

beitung mit aktiven, schwingenden Hackwerkzeugen erfolgt. Die Nesterbespritzung der Maisaussaat und anderer Kulturpflanzen trägt wesentlich zur Senkung der Kosten für chemische Unkrautbekämpfung, die in der Praxis leider noch sehr hoch liegen, zur starken Verminderung des Herbizidverbrauchs und der Flüssigkeitsverbrauchsnorm bei, was beim Einsatz flüssiger Spritzmittel in Bezirken mit ungenügenden Wasserquellen, bzw. wenn diese weit von den Feldschlägen entfernt sind, besonders wichtig ist.

4. Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen

Sogleich erhebt sich natürlich die Frage des ökonomischen Nutzeffektes des Universalgrubbers, wie weit er also wirtschaftlicher ist als die vorhandenen Spezialmaschinen, die durch ihn ersetzt werden können.

Die ökonomischen Kennziffern von Spezialmaschinen drücken gewöhnlich die Aufwendungen je Einheit der geleisteten Arbeit, z. B. der Bodenbearbeitung bzw. der Aussaat, aus. Ein Universalgrubber führt eine Reihe von Arbeitsgängen aus, wobei die Einzelteile und Vorrichtungen des Grubbers, die für die Ausführung anderer Arbeitsgänge vorgesehen sind, nur teilweise oder manchmal überhaupt nicht ausgenutzt werden.

Die Ausnutzung der vielseitigen Elemente einer Maschine im Verlauf des Jahres ist also recht ungleich. Darin besteht die Schwierigkeit in den ökonomischen Berechnungen, d. h., im betreffenden Fall sind Masse- und Wertcharakteristiken aller dieser Austauschteile und Vorrichtungen für den Grubber getrennt zu bestimmen. Hier muß natürlich eine besondere Berechnungsmethode für den ökonomischen Nutzeffekt entwickelt werden, da bei der Ausführung verschiedener Arbeitsgänge mit einem Universalgrubber auch die Kennziffern des ökonomischen Nutzeffektes gewöhnlich unterschiedlich sind, d. h. manchmal sind sie besser und manchmal schlechter.

In unserem konkreten Fall können wir folgende vorläufige Kennziffern des ökonomischen Nutzeffektes anführen.

Der Bilanzwert von Spezialmaschinen für Aussaat, Bodenbearbeitung und Herbizideinbringung wird mit 914 Rbl., der

eines Universalgrubbers, der die gleichen Arbeitsgänge ausführt, mit 584 Rbl. bestimmt. Es ergibt sich also eine Senkung von 38 %. Der spezifische Metallverbrauch wird um mehr als 35 % gesenkt.

Die mittlere Auslastung eines Universalgrubbers wird von 291 h bei Ausführung nur eines Arbeitsganges — der Bodenbearbeitung — auf 711 h erhöht, wenn er für alle Arbeitsgänge eingesetzt wird.

Die jährlichen Einsparungen durch Anwendung eines Universalgrubbers mit aktiven Arbeitswerkzeugen betragen etwa 0,97 Rbl./ha. Die Organisation des Einsatzes, der Aufbewahrung und der Instandsetzung wird wesentlich vereinfacht.

Und zum Schluß, wenn beim Austausch eines völlig amortisierten Universalgrubbers die Investitionen zunehmen, so liegen sie in jedem Falle bedeutend unter denjenigen, die beim Austausch eines Satzes von Spezialmaschinen für den gleichen Zweck entstehen, sogar wenn man berücksichtigt, daß die Amortisationszeiten eines Universalgrubbers gewöhnlich etwas kürzer sind als bei Spezialmaschinen. Gegen die Universaltechnik werden manchmal Einwände erhoben, die die komplizierte Aufbewahrung der austauschbaren Arbeitswerkzeuge, Einzelteile und sogar Baugruppen betreffen, oder daß bei der Umrüstung des Aggregats die vorhandenen austauschbaren Kleinteile infolge schlechter Aufbewahrung verlorengehen und beschädigt werden, so daß die Maschine bei der Umrüstung nicht immer montiert werden kann. Bei entsprechender konstruktiver Bearbeitung der Maschinenelemente und bei einer zweckentsprechenden Organisation der Aufbewahrung austauschbarer Elemente kann dieser Mangel jedoch behoben werden und für die weitere Entwicklung von Universalmaschinen kein Hindernis mehr bilden. An diesem Beispiel für die Anwendung des empfohlenen Universalgrubbers mit aktiven Arbeitswerkzeugen wird die Wichtigkeit und große volkswirtschaftliche Bedeutung der universalen Landtechnik anschaulich bestätigt. Wissenschaftler und Konstrukteure werden dringend aufgefordert, dem Problem einer erweiterten Tätigkeit auf dem Gebiete der Entwicklung universaler Landmaschinen und Geräte mehr Aufmerksamkeit zu schenken.

A 7155

Ermittlung optimaler Parameter und Arbeitsbedingungen schwingender Arbeitswerkzeuge von Grubbern

Kandidat der technischen
Wissenschaften
G. N. DJATSCHENKO*

Die vorhandenen und meistverbreiteten Grubberschare entsprechen in mancher Beziehung nicht mehr den landtechnischen Forderungen. Um eine wirkungsvollere Bodenbearbeitung zu erzielen, wurde im RISChM ein Verfahren mit im Boden schwingenden Grubberscharen entwickelt. Es zeigte sich, daß ein solches Verfahren gegenüber der Versetzung starrer Arbeitswerkzeuge eine Reihe von Vorteilen bietet. Die aktiven, schwingenden Grubberschare weisen gegenüber den passiven eine geringere Abnutzung und Abstumpfung bei der Arbeit und eine höhere Intensität beim Abschneiden der Unkrautpflanzen auf, ihr Zugwiderstand ist niedriger, ihre Neigung zur Verstopfung und Verklebung ist geringer. Die schwingenden Arbeitswerkzeuge lockern ausreichend den Boden, ohne die Bodenschichten zu vermischen. Zu ihren Nachteilen gehört: das Verkleben der beweglichen Schare zwischen der Scharspitze und dem Scharhalter, die sperrige Konstruktion der Scharbefestigung am Halter, der zusätzliche Energieaufwand für die Erzeugung der schwingenden Bewegung, die nur vorhandene Möglichkeit der starren Befestigung der Arbeitswerkzeuge am Rahmen.

Daraus folgt, daß die beweglichen Arbeitswerkzeuge mehr Vor- als Nachteile haben. Unsere Arbeit war auf die mögliche

Verminderung der Nachteile und die Entwicklung solcher Arbeitswerkzeuge gerichtet, die man bei hohen Fahrgeschwindigkeiten einsetzen kann.

Die Ergebnisse der Versuche mit aktiven Grubberscharen bei hohen Fahrgeschwindigkeiten [1] ermöglichten, die Forderungen an Arbeitswerkzeuge dieser Art zu präzisieren. Zusätzliche Untersuchungen zeigten, daß diesen Forderungen ein Schar mit parabolischer Schneidkante entspricht, die einen großen Abrundungsradius der Scharspitze aufweist. Dadurch wird der Seitentransport des Bodens vom Schar vermindert und die Fertigung kürzerer Schare gewährleistet. Der Winkel 2γ ist veränderlich und vergrößert sich vom Flügelende zur Scharspitze (Bild 1).

Die Projektierung eines aktiven Grubberschars mit parabolischer Schneidkante erfolgt ausgehend von der Arbeitsbreite B und der Schwingungsweite $2\varphi_0$. Nach Ergebnissen der Vorversuche wird empfohlen, die Arbeitsbreite eines zweiseitigen Schars mit 330 bis 380 mm und die eines einseitigen mit 260 bis 280 mm bei einer Schwingungsweite $2\varphi_0 = 50$ bis 60° und einem Winkel $\tau = 40$ bis 50° (wegen

* Hochschule für Landmaschinenbau (RISChM) Rostow/Don (UdSSR)

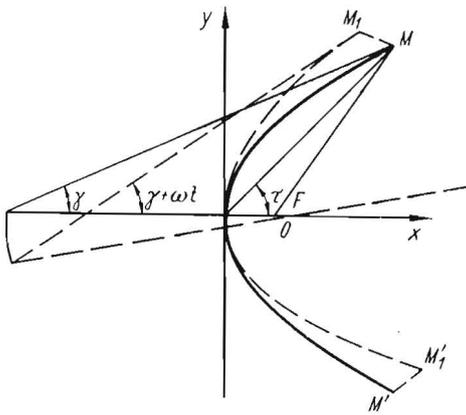
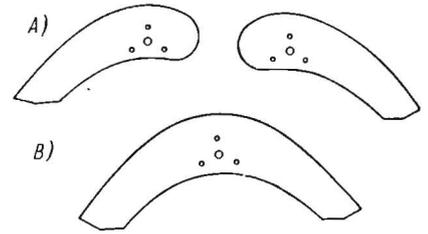


Bild 1 ◀
Parabolische Schneidkante eines aktiven Scharers

Bild 2 ▶
Arbeitswerkzeuge mit parabolischer Schneidkante;
A) zweiseitiges und
B) einseitiges Schar



Selbstreinigung) zu wählen. Sind die Koordinaten des Punktes $M \left(x = \frac{B}{2} \tan(90^\circ - \tau); y = \frac{B}{2} \right)$ bekannt, so kann der Parameter q der gesuchten Parabel $y^2 = 2qx$ ermittelt werden:

$$q = \frac{B}{4 \tan(90^\circ - \tau)} \quad (1)$$

Um die Möglichkeit der Selbstreinigung eines aktiven Grubberschars vom Unkraut feststellen zu können, muß die Gesetzmäßigkeit der Änderung des Neigungswinkels der Tangente zur Parabel am Abschnitt zwischen der Scharspitze und dem Flügelende bei aktiver (schwingender) und passiver Scharwirkung bekannt sein. Nach Differentiation der obenerwähnten Gleichung der Parabel nach x ergibt sich:

$$\frac{dy}{dx} = \frac{q}{y} = \tan x. \quad (2)$$

Aus Gl. (2) ergibt sich, daß

$$\gamma = \arctan \frac{q}{y} \text{ ist.} \quad (3)$$

Wählt man die Werte von y in den Grenzen zwischen 0 und $\frac{B}{2}$, so kann die Größe des Winkels γ in einem beliebigen Punkt der Schneidkante eines starren Scharers ermittelt werden. Bei schwingender Bewegung des Arbeitswerkzeuges ändert sich der Winkel γ in den Grenzen zwischen 0 und φ_0 um die Größe $\pm \omega t$, worin ω die Winkelgeschwindigkeit der Schwingung, t die Zeit ist. In diesem Falle ist also

$$\gamma = \arctan \frac{q}{y} \pm \omega t. \quad (4)$$

Auf Grund der Berechnungs- und Versuchszahlen wurde eine neue Variante beweglicher Arbeitswerkzeuge für die ganzflächige und die Zwischenreihen-Bodenbearbeitung mit folgenden Parametern entwickelt: $\beta = 13^\circ$, γ zwischen 30 und 90° , die Arbeitsbreite eines zweiseitigen Grubberschars 380 mm, die eines einseitigen 270 mm. Diese Arbeitswerkzeuge wurden aus Stahlblech 65 G und 4 mm Dicke hergestellt, sie haben einen Oberschliff und werden mit einem Flansch am Halter befestigt (Bild 2).

Grundlage der Arbeitsleistung eines Grubbers mit schwingenden Arbeitswerkzeugen ist die Wahl ihrer optimalen Form und Arbeitsweise. Bei den projektierten Arbeitswerkzeugen ist die Arbeitsweise unmittelbar mit der Form verbunden, beide ergänzen einander.

Bei der Wahl von Schwingungszahl und -weite eines aktiven Arbeitswerkzeugs bei der Arbeit mit erhöhten Geschwindigkeiten sind folgende Bedingungen zu beachten:

1. Abschneiden der Unkrautpflanzen ohne Auslassungen und Bodenglatzen;
2. keine mehrfache Bearbeitung von Bodenabschnitten;
3. minimaler Verschiebungswiderstand aktiver Grubberschare im Boden;
4. minimale Bodenverschiebung in Fahrtrichtung, seitwärts und in Vertikalebene;
5. keine Verklebung und Verstopfung von Arbeitswerkzeugen.

Beim Einsatz des Grubbers mit Fahrgeschwindigkeiten nicht über 6 km/h ist es ratsam, die Schwingungszahl der Grubberschare in Abhängigkeit von der Fahrgeschwindigkeit des Aggregats aus folgender Gleichung zu wählen:

$$n = \frac{v}{L} \cdot 60. \quad (5)$$

Darin bedeuten:

- n Schwingungszahl der Schare je min,
- v Fahrgeschwindigkeit des Aggregats in m/s,
- L Abstand zwischen den Scharreihen in m.

Eine starke Erhöhung der Schwingungszahl der Schare mit der Zunahme der Arbeitsgeschwindigkeiten macht die Arbeit des Grubbers bei Geschwindigkeiten über 8 km/h infolge starker Massenquerkräfte, die zum vorzeitigen Ausfall der Teile des Kurbeltriebs führen, unmöglich. Untersuchen wir nun die Möglichkeiten einer Änderung der Scharerschwingungszahl beim Übergang zu höheren Geschwindigkeiten, so folgt aus Gl. (5), daß während einer vollen Schwingung das Schar eine Strecke zurücklegt, die dem Abstand zwischen den Scharreihen L gleich ist. Diese Bedingung wird aber auch erfüllt, wenn man die Scharerschwingungszahl auf die Hälfte gegenüber der aus Gl. (5) berechneten vermindert. Die neue Abhängigkeit lautet dann:

$$n = \frac{v}{2L} \cdot 60. \quad (6)$$

Diese Formel zeigt, daß das Schar in einer vollen Schwingungsperiode dann eine Strecke zurücklegen muß, die dem doppelten Abstand zwischen den Scharreihen entspricht. Die Gleichzeitigkeit in der Bewegung angrenzender Schare wird durch den Antrieb der Arbeitswerkzeuge eingehalten, der die gegenläufige Bewegung der Vorder- und Hinterreihe der Schare gewährleistet. Bei der Arbeit des Grubbers mit gegenläufiger Bewegung der Scharreihen ist außer dem erwähnten Vorteil eine Senkung der Massenquerkräfte und eine stabilere Arbeitstiefe seiner Arbeitswerkzeuge in der Furche zu erwarten.

Zur Anschaulichkeit des technologischen Arbeitsprozesses schwingender Arbeitswerkzeuge wird ein Diagramm der Bewegung zweier nebenherlaufender Schare der Vorder- und Hinterreihe dargestellt (Bild 3). Die maximale Schwingungsbreite des Scharers beträgt 25° .

Die Arbeit des Grubbers ist dann stabil, wenn die Unkrautpflanzen an der Scharerschneide gleiten (bei Selbstreinigung). Diese Bedingung unterscheidet sich wesentlich von passiven

Arbeitswerkzeugen und kann durch folgende Ungleichung ausgedrückt werden:

$$\frac{l}{v_s} \leq \frac{T}{2}, \quad (7)$$

worin

- l Länge der Scharsehneide,
- v_s Geschwindigkeit der relativen Unkrautversetzung an der Scharsehneide,
- T volle Schwingungsperiode des Arbeitswerkzeuges ist.

Bei passiven Arbeitswerkzeugen soll das Unkraut an der geradlinigen Scharsehneide gleiten. Gegenwärtig werden solche Beschränkungen für aktive Schare nicht auferlegt, daher wird die Form der Scharsehneide anhand von energetischen Überlegungen und Gütekennziffern gewählt, und die Reinigung des Schares kann durch die Einstellung der Schwingungsweite und -zahl sichergestellt werden [2].

Die Erprobung der neuen Arbeitswerkzeuge im Bodenkanal und auf dem Versuchsfeld des Instituts für Landmaschinenbau Rostow (Don) zeigten, daß die schwingenden Grubberschare mit parabolischer Schneidkante bei Geschwindigkeiten von 10 bis 12 km/h einen um 6 bis 8 % niedrigeren Zugwiderstand haben als aktive Schare mit ähnlicher Wirkung und geradlinigen Schneiden sowie einen um 20 bis 30 % geringeren als die starren Grubberschare. Das kann mit der Erhöhung des Gleitkoeffizienten zwischen Scharsehneidkante und Boden, der Verminderung der Bodenversetzung durch den Scharhalter und der geringen Verklebung der gekürzten Schare begründet werden, die größere Öffnungswinkel an der Spitze haben.

Vergleichsuntersuchungen der schwingenden Grubberschare mit parabolischer Schneidkante und starrer serienmäßiger Arbeitswerkzeuge zeigten (Bild 4), daß die ersten den Boden in senkrechter Ebene wesentlich weniger versetzen. Die Versuche erfolgten nach der Methode der Koordinatenwürfel, die in verschiedenen Entfernungen (3, 7 und 10 cm) von der Durchgangslinie des Scharhalters eingelegt wurden. Zugleich wurde die versetzende Wirkung sowohl des Scharhalters als auch des Schares selbst ermittelt, da auf die Würfel, die längs der Durchgangslinie des Halters und in ihrer Nähe angeordnet waren (3 cm), grundsätzlich der Halter und auf die übrigen das Schar einwirkte. Das Herausbringen unterer Bodenschichten erfolgt hauptsächlich durch den Halter und nicht durch das Schar, dessen Krümelungswinkel gering ist (die unwesentliche Bodenversetzung durch das Schar erfolgt beim Heben des Bodenbalkens).

Das schwingende Arbeitswerkzeug gewährleistet auch dadurch geringere Bodenversetzung seitwärts und in der Fahrtrichtung des Aggregats, weil der Hauptstrom der Bodenteilchen sich am Halter vorbeibewegt. Bei einem starren Schar konzentriert sich am Halter der größte Teil des Bodenbalkens einer Arbeitsbreite.

Untersuchungen zeigten, daß die obere Bodenschicht von 0 bis 4 cm Tiefe, die nach oben befördert wird, in einem Winkel zur Fahrtrichtung auf eine Entfernung abgeworfen wird, die dem Quadrat der Fahrgeschwindigkeit proportional ist. Flugwinkel Ψ der Bodenteilchen ist dem Abscherwinkel des Bodens vor dem Halter gleich, der für die vorderkaukasische Schwarzerde bei einer Festigkeit von 4 kp/cm² und einer Feuchtigkeit von 20 % 38 bis 40° zur Waagerechten betrug [3]. Unter den Laborverhältnissen wurden die schwingenden Arbeitswerkzeuge bei verschiedenen Schwingungsweiten des Schares und Schwingungszahlen untersucht [2].

Versuche zeigten, daß bei einem schwingenden Arbeitswerkzeug mit parabolischer Schneidkante der Ausschlagwinkel des Schares von der Fahrtrichtung 30° nach einer Seite betragen soll. Die Schwingungszahl ist in den Grenzen zwischen 180 und 280 je min in Abhängigkeit von der Fahrgeschwindigkeit zu wählen.

Beim Einsatz eines schwingenden Arbeitswerkzeuges wurde unter den oben erwähnten Arbeitsbedingungen während der

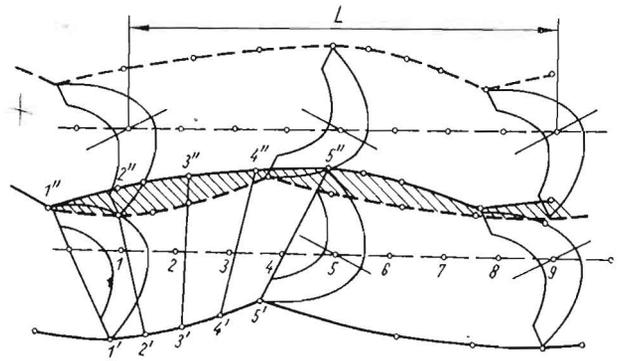


Bild 3. Diagramm der Bewegung zwei nacheinander folgender schwingender Arbeitswerkzeuge

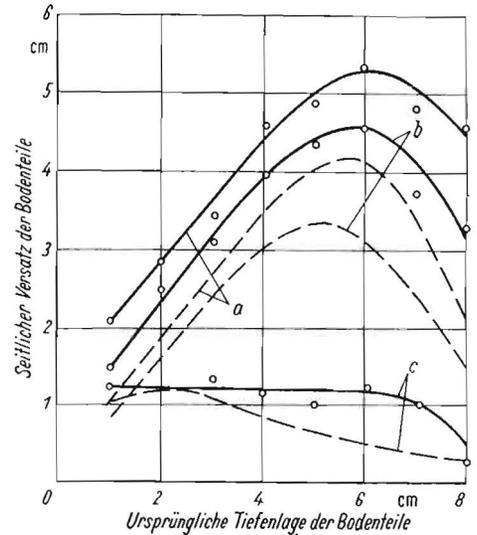


Bild 4. Seitlicher Versatz der Bodenteilchen mit aktivem (gestrichelte Linie) und passivem Grubberschar (volle Linien) in Abhängigkeit ihrer ursprünglichen Anordnung in der Senkrechten im Abstand von der Durchgangslinie des Halters von 3 (a), 7 (b) und 10 cm (c)

durchgeführten Untersuchungen kein Verstopfen beobachtet. Lediglich unmittelbar vor dem Scharhalter und im Bereich der Scharspitze traten Verklebungen auf. Der klebenbleibende Boden wurde regelmäßig entfernt, neuer Boden setzte sich aber immer wieder fest, da vor dem Halter eine Stillstandzone entstand, die das Aufhalten des Bodens begünstigte. Dieser Boden hatte jedoch praktischen keinen Einfluß auf den technologischen Arbeitsprozeß des Schares. Die Verklebung läßt sich auf ein Minimum reduzieren, wenn das Schar am Halter ohne Mansch befestigt wird.

Schlußbemerkung

Der Grubber wurde, trotz seiner auffallenden Vorzüge gegenüber dem alten, bisher noch nicht in die Serienproduktion aufgenommen, da ein zuverlässiger Antrieb für die schwingenden Arbeitswerkzeuge fehlt. Der vorhandene Antrieb kompliziert sehr die Konstruktion, besonders bei der Koppelung von 2 bis 3 Geräten.

Literatur

- [1] SMIRNOW, I. I. / G. N. DJATSCHENKO: Untersuchung der Geometrie und der Arbeitsbedingungen aktiver Grubberschare bei erhöhten Fahrgeschwindigkeiten. Traktoren und Landmaschinen (1964) H. 6
- [2] DJATSCHENKO, G. N.: Untersuchung aktiver Arbeitswerkzeuