угол  $\alpha$  через конструктивные параметры радиуса фрезбарабана  $R$  и ширину крыла  $b_k$ :

$$\sin \alpha = \frac{b_k}{\rho} \sin \gamma = \frac{b_k \cdot \cos \psi}{R \cdot \cos \psi_o} \cdot \sin \gamma,$$

откуда:

$$\alpha = \arcsin \left( \frac{b_k \cdot \cos \psi}{R \cdot \cos \psi_o} \cdot \sin \gamma \right). \quad (9)$$

Решая совместно уравнения (8) и (9) получим значение кинематического режима:

$$\lambda = \frac{\arcsin \left( \frac{b_k \cdot \cos \psi}{R \cdot \cos \psi_o} \cdot \sin \gamma \right) + (\psi_o - \psi)}{\frac{\sin(\psi_o - \psi)}{\cos \psi}}. \quad (10)$$

Кроме того значение углов пересечения почвы концами радиусов  $R$  и  $\rho$  крайних точек А и В можно выразить зависимостями:

$$\psi_o = \arccos \left( 1 - \frac{h}{R} \right), \quad (11)$$

$$\psi = \arccos \left( \frac{R-h}{\rho} \right) = \arccos \left[ \frac{R}{\rho} \left( 1 - \frac{h}{R} \right) \right]. \quad (12)$$

Сделаем обозначение:

$$k = \frac{R}{\rho}, \quad (13)$$

получим:

$$\psi = \arccos \left[ k \left( 1 - \frac{h}{R} \right) \right]. \quad (14)$$

Использував теорему косинусов определим радиус:

$$\rho = \sqrt{R^2 + b_k^2 - 2Rb_k \cos \gamma}. \quad (15)$$

Для дальнейших рассуждений остановимся на выборе вида заточки и угла заострения  $\beta$  крыла ножа. Как считают ряд авторов [2, 4-6]  $\beta$  у фрез принимается в пределах 15–30°, а выбор его меньше указанного предела ведет к быстрому затуплению и выкрошиванию лезвия. В случае с внутренней заточкой, расчет кинематического режима можно выполнить по зависимостям (10)–(15) с последующим определением графически или при помощи таблиц одних параметров, через другие. При этом зависимость (12) представляется в следующем виде:

$$\psi = \arccos \left[ \left( 1 + \frac{b_k^2}{R^2} - 2 \frac{b_k}{R} \cos \gamma \right)^{-1/2} \left( 1 - \frac{h}{R} \right) \right]. \quad (16)$$

Однако следует давать предпочтение ножам с внешней заточкой, так как они в процессе эксплуатации обладают способностью самозатачивания. При внутренней заточке, кроме этого, увеличивается угол резания  $\alpha_p$  на величину угла заточки  $\beta$ , что приводит к увеличению отброса почвы в начальной стадии отрезания стружки.

При наружной заточке вопрос выбора кинематического режима  $\lambda$  и угла установки крыла Г-образного ножа  $\gamma$  усложняется. Как видно из рис. 1 б существует определяющая траекторию движения точка А и две точки В и С, которые не должны пересекать первоначальную траекторию в сторону необработанного монолита.

Принимаем допущения, что толщина крыла  $CD \approx CD' \approx BE \approx a$ .

С  $\Delta ABO$  и  $\Delta ACO$  определим радиусы, которые связывают точки В и С с центром вращения фрезбарабана О по теореме косинусов:

$$\rho_B = \sqrt{R^2 + \frac{a^2}{\sin^2 \beta} - 2R \frac{a}{\sin \beta} \cdot \cos(\gamma + \beta)}, \quad (17)$$

где длина заточки:

$$AB = \frac{a}{\sin \beta}, \quad (18)$$

и

$$\rho_C = \left[ R^2 + b_k^2 + a^2 - 2R \sqrt{b_k^2 + a^2} \times \cos \left( \gamma + \arg \operatorname{tg} \frac{a/R}{b_k/R} \right) \right]^{1/2}. \quad (19)$$

При этом длина диагонали соединяющая лезвие и конец крыла ножа:

$$AC = \sqrt{b_k^2 + a^2}, \quad (20)$$

а угол ДАС образованный внутренней плоскостью с диагональю АС:

$$\theta = \arctg \frac{a}{b_k} = \arctg \frac{a/R}{b_k/R}. \quad (21)$$

После подстановки значений радиусов в зависимость (13) получим для конца заточки (точка В):

$$k_B = \frac{R}{\rho_B} = \left[ 1 + \frac{a^2}{R^2} \cdot \frac{1}{\sin^2 \beta} - 2 \frac{a}{R} \times \right. \\ \left. \times \frac{1}{\sin \beta} \cdot \cos(\gamma + \beta) \right]^{-1/2}, \quad (22)$$

и для конца крыла ножа (точка С):

$$k_c = \frac{R}{\rho_c} = \left\{ 1 + \frac{a^2}{R^2} + \frac{b_k^2}{R^2} - 2\sqrt{\frac{a^2}{R^2} + \frac{b_k^2}{R^2}} \times \right. \\ \left. \times \sin \left[ \gamma + \arctg \left( \frac{a/R}{b_k/R} \right) \right] \right\}^{-\frac{1}{2}}. \quad (23)$$

Если сделать подстановку в трансцендентное уравнение кинематического режима (10) длину заточки (18) и диагональ крыла ножа (20), увеличив, соответственно, углы установки ножей  $\gamma$  на  $\beta$  и  $\theta$  тогда:

$$\lambda_B = \frac{\arcsin \left[ \frac{a}{R} \cdot \frac{\cos \psi}{\cos \psi_o \cdot \sin \beta} \cdot \sin(\gamma + \beta) \right]}{\sin(\psi_o - \psi)} + \frac{\cos \psi}{\sin(\psi_o - \psi)} + \frac{(\psi_o - \psi)}{\cos \psi}. \quad (24)$$

и

$$\lambda_c = \frac{\arcsin \left\{ \sqrt{\frac{a^2}{R^2} + \frac{b_k^2}{R^2}} \cdot \frac{\cos \psi}{\cos \psi_o} \cdot \sin \left[ \gamma + \arctg \left( \frac{a/R}{b_k/R} \right) \right] \right\}}{\sin(\psi_o - \psi)} + \frac{\cos \psi}{\sin(\psi_o - \psi)} + \frac{(\psi_o - \psi)}{\cos \psi}. \quad (25)$$

При подстановке в уравнение (24) зависимостей (11, 14, 22), а в уравнение (25) - (11, 14, 23) можно получить уравнения для определения значений  $\lambda_B$  и  $\lambda_C$  в развернутом виде. Однако так как уравнения будут очень громоздкими, приводить их нет необходимости.

Данные трансцендентные уравнения решались на ЭВМ с помощью программы Matlab R13. Для этого была составлена программа с варьированием всех входящих в уравнения параметров:  $\gamma = 46-70^\circ$ ;

$$\beta = 15-30^\circ; \quad \frac{b_k}{R} = 0,3-0,5; \quad \frac{a}{R} = 0,01-0,05;$$

$$\frac{h}{R} = 0,2-0,5.$$

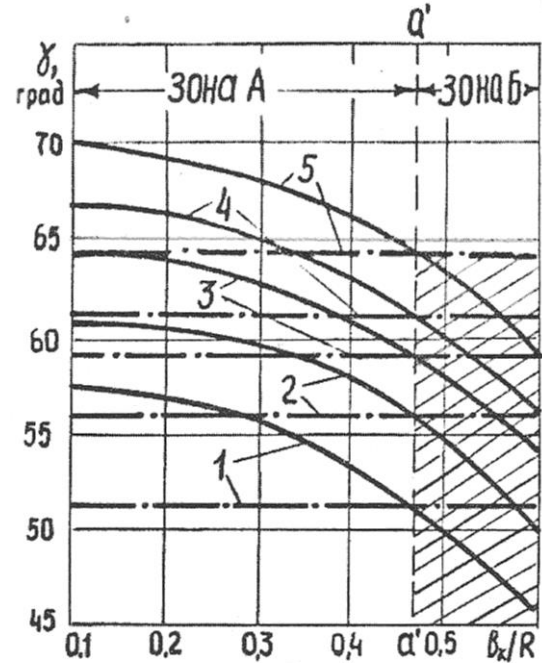
Выбор критического минимального значения кинематического режима работы фрезерного барабана  $\lambda$  следует проводить по максимальной величине  $\lambda_B$  или  $\lambda_C$ , так как в противном случае одна из точек затылочной части крыла ножа В или С (рис. 1 б) будет "снимать" монолит. Исходя из сказанного можно записать условие выбора кинематического режима фрезерного барабана:

$$\begin{cases} \lambda \geq \lambda_B; \\ \lambda \geq \lambda_C; \end{cases} \text{ при } \lambda \rightarrow \min. \quad (26)$$

По результатам решений трансцендентных уравнений (24, 25) на основании условия (26) представим в графической интерпретации.

Графический анализ выбора угла установки крыла ножа  $\gamma$  в зависимости от его ширины  $\frac{b_k}{R}$  (рис. 2) при различных фиксированных значениях  $\lambda_B$ ,

$\lambda_C$  если  $\frac{a}{R} = 0,02$ ,  $\frac{b_k}{R} = 0,03$ . С помощью приведенного графика необходимо ответить на вопрос, какая из точек крыла В или С (рис. 1 б) Г-образного ножа является определяющей в выборе кинематического режима. А определяющей есть точка В угол установки крыла  $\gamma$  которой, при определенном значении  $\frac{b_k}{R}$ , когда  $\lambda_B = \lambda_C$  принимает меньшее значение. Например при  $\frac{b_k}{R} = 0,3$ ,  $\frac{a}{R} = 0,02$ ,  $\beta = 15^\circ$  (рис. 2 а) и если  $\lambda_B = \lambda_C = 2,5$  видно, что угол установки крыла по точке С  $\gamma = 56^\circ$ , по точке В  $\gamma = 51^\circ$ .



**Рис. 2.** Зависимость изменения  $\gamma$  от  $b_k/R$  для  $\beta = 15^\circ$ ,  $a/R = 0,02$  и  $h/R = 0,3$ , при различных значениях  $\lambda$  (штрихпунктирная линия -  $\lambda_B$ , сплошная -  $\lambda_C$ ): линии 1, 2, 3, 4, 5 соответственно равны 2,5; 3; 3,5; 4 и 5

**Fig. 2.** Dependence of change  $\gamma$  of  $b_k/R$  to  $\beta = 15^\circ$ ,  $a/R = 0,02$  and  $h/R = 0,3$ , for various values of  $\lambda$  (dashed line -  $\lambda_B$ , solid -  $\lambda_C$ ): lines 1, 2, 3, 4 and 5 are, respectively, 2.5; 3; 3.5; 4 and 5

Тогда на основании изложенного выше принимаем угол установки крыла  $\gamma = 51^\circ$  по точке В т.е. точке конца заточки крыла (рис. 1 б). Дальнейший анализ рис. 2а свидетельствует, что при увеличении вплоть до  $\frac{b_k}{R} = 0,47$  определяющей в выборе является

толщина крыла  $a$ . И только если  $\frac{b_k}{R} > 0,47$  ( $\beta = 15^\circ$ ) выбор  $\gamma$  следует осуществлять по предельным кинематическим режимам  $\lambda_C$ , т.е. по значениям ширины крыла  $b_k$ . С увеличением угла заточки крыла  $\beta$  предельное значение  $\frac{b_k}{R}$ , по которому производится выбор  $\gamma$  - увеличивается.

На основании графика рис.2 построен график зон определения угла установки крыла  $\gamma$  в зависимо-

сти  $\frac{b_k}{R}$  и  $\beta$  (рис. 3) при  $\frac{a}{R} = 0,02$  и  $\frac{h}{R} = 0,3$ . Если допустить, что точка пересечения принятых параметров  $\frac{b_k}{R}$  и  $\beta$  будет расположена под кривой, тогда выбор  $\gamma$  осуществляется по зависимости  $\lambda_B$  (24), если над кривой – по зависимости  $\lambda_C$  (25).

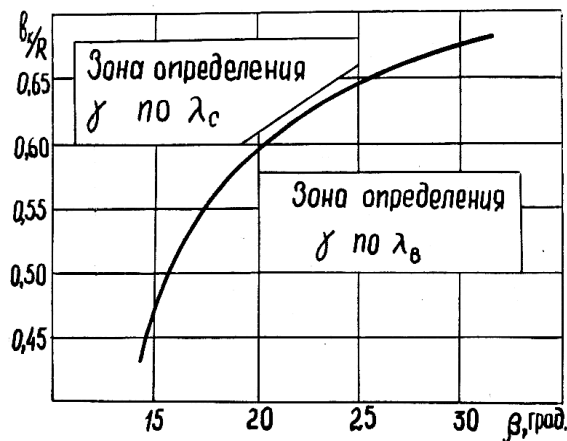


Рис. 3. Зоны определения угла установки крыла ножа  $\gamma$  по  $\lambda_c$  или  $\lambda_B$  зависимости его ширины  $b_k/R$  от угла заострения  $\beta$  при  $h/R = 0,3$  и  $a/R = 0,02$

Fig. 3. Zone determining the installation angle of the wing blade  $\gamma$  of  $\lambda_c$  or its width depending  $\lambda_B$   $b_k/R$  on the angle at the taper  $\beta$   $h/R = 0,3$  and  $a/R = 0,02$

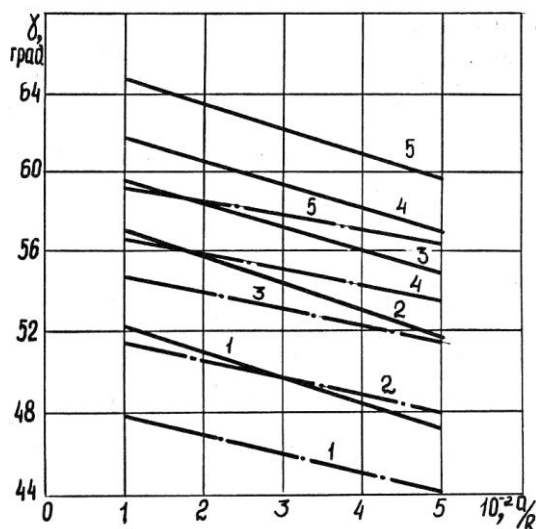


Рис. 4. Зависимость изменения угла установки крыла Г-образного ножа  $\gamma$  от его толщины  $a/R$  при  $h/R = 0,3$  (сплошная линия –  $\beta = 15^\circ$  штрихпунктирная –  $\beta = 20^\circ$ ): 1...5 кинематический режим фрезы  $\lambda$  соответственно равен 2,5; 3; 3,5; 4 и 5

Fig. 4. The dependence of the change in the angle of the wing blade cutter installation of its thickness  $\gamma$   $a/R$  when  $h/R = 0,3$  (solid line –  $\beta = 15^\circ$  dashed –  $\beta = 20^\circ$ ): 1...5 kinematic mode mills respectively  $\lambda$  is 2,5; 3; 3,5; 4 and 5

Однако, так как значения параметров  $\frac{b_k}{R}$ , которые расположены на графике над кривой, в конструкциях фрез с Г-образными ножами пропашных культиваторов не применяются, поэтому выбор  $\gamma$

осуществляется по  $\lambda_B$ . Выбор  $\gamma$  в зависимости от  $\frac{a}{R}$  на рис. 4.

Представляет интерес вопрос изучения зависимости угла установки крыла ножа  $\gamma$  от кинематического режима фрезбарабана  $\lambda$  при изменении глубины обработки почвы  $h$  (рис. 5).

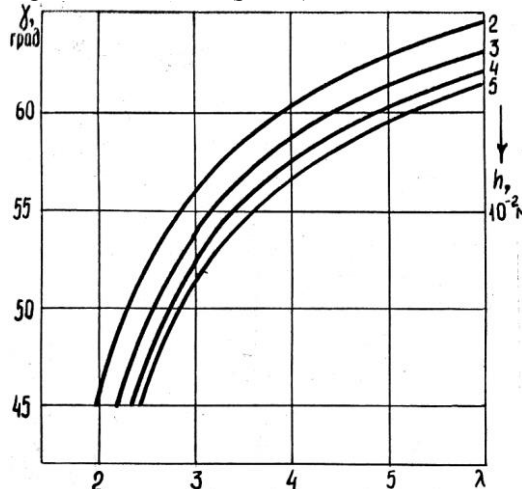


Рис. 5. Зависимость угла установки крыла ножа от кинематического режима фрезбарабана при изменении глубины обработки почвы

Fig. 5. The dependence of the installation angle of the wing blade of the kinematic mode milling drum when the depth of tillage

Как видно из графика, с увеличением  $h$  угол установки  $\gamma$  необходимо уменьшать или увеличивать кинематический режим фрезы  $\lambda$ . В соответствии с агротехническими требованиями для выращивания сахарной свеклы в начальный период вегетации глубина рыхления почвы  $h = 30 \pm 5$  мм. Если ротор имеет параметры отношения толщины крыла ножа к радиусу  $\frac{a}{R} = 0,02$ , угол заострения  $\beta = 15^\circ$  и кинематический режим составляет  $\lambda = 2,5 \dots 2,6$ , тогда угол установки должен быть в пределах  $\gamma = 50 \dots 51^\circ$ .

## ВЫВОДЫ

1. Таким образом, проведенные графоаналитические исследования показывают, что параметры ножа почвообрабатывающей фрезы зависят от глубины рыхления почвы.

2. При этом определяющим в выборе угла установки крыла ножа с внешней заточкой, если значения радиуса фрезерного барабана, угла заточки ножа, кинематического режима заданы конструктивно или определены на основании других технологических критериев, для пропашного культиватора является толщина полки крыла ножа.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Зубенко В., Ронк Н., Иващенко А. 2007. Свекловодство. Проблемы интенсификации и ресурсосохранения: Монография / под общ. ред. акад. УААН и РАСХН, д. с.-х. н, проф. В. Зубенко. – [Второе, доп. издан. на укр. языке]. – К.: НИП ООО «Альфа-стеви́я ЛТД», 496 (Серия «Интенсивное земледелие»). (Украина).

2. **Яцук Е.П. и др. 1971.** Ротационные почвообрабатывающие машины. – М.: Машиностроение. 255.
3. **Сурилов В.С. 1965.** Исследование энергоёмкости работы и обоснование некоторых параметров фрезерного пропашного культиватора: Дис.к.т.н., – Новосибирск, 190.
4. **Канарев Ф.М. 1983.** Ротационные почвообрабатывающие машины и орудия. – М.: Машиностроение. 144.
5. **Синекоков Г.Н., Панов И.М. 1977.** Теория и расчет почвообрабатывающих машин. – М.: Машиностроение. 328.
6. **Матяшин Ю.И., Гринчук И.М., Егоров Г.М. 1988.** Расчет и проектирование ротационных почвообрабатывающих машин. – М.: Агропромиздат. 176.
7. **Панов И.М. 1984.** Механико-технологические основы расчета и проектирования почвообрабатывающих машин с ротационными рабочими органами: Ав-тореф. дис. докт. техн. наук. Челябинск. 36.
8. **Грубый В.П. 1993.** Обоснование технологического процесса и параметров рабочих органов для обработки защитных зон рядков сахарной свеклы: Дис. канд. техн. наук. Киев. 253. (Украина).
9. **Валерий Пастухов, Светлана Беловол. 2014.** Обоснование параметров процесса обработки почвы в междурядьях ротационным рабочим органом. MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture. Vol. 16. No 7. 140–149.
10. **Татьяна Марченко, Николай Петренко. 2014.** Экспериментальное исследование рабочего органа рыхлителя с целью снижения разрушительного воздействия на агрегатную структуру почвы. MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture. Vol. 16. No 2. 103–109.
11. **Матяшин Ю.И. 1968.** Параметры и характеристики работы почвообрабатывающей фрезы. // Вестник сельскохозяйственной науки, № 9. 131–133.
12. **Листопад Г.Е., Кошеваров Ф.М. 1973.** О деформации почвы рабочими органами почвообрабатывающих машин. Доклады ВАСХНИЛ, № 10, 42–44.
13. **Вилде А.А. 1986.** Комбинированные почвообрабатывающие машины. – Л.: Агропромиздат, 128.
14. **Гринчук И.М. 1970.** Аналитические исследования фрезерных машин //Материалы НТС НИСХОМ. – М., – №27, 20–35.
15. **Ковриков И.Т. 1978.** Обоснование формы иглы и параметров рабочих органов для поверхностной обработки почвы // Тракторы и сельхозмашины, №6, 18–19.
16. **Гринчук И.М., Матяшин Ю.И. 1969.** К вопросу выбора основных конструктивных параметров и режимов работы почвенной фрезы // Тракторы и сельхозмашины, № 1, 25–28.
17. **Гуреев И.И. 1994.** Обоснование технологий и комплекса машин для возделывания основных культур в районах действия водной эрозии: Авт. дисс. докт.тех.наук, М. – 52.
18. **Бок Н.В. 1965.** О кинематике почвообрабатывающих фрез // Материалы НТС ВИСХОМ, – Вып. 20.
19. **Зиятдинов Р.Ф. 1966.** О взаимосвязи кинематических и конструктивных параметров ротационных мотыг (элементы теории) // Вопросы механизации и электрификации с/х. Тр. ЧИМЗСХ, вып. 21, Челябинск. – 43–47.
20. **Зеленский С.А. 1987.** Улучшение амплитудно-частотной характеристики системы привода ротационного культиватора КФГ-3,6-01: Авто-реф. дис. канд. техн. наук, Краснодар. 23.

#### GRAFOANALITICHESKY STUDY SELECTION PARAMETERS KNIFE MILLS TILLAGE ROTARY CULTIVATOR

**Summary.** Using passive working bodies with small protection zone of soil results in a shift in the growth zone of the plants by destroying the germs of sugar beet. Therefore it is necessary to seek such working bodies that would have destroyed the soil crust indirect impact with minimum destruction of crops. These working bodies row cultivators can be working bodies of the milling type.

The primary factors in the choice of the blade angle setting of the wing are: kinematic parameter rotor (rotor rotational speed ratio to a translational unit), the ratio of the working depth, width, and thickness of the wing to its radius, angle and type of knife sharpening grinding (external, outer). Designed equivalent model of the cutter for soil with a hard mount knives which shows the effect of reducing the depth of the cutter due to the interaction of loosening the rear of the wing blade on raw monolith. This leads to disruption of agro-technical requirements of the soil, which is particularly unacceptable when loosening at shallow depths. On the other hand a decrease in the angle of installation of the wing to the radius of the rotor blade cutter increases the energy intensity of the process and increasing the number of projected soil. Compiled analytical equations the choice of parameters and operating modes of the blade cutters, depending on the depth of soil loosening.

Graphic analytical studies carried out show that the parameters of the cutter knife for soil depend on the depth of its loosening. Thus the determining factor in choosing the installation angle of the wing with the outer knife sharpening for row cultivator is the thickness of the shelf-wing knife, if the parameters of the milling drum set is constructive and kinematic mode is determined based on other technological criteria.

**Key words:** Sugar beet, the depth of processing, cultivator cultivator blade cutter, the setting angle shelf knife sharpening angle.