

На правах рукописи

КАРАЕВ Александр Игнатьевич

УДК: 631. 312: 631. 3. 072. 26;
515. 2: 512. 5

**ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ МАШИНЫ ДЛЯ НАСЫПКИ
ПРОТИВОЭРОЗИОННЫХ ВАЛОВ-ТЕРРАС НА СКЛОНАХ**

Специальности: 05.20.01 — „Механизация сельскохозяйственного производства“;
05.01.01 — „Прикладная геометрия и инженерная графика“

Автореферат диссертации
на соискание ученой степени
кандидата технических наук

010 20. 10. 93

Работа выполнена в Мелитопольском институте механизации сельского хозяйства и институте механизации и электрификации сельского хозяйства Украинской академии аграрных наук.

Научные руководители: доктор технических наук, профессор
НАЙДЫШ В. М.;

член-корреспондент УААН, доктор
технических наук НАГОРНЫЙ Н. Н.

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор
ОБУХОВА В. С.

кандидат технических наук, доцент
ТИЩЕНКО С. С.

Ведущая организация — Головное специализированное конструкторско-технологическое бюро ПО «ОЗОР».

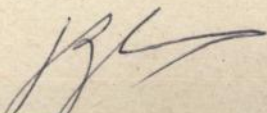
Защита диссертации состоится 27 апреля 1993 г. в 10⁰⁰ часов на заседании специализированного совета К 120.90.01. по присуждению ученой степени кандидата технических наук при Мелитопольском институте механизации сельского хозяйства (МИМСХ, г. Мелитополь),

Отзывы на автореферат в двух экземплярах, заверенные печатью, просим направлять ученому секретарю специализированного совета по адресу: 332339, г. Мелитополь, пр-т Б. Хмельницкого, 18, МИМСХ.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке МИМСХ.

Автореферат разослан «26» апреля 1993 г.

Ученый секретарь
специализированного совета


ЧЕРКУН В. Е.

ЛНБ України ім.В.Стефаніка



00816211 (J)

ЛНБ ім. В. Стефаніка
АН України

Актуальность темы исследования. Одним из главных направлений практической работы и научных исследований в области рационального природопользования является последовательное проведение работ по повышению (воспроизводству) плодородия земель на склонах, особенно за счет осуществления мер по защите почв от водной эрозии. За последнее время на территории Украины широкое применение получили противоэрозионные валы-террасы, способствующие снижению энергетического ресурса водных потоков. Сооружают валы-террасы выемочно-насыпным и напашным способами при помощи грейдеров, скреперов, бульдозеров и т.п. Однако, на некоторых операциях технологического процесса (срезка и перемещение плодородного слоя почвы, покрытие плодородным слоем почвы выемочно-насыпных полос и откосов...) применение таких машин недостаточно эффективно из-за низкой производительности, высоких удельных показателей энергоемкости и металлоемкости. В то же время известно, что более высокие технико-экономические показатели процесса транспортирования поч. могут быть достигнуты при использовании машин, оснащенных метателями. Применение существующих машин с метателями для сооружения противоэрозионных валов-террас на склонах, не представляется возможным из-за значительных габаритов и массы, а также из-за неудовлетворительного выполнения ими ряда агротехнических требований (неравномерного съема почвы, значительного разброса почвы при транспортировании и др.), что объясняется несовершенством форм поверхностей рабочих органов машин данного типа, а вопрос их геометрического моделирования изучен недостаточно полно. В связи с этим разработка конструк-

тивно-технологической схемы машины для насыпки противозерозионных валов-террас на склонах, обоснование геометрических и кинематических параметров ее рабочих органов, обеспечивающих выполнение агротехнических требований, предъявляемых к машине, а также совершенствование некоторых операций технологического процесса являются актуальными вопросами.

Настоящая работа выполнена в ИМСХ УААН и МИМСХ в период с 1987-1990 гг. по тематическим планам НИР в соответствии с программой ОДХ 71 (1986-1990гг.) задание 0.4.

Объект исследований. Технология сооружения валов-террас и роторно-лопастная машина для выполнения земляных противозерозионных работ на склонах.

Цель работы. Улучшение качества выполнения земляных противозерозионных работ и снижение удельных затрат энергии в 2,5...4,0 раза в сравнении с существующими технологиями и машинами путем транспортирования почвы роторно-лопастным плугом-метателем.

Методы исследований и аппаратура. Теоретические исследования выполнены с использованием методов геометрического и математического моделирования с последующей разработкой прикладных программ автоматизированного проектирования. Экспериментальные исследования проведены на специально изготовленном экспериментальном образце в лабораторных и хозяйственных условиях. При экспериментальных исследованиях применялись методы тензометрических измерений, результаты которых обрабатывались методами теории вероятности и математической статистики на ЭВМ.

Научная новизна работы состоит в:

-разработке алгоритма формообразования и коррекции поверхности подкапывающего рабочего органа переменной гауссовой кривизны;

- составлении дифференциально-геометрической модели движения частицы почвы по поверхности лопатки и в разработке алгоритма формообразования поверхности, удовлетворяющего заданным кинематическим требованиям;

- обосновании вида направляющей линии транспортирующей поверхности отрезного ножа и алгоритма ее формообразования исходя из условия минимума затрат энергии;

- теоретическом обосновании процесса транспортирования почвы методом метания;

- обосновании конструктивно-технологической схемы, параметров и режимов работы роторно-лопастного метателя.

Практические результаты и новизна. Обоснованы параметры процесса транспортирования грунта упорядоченным взаимодействием подкальвающего рабочего органа, отрезных ножей и разгрузочных лопаток. Разработан роторно-лопастной метатель почвы, позволяющий перемещать почву с минимальными потерями (до 15% при наибольшей дальности транспортирования) и обеспечивающий снижение удельных затрат энергии в 3,8...5,1 раза по сравнению с землеройной техникой, используемой при сооружении валов-террас на склонах.

На защиту выносятся основные положения, составляющие научную новизну работы.

Апробация работы. Основные результаты работы одобрены на всеукраинской научно-технической конференции по современным проблемам сельскохозяйственной механики (ИМЭСХ, г. Мелитополь, 1989г.), на республиканской научно-технической конференции по перспективам отечественного садоводства (УНИИС г. Киев, 1991г.), на конференции по научно-техническим, экономическим и экологическим основам механизации повышения плодородия почв в ИМЭСХ УААН, г. Киев,

1992 г.).

Предмет и степень внедрения. По результатам выполненных исследований был изготовлен опытный образец роторно-лопастного плуга метателя ПМ-300, который успешно прошел научно-производственные испытания в совхозах "Хотовский" и "Рословичи" Киевской обл. Результаты исследований использованы ГСКТБ ПО "ОЗОР" при разработке конструкторской документации на почвообрабатывающие машины с активными рабочими органами, а также в учебном процессе кафедры эксплуатации гидромелиоративных систем Днепропетровского агроуниверситета.

Эффективность внедрения. Годовой экономический эффект от применения роторно-лопастного плуга-метателя ПМ-300 составил 238631,3 тыс рублей (по ценам на июнь 1992 г.) в сравнении с серийным роторным буртоукрывщиком БН-100А.

Область применения. Результаты исследования могут быть использованы отраслевыми конструкторскими организациями, а также научно-исследовательскими институтами сельскохозяйственного и автомобильного машиностроения при разработке рабочих органов почвообрабатывающих машин, средств транспортирования почвы и других материалов методом метания (очесывающие устройства и др.).

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех глав, общих выводов, библиографии и приложений; изложена на 193 страницах, в том числе 96 страниц машинописного текста; содержит 61 рисунок, 18 таблиц и 10 приложений. В списке литературы 103 наименования из них 2 на иностранном языке.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

"ВВЕДЕНИЕ" содержит краткое обоснование актуальности работы и ее аннотацию. Представлена цель исследований.

В первой главе "АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ И СРЕДСТВ МЕХАНИЗАЦИИ ЗАЩИТЫ ПОЧВ ОТ ЭРОЗИИ НА СКЛОНАХ" на основании литературных данных проведен анализ почвенно-климатических условий Украины и определены основные зоны, подверженные водной эрозии; проведен анализ технологий и средств механизации защиты почв от эрозии на склонах; подтверждена целесообразность дополнения противозерозионных агротехнических, лесо-, лугомелиоративных приемов гидротехническими сооружениями, проанализированы технологии их строительства и средства механизации, а также обоснована потребность в разработке высокопроизводительной землеройной машине.

Рассаясь вопроса разработки новых высокопроизводительных машин, направленных на сокращение количества проходов агрегатов по полю, числа операций, повышение качества выполняемых работ исследователи Н. Н. Нагорный, Н. С. Левчук, М. И. Грицишин, М. Ф. Романенко, И. М. Панов и др., указывают на то, что создание таких машин возможно путем сочетания активных и пассивных рабочих органов, т. е. они должны быть комбинированными. Машины для транспортирования почвы, как отмечает Н. Г. Домбровский, должны обладать самостоятельными механизмами для копания и транспортирования. При этом транспортирующий агрегат рекомендуется располагать ближе к режущему рабочему органу и месту захвата почвы. Этим условиям наиболее полно отвечают метатели, применение которых значительно повышает эксплуатационные качества землеройных машин за счет сокращения габаритных размеров и веса транспортирующих агрегатов.

Однако, из данных А. А. Ковалерова, Н. С. Левчука, С. С. Рабиновича и др. следует, что машины, оборудованные метателями (ранее разработанных конструкций), не могут обеспечить качественное выполнение работ в технологическом процессе строительства валов-тер-

рас на склонах из-за значительного рассеивания почвы при работе метателей, гребнистости поверхности поля после снятия генетического горизонта почвы и перемешивания его с нижележащими слоями, залипание рабочих органов и забивание ротора почвой, т.е. реализовать преимущества метателей возможно только с разработкой новых рабочих органов, применение которых дало бы возможность устранить вышеперечисленные недостатки.

Информационной базой по проведению теоретических исследований, направленных на разработку новых рабочих органов, являются работы ученых в области прикладной геометрии: В. И. Корабельского, В. С. Обуховой, В. М. Найдыша, А. С. Павлоцкого, А. В. Павлова, В. П. Юрчука и др.

Недостаточная изученность вопросов, связанных с транспортированием почвы роторными метателями, а также поставленная в работе цель обусловили следующие задачи исследований:

1. Обосновать конструктивно-технологическую схему машины послыйного резания с транспортирующим агрегатом почвы роторного типа.
2. Определить влияние геометрических и кинематических параметров машины на ее технологические показатели.
3. Выполнить исследования и осуществить геометрическое моделирование рабочих поверхностей подкапывающего рабочего органа, транспортирующей лопатки и отражающей поверхности ножа в зависимости от процесса подачи почвы в зону резания, формирование ее в ячейке ротора и условия компактной разгрузки.
4. Экспериментально подтвердить эффективность выбранных средств транспортирования почвы.
5. Произвести производственную проверку и дать технико-экономическую оценку результатам выполненных исследований.

Во второй главе "ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ" приведены результаты по обоснованию типа транспортирующего агрегата машины, ее технологико-конструктивной схемы и изложены теоретические исследования процесса транспортирования почвы роторным метателем. Приведены алгоритмы для расчета параметров форм и положения рабочих органов роторно-лопастного метателя.

Обоснование типа транспортирующего агрегата и технологико-конструкторской схемы машины

По результатам расчетов, проведенных согласно теории инженерного прогнозирования, установлено, что наибольшая сумма баллов - 0,8 нормированных весов критериев принадлежит лопастным метателям. Учитывая полученные результаты и агротехнические требования была разработана конструктивно-технологическая схема навесной, роторно-лопастной машины для насыпки противоэрозионных валов-террас на склонах (рис. 1).

Для определения основных геометрических и кинематических параметров плуга-метателя, обеспечивающих надежность и устойчивость технологического процесса разработана номограмма (рис. 2).

Кинематические и динамические исследования движения почвы по поверхности лопатки

В общем случае, если лопатка представляет собой плоскость, наклоненную к радиусу под некоторым углом, то на частицу почвы, находящуюся на ней, действуют силы в соответствии с рис. 3, относительное движение которой может быть представлено каноническим выражением линейного неоднородного дифференциального уравнения с постоянными коэффициентами

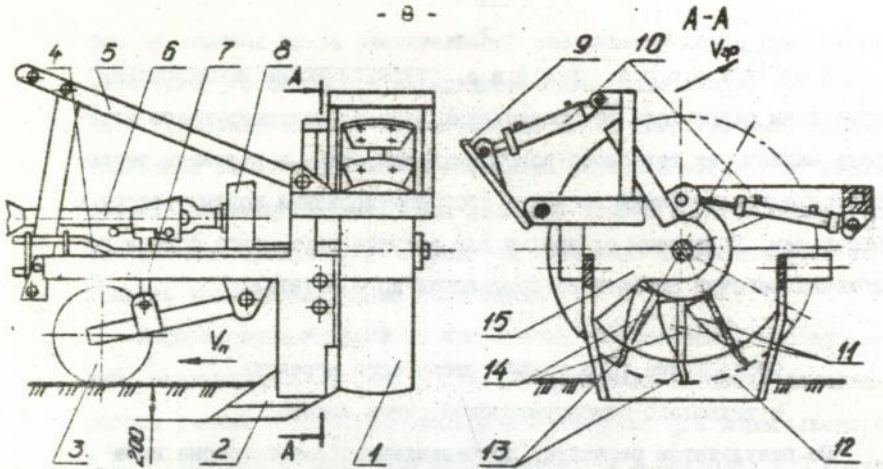


Рис. 1. Конструктивно-технологическая схема плуга-металлатора:

1-ротор; 2-подкапывающий рабочий орган; 3-опорный каток; 4-гидросистема; 5-навеска; 6-передача карданная; 7-рама; 8-редуктор; 9-направляющий щит; 10-гидроцилиндры; 11-отрезные ножи; 12-днище; 13-разгрузочные лопатки; 14-рычаги; 15-подвижный кожух.

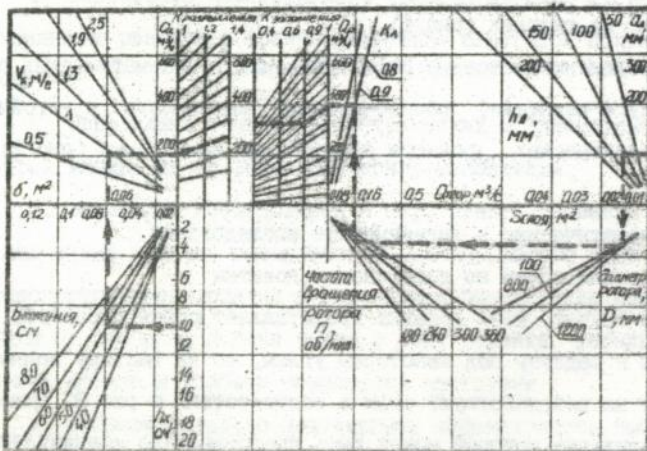


Рис. 2. Номограмма для определения взаимосвязи геометрических и кинематических параметров с технологическими показателями плуга-металлатора.

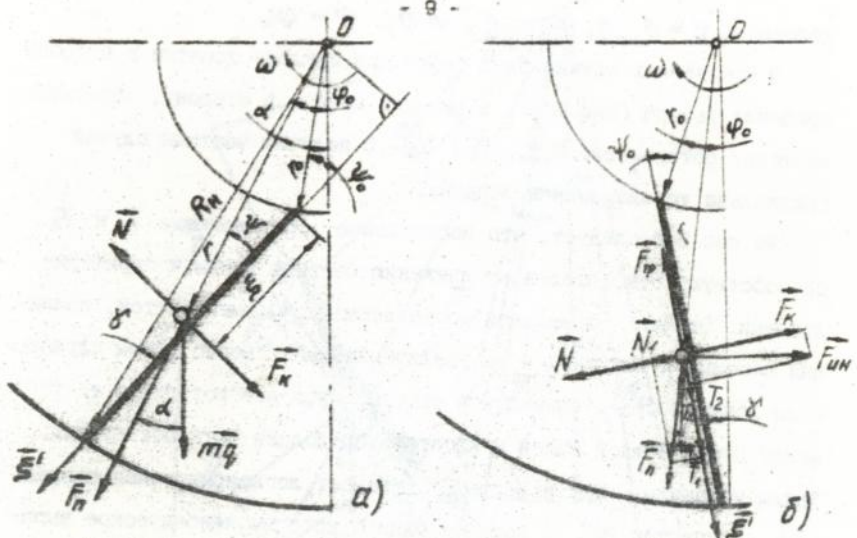


Рис. 3. Взаимодействие частицы почвы с лопаткой ротора:
 а-лопатка, наклоненная в сторону вращения ротора;
 б-лопатка, наклоненная в сторону, обратную вращению ротора

$$\xi'' + 2\mu\omega\xi' - \omega^2\xi = \omega^2 r_0 (\cos\psi_0 \pm \mu\sin\psi_0) + g \cos(\varphi \mp \psi_0) - \mu g \sin(\varphi \mp \psi_0).$$

После его решения и соответствующих преобразований получили уравнение движения частицы

$$\xi = C_1 e^{\lambda_1 t} + C_2 e^{\lambda_2 t} + A + B \sin\varphi + C \cos\varphi, \quad (1)$$

где $A = -r_0 (\cos\psi_0 \pm \mu\sin\psi_0)$; $\varphi = \varphi_0 + \omega t$

$$B = \mu g / (1 + \mu^2) \omega^2; \quad C = - (1 - \mu^2) g / 2 \omega^2$$

μ - коэффициент внешнего трения;

λ_1, λ_2 - корни характеристического уравнения. $\lambda_{1,2} = \omega(-\mu \pm \sqrt{1 + \mu^2})$.

Из уравнения 1 определена относительная скорость движения частицы по лопатке

$$\xi' = C_1 \lambda_1 e^{\lambda_1 t} + C_2 \lambda_2 e^{\lambda_2 t} + B \omega \cos\varphi - C \omega \sin\varphi \quad (2)$$

Постоянные интегрирования C_1 и C_2 определены по начальным

условиям: $t = 0; \xi_0 = 0; \xi'_0 \neq 0; \varphi = \varphi_0$.

В уравнениях нижний знак берут при наклоне лопатки в сторону вращения ротора (рис. 3, а), а верхний знак - в сторону, обратную вращению ротора (рис. 3, б). При $\psi_0 = 0$ получим частный случай (радиально установленная лопатка).

Из рис. 3, б следует, что касательные составляющие T_1 и T_2 , способствуют относительному движению частицы почвы к периферии лопатки. Однако, нормальная составляющая N_1 уменьшается, приближая частицу к лопатке, а ее увеличение имеет место в том случае, если лопатка будет выпуклой в сторону вращения ротора, т. е. угол между центробежной силой и касательной должен быть постоянным.

Таким условиям, как известно, отвечает логарифмическая спираль (рис. 4, участок ВС), в соответствии с которым каноническое выражение дифференциального уравнения относительного движения частицы на участке ВС, после соответствующих преобразований имеет вид:

$$\xi'' + 2\mu\omega\xi' - \omega^2\alpha\xi = \beta + g \cos(\theta - \psi) + \mu g \sin(\theta - \varphi),$$

где $\alpha = (\cos\theta + \mu\sin\theta)\cos\theta$; $\beta = \omega^2(\cos\theta + \mu\sin\theta)r_0$;
 $\varphi = \varphi_0 + \omega t$; $\xi = \widetilde{0, M}$;

а его решение дает уравнение движения частицы

$$\xi = C_1 e^{\lambda_1 t} + C_2 e^{\lambda_2 t} + B \cos(\theta - \varphi) + C \sin(\theta - \varphi) + A, \quad (3)$$

где $A = -\frac{r_0}{\cos\theta}$; $B = \frac{g(2\mu^2 - 1)}{\omega^2(1 + 4\mu^2 + 2\alpha + \alpha^2)}$;

$$C = -\frac{g}{2\mu\omega^2} \frac{1 + 2\mu^2(3 + \alpha) + \alpha(1 + \alpha)}{1 + 4\mu^2 + \alpha(2 + \alpha)}$$

$$\lambda_{1,2} = \omega(-\mu \pm \sqrt{\mu^2 + \alpha}).$$

Из уравнения 3 относительная скорость

$$\xi' = C_1 \lambda_1 e^{\lambda_1 t} + C_2 \lambda_2 e^{\lambda_2 t} - B\omega \sin(\theta - \varphi) + C\omega \cos(\theta - \varphi) \quad (4)$$

Постоянные интегрирования C_1 и C_2 определены по начальным условиям: $t = 0; \xi_0; \xi'_0 = 0; \varphi_0$.

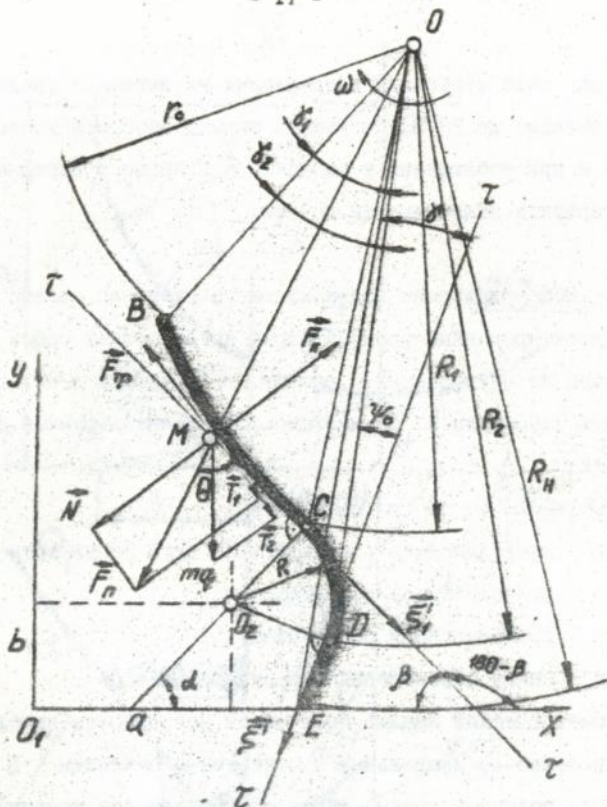


Рис. 4. Продольный профиль криволинейной лопатки
(а. с. N 1758174).

Изменение относительной скорости на участке CD характеризуется средним геометрическим значением

$$K_{\text{ср}} = ctg\beta = \sqrt[n]{\frac{(x-a)}{(y-b)}_1 \cdot \frac{(x-a)}{(y-b)}_2 \cdot \dots \cdot \frac{(x-a)}{(y-b)}_n}, \quad (5)$$

где a и b - координаты центра O_2 окружности R ;

n - количество производных.

Лопатка с криволинейным профилем позволяет за счет увеличения на 51% относительных и на 48% абсолютных скоростей частиц, а

также за счет изменения направления их движения увеличить дальность метания до 22 м, уменьшить ширину разброса почвы до 1,8... 2,1 м и при соблюдении в точках С и Д первого порядка гладкости предотвратить заливание ее почвой.

Проектирование подкапывающего рабочего органа

Спроектированный рабочий орган представляет собой корпус, состоящий из двух секций, содержащих отвалы и лемеха, установленные в зеркальной симметрии. Определитель такой поверхности имеет вид:

$$\Phi(m, n, a) [A],$$

где m - криволинейная направляющая (дуга окружности);

n - прямолинейная направляющая;

a - прямолинейная образующая;

A - закон перемещения образующей ($a \parallel \Delta$).

Геометрический анализ полученной поверхности выполнялся дифференцировано по продольным и поперечным сечениям. В этих сечениях были получены кривые линии с изменяющейся кривизной, которые предопределяют системы сходящихся и расходящихся сил.

В соответствии с рис. 5 было получено уравнение поверхности в виде:

$$\left\{ \begin{array}{l} X_L = X_0 - \frac{y_i - y_0}{-tg\beta} \\ y_{окр_i} = -tg\gamma (X_i + y_i) \\ Z_{окр_i} = b - \sqrt{R^2 - y_{окр_i}^2} \\ \frac{X}{X_i} = \frac{Y - y_{окр_i}}{y_i - y_{окр_i}} = \frac{Z - Z_{окр_i}}{-Z_{окр_i}} \\ -R \leq y_{окр_i} \leq R. \end{array} \right. \quad (6)$$

Y_0 - 260 мм; R - 300 мм; B - 340 мм; h - 0,1 мм; $\text{tg}\delta$ - 0,4; $\text{tg}\beta$ - 1). Для прогнозирования динамического воздействия на почвенный пласт определялись значения первых и вторых производных, а также радиуса кривизны в каждой точке кривой. Так, для Y_i - 0 вторые производные были отрицательные на всем протяжении кривой, а F_y положительная, что говорит о выпуклости кривой и расходящейся системе сил, которая изменялась от 85,8 Н до 89,3 Н при V_n - 1 м/с. Аналогично были исследованы кривые, полученные при Y_i - 50 и Y_i - 100. Таким образом, данный способ позволяет оценить эффективность работы поверхности Φ на стадии проектирования.

Для изготовления поверхности Φ были получены координаты шаблонов как результат пересечения поверхности горизонтально-проецирующими плоскостями $\Omega_i(\Omega_i \perp xOy; \Omega_i \perp n)$ (рис. 5), а уравнение Φ поверхности записано в параметрическом виде:

$$\begin{cases} X' = X_i - t \cdot \cos\alpha \\ Y' = Y_i + t \cdot \cos\beta \\ Z' = Z_i - t \cdot \cos\delta \end{cases}, \quad (7)$$

где t - параметр $\left(t = \frac{\text{tg}\theta \frac{h \cdot n}{\sin\beta}}{\sin\theta} \right)$,

$$\theta = \text{tg}^{-1} \left(\frac{K_2 - K_1}{1 + K_1 K_2} \right),$$

n - количество шагов по оси Y ;

$\cos\alpha, \cos\beta, \cos\delta$ - направляющие косинусы.

Уравнение 7 дает возможность получать координаты любой точки, принадлежащей поверхности Φ .

Обоснование параметров поверхности отрезного ножа
и определение относительных характеристик движения
по ней частицы почвы

Эффективность выполнения межлопастного пространства почвой и предотвращение забивания ее ротора в значительной степени зависит от геометрических параметров формы и положения отрезного ножа, обеспечивающих отрезание слоя почвы с минимальными энергозатратами, разрушение в нем внутрислоевых связей и транспортирование в ячейку ротора с необходимой силой напора. С целью выполнения этих условий были обоснованы геометрические параметры плоской направляющей m опорные точки B , S и углы α_{min} и α_{max} , определяющие направление касательных τ_i^a и τ_i^r (рис. 6).

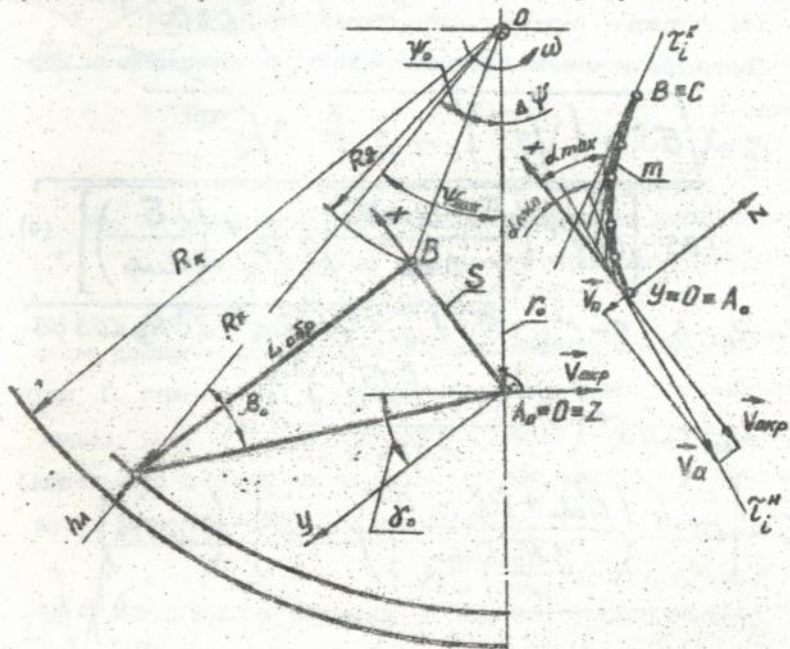


Рис. 6. Схема к обоснованию направляющей кривой и параметров положения отрезного ножа в плоскости ротора.

Наилучшее приближение полученной ломаной дает полином с узлами в соответствующих точках. Для практических расчетов взять многочлен второй степени, график которого есть парабола, а ее уравнение имеет вид:

$$Z = 0,415476 - 0,018668 X + 0,095616 X^2 \quad (8)$$

Поверхность ножа получена аппроксимированием направляющей m бесконечно близко расположенными плоскостями P_i , направление нормалей которых совпадает с направлением нормали кривой в соответствующих точках и является поверхностью параболы цилиндра.

$$\Phi(m) [A],$$

где m - криволинейная плоская направляющая (парабола);

[A] - условие параллельности образующих ($L \parallel Oy$).

Параметры положения поверхности ножа Φ определены по формулам:

$$r_0 = \sqrt{\sigma^2 + (\sqrt{Z})^2} - 2\sigma \cdot \sqrt{Z}$$

$$\cdot \cos \left[\sin^{-1} \left(\frac{R_g \cdot \sin \psi_0}{L_{\text{одр}}} \right) + \text{tg}^{-1} \left(\frac{\sigma}{L_{\text{одр}}} \right) \right], \quad (9)$$

где

$$\sigma = R_n - h_n; \quad Z = L_{\text{одр}}^2 + S^2; \quad L_{\text{одр}} = \sqrt{\sigma^2 + R_g^2 - 2\sigma R_g \cos \psi_0},$$

$$\psi_{\text{наж}} = \cos^{-1} \left(\frac{\sigma^2 + r_0^2 - (\sqrt{Z})^2}{2\sigma r_0} \right), \quad (10)$$

$$\delta_0 = \left[\cos^{-1} \left(\frac{L_{\text{одр}}^2 + R_g^2 - \sigma^2}{2R_g L_{\text{одр}}} \right) - 90^\circ \right] - (\psi_{\text{наж}} - \psi_0). \quad (11)$$

Относительная траектория L движения частицы почвы по поверхности Φ определена графическим способом (рис. 7).

Для аналитического переработки графического алгоритма с

$$\text{где } \mu = 90 - \left\{ 180 - \left[\left(\frac{R_3 \cdot \sin 30^\circ}{L_{обр}} - \psi_0 \right) - 90 \right] - \Delta\psi \right\},$$

$$r'_2 = \sqrt{r_0^2 + L'^2 - 2r_0L' \cos(90 + \gamma')} \quad (14)$$

По формулам 12...14 была получена проекция точки M'_2 на плоскость xOy , а ее координаты на поверхности Φ определены по формуле:

$$\begin{cases} X = \Delta S \cdot \cos \alpha \\ Y = L' \cdot \cos(\gamma_0 - \gamma') \\ Z = \Delta S \cdot \sin \alpha \end{cases}, \quad (15)$$

где

$$\alpha = \operatorname{tg}^{-1} \frac{Z_{i+1} - Z_i}{h},$$

а натуральная величина отрезка

$$L = \sqrt{X^2 + Y^2 + Z^2} \quad (16)$$

Точка $M'_i(x'_i; y'_i; z'_i)$ служит началом следующего шага с учетом что $r_0 = r'_i$, а вычисления повторялись по формулам 8, 12...16.

Время t , движения частицы по участку ΔS , определено из уравнения 1 подстановкой L вместо ξ с учетом замены углов в соответствии с рис. 7: $\varphi = \gamma_0 - \omega t$; $\psi_0 = \gamma$; $R_n = r'_i$ и с учетом верхнего знака, а затем по уравнению 2 определена относительная скорость $V_{отн}$, которая составила 5,52 м/с. Абсолютная скорость составила 7,67 м/с, а это значит, что на пласт действует сила, равная 136 Н, способствующая уплотнению почвы в ячейке ротора, повышению коэффициента заполнения ($K_3 \approx 0,9 \dots 1$) и, как следствие, эффективному сходу ее с поверхности лопатки.

В третьей главе "ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ" изложена программа исследований на экспериментальном об-

разце, приведен его общий вид, дана характеристика объекта исследований, описаны приборы, указаны точность измерений и методы обработки экспериментальных данных. Представлены результаты экспериментальной проверки выдвинутых теоретических предположек, а также дана практическая оценка проделанной работы.

Комбинированное использование мощности двигателя через тягу трактора и вал отбора мощности определялось по формуле:

$$N_{\text{п}} = \frac{[P_{\text{кр}} + f(G_{\text{т}} + G_{\text{п}})] V}{3600 \cdot \eta_{\text{тр}} \cdot \xi_{\text{э}}} + \frac{M_{\text{взм}} \cdot \Gamma_{\text{взм}}}{9526}, \text{ кВт}, (17)$$

где $P_{\text{кр}}$ - тяговое сопротивление машины, кН;

$P_{\text{ф}} = f G_{\text{тр}}$ ($G_{\text{тр}} = 7200$ кг - масса Т-150К, $f = 0,08-0,1$ - коэффициент сопротивления качения по стерне);

$G_{\text{п}} = 850$ - масса плуга-метателя, кг;

V - скорость движения агрегата, км/ч;

$\eta_{\text{тр}} = 0,85 - 0,9$ - КПД трансмиссии трактора;

$\xi_{\text{э}} = 0,85 - 0,9$ - коэффициент эксплуатационной нагрузки двигателя;

$M_{\text{взм}} = h_{\text{р}} \cdot m_{\text{р}}$ ($h_{\text{р}}$ - средняя ордината на осциллограмме, мм;

$m_{\text{р}}$ - коэффициент тарировки, мм/мм);

$n_{\text{взм}}$ - число оборотов вала отбора мощности в минуту.

Разброс почвы определялся путем расстановки противней вдоль линии метания с последующим взвешиванием почвы, попавшей в них.

При верхнем режиме метания ширина полосы, на которую попадало 85-90% почвы изменялась от 1,8 до 2,1 м, что свидетельствует о повышении точности работы рабочих органов машины, которая, как известно, является определяющим критерием качества.

Дальность метания почвы при различных углах выброса опреде-

лялась непосредственными измерениями с помощью рулетки вдоль линии выброса (количество замеров - 6) с последующим определением среднего значения. Максимальная дальность перемещения почвы составила $21 \pm 0,28$ м;

По экспериментальным данным и по формуле 17 были определены мощности, необходимые для привода ротора и передвижения плуга-метателя при различных углах выброса почвы. По данным результатов вычислений следует, что установка экспериментальных рабочих органов дает возможность снизить энергоемкость процесса метания на 15...20% (рис. 8).

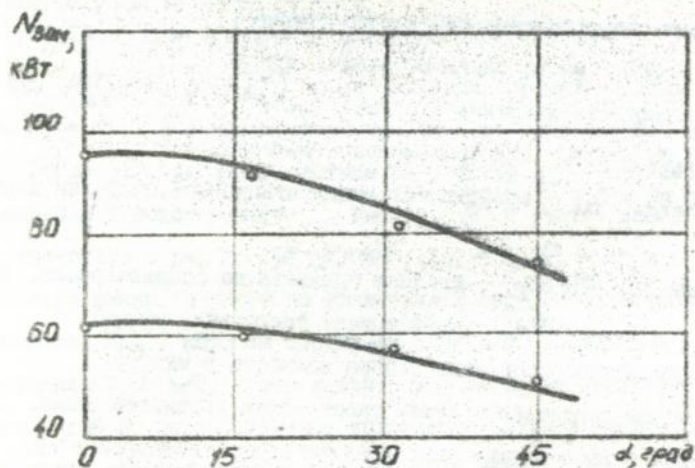


Рис. 8. Изменение затрат мощности $N_{зав}$ для привода ротора метателя в зависимости от угла выброса почвы α :

- 1 - без экспериментальных рабочих органов;
- 2 - с экспериментальными рабочими органами.

Коэффициент технологической надежности работы плуга-метателя ПМ-300 при влажности почвы 7,65...14,9%, массе растительных остатков 0,28...0,53 кг/см и их высоте 8,2...19,5 см составил 0,82, что характеризует достаточно высокую технологическую надежность экспериментальных рабочих органов и конструкции машины.

В четвертой главе "НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ОЦЕНКА. ОПЫТНОЕ ВНЕДРЕНИЕ. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ" изложены результаты проверки в производственных условиях новых операций технологического процесса строительства противоэрозионных валов-террас на склонах с использованием роторно-лопастного плуга-метателя ПМ-300, созданного по результатам выполненных исследований. Приведена экономическая оценка эффективности работы плуга-метателя.

Научно-производственная проверка проводилась в совхозе "Хотовский" Киево-Святошинского р-на Киевской обл. и совхозе "Рословици" Киевской обл.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

1. В результате анализа известных способов и средств механизации сооружения противоэрозионных валов-террас на склонах, установлено, что бульдозеры, скреперы, грейдеры..., являющиеся в настоящее время основными машинами в данном технологическом процессе, имеют относительно высокую удельную энергоемкость процесса транспортирования почвы за счет: низкой производительности, сравнительно невысокой дальности транспортирования почвы, нерациональных затрат на холостые проходы, а также низкое качество выполняемых работ при снятии плодородного слоя почвы (перемешивание слоев почвы при транспортировании).

2. Для получения минимальной ширины (2-3 м) разброса 90% пе-

решаемой почвы, снижения перемешивания верхнего генетического горизонта почвы с нижележащими слоями и потери при транспортировании до 10% с минимальными затратами энергии на процесс, наиболее перспективными являются машины с самостоятельными рабочими органами для копания и транспортирования почвы, сочетаемость которых наиболее полно реализуется в роторных метателях, оснащенных лопатками на рычагах, отрезными ножами и подкальывающими рабочими органами пассивного действия.

3. По результатам теоретических исследований установлено, что на условии:

- компактной разгрузки метателя доминирующее влияние оказывает совпадение скоростей слоев порции почвы по величине и направлению при сходе с несущих поверхностей разгрузочных лопаток, а также доказано, что профиль лопаток ротора рационально изготовить в виде: участка логарифмической спирали, ориентированной своей выпуклостью в сторону вращения ротора и с полусом в его центре; прямолинейного участка, отклоненного от радиального направления в сторону вращения ротора на $6^{\circ}-8^{\circ}$ и дуги окружности, сопрягающей логарифмический и прямолинейный участки;

- стабильной работы метателя и рациональной подачи почвы в зону резания существенное влияние оказывает подкальывающий рабочий орган, а также доказано, что его транспортирующая поверхность должна быть выполнена в виде поверхности с переменной гауссовой кривизной;

- эффективного заполнения межлопаточного пространства ротора почвой существенное влияние оказывает транспортирующая поверхность отрезного ножа, которую рационально выполнить в виде отсека поверхности параболического цилиндра, а также доказано, что каждой ячейке ротора должен соответствовать отрезной нож.

4. Разработаны геометрические модели и получены аналитические зависимости, позволяющие определять параметры форм и положения рабочих органов, относительные характеристики движения частицы почвы по их рабочим поверхностям и производить расчеты оптимальных режимов работы роторно-лопастного плуга-метателя.

5. На основании результатов проведенных исследований разработан роторно-лопастной плуг-метатель, позволяющий за счет уменьшения работы при увеличении дальности транспортирования почвы и рациональных форм поверхностей рабочих органов снизить удельные затраты энергии на процесс в 5,2 раза по сравнению с бульдозером Д-493 А и в 2,5 раза по сравнению с буртоукрывщиком БН-100А, а также перемещать почву в тело противозерозионного вала с минимальными потерями (до 10%) и с шириной разброса от 1 м до 2 м. При этом его основными конструктивно-технологическими параметрами являются: скорость движения агрегата - 1 м/с; частота вращения ротора - $3,7 \text{ с}^{-1}$; линейная скорость по наружной кромке ротора - 14 м/с; диаметр ротора 1200 мм; количество лопаток - 12 шт.; угол установки отрезного ножа - 58° (пересечение образующей поверхности ножа с радиусом ротора, принадлежащего вертикальной плоскости, проходящей через его ось вращения); ширина захвата подкапывающего рабочего органа - 0,7 м; глубина копания - 0,1-0,15 м.

6. Экспериментально установлены и проверкой в хозяйственных условиях подтверждены следующие технико-экономические показатели:

- удельный расход энергии на транспортирование почвы в режиме верхнего выброса с минимально возможным перемещением (9,1 м) составил 0,02 кВт. ч/м³м, а с максимально возможным перемещением (23,2 м) - 0,009 кВт. ч/м³м, при средней производительности 348 м³/ч;

- отклонение от заданной глубины хода подкапывающего рабочего органа составило +1,5 см, а просыпание почвы при транспортировании с верхним выбросом не превышало 10%;

- средняя ширина полосы, на которую попадало 85-90% почвы при верхнем выбросе, равнялась 1,8-2,1 м;

- годовой экономический эффект от внедрения одного плуга-метателя, созданного с учетом результатов выполненных исследований, составил 238621,3 тыс. руб. (по ценам на июнь 1992 г.) в сравнении с серийным роторным буртоукрывающим БН-100А.

Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах:

1. Нагорный Н. Н., Найдых В. М., Левчук Н. С., Караев А. И. Обоснование параметров и разработка машины для насыпки противоэрозионных валов на склонах // Механизация и электрификация с.-х. производства. - 1989, с. 7, объем 8 с. под № 106/11 ВС-89 Дел.

2. Найдых В. М., Караев А. И. Геометрическое моделирование поверхностей рабочих органов плуга-метателя // Современные проблемы земледельческой механики: Тез. док. Всесоюзной научно-технической конф. 20-22 июня 1989 г. - Мелитополь, 1989. - с. 50-51.

3. Оптимизация параметров ротора и транспортирующей поверхности плуга-метателя: Научно-технический отчет /МАНХ - № гр. 33-Х 01860043979. Мелитополь. - 1989. - 60с. (в соавторстве).

4. Караев А. И. Новые операции технологического процесса террасирования склонов для закладки садов // Перспективы отечественного садоводства: Тез. док. II Республиканской конференции молодых ученых и специалистов. - К., 1991. - С. 137.

5. Караев О. Г. Параметри та режими роботи машини для насипання протиерозійних валів на схилах // Науково-технічні, економічні та екологічні основи механізації процесів підвищення ро-

дочности грунту: Тез. доп. Республиканської науково-технічної конф.
12-15 листопада - К. - 1991. - С. 71-72.

6. Караев А. И. Механико-технологические параметры машины для
насыпки противозернистых валов на склонах // Сборник научных
трудов "Проблемы механизации технологических процессов и повыше-
ние эффективности эксплуатации техники в сельском хозяйстве. -
Мелитополь, 1992. - С. 47-53.

7. А. с. 1759174 СССР, кл. Е 02 F 3/24, В 65 B 31/04. Ротор-
ный метатель /Найдыш В. М., Нагорный Н. Н., Тылный С. А., Кара-
ев А. И. - N 4807783/03; Заявлено 02.04.90; Опубл. 30.08.92.
Бул. N 32, - 6 с.

7826.921
AV 26.921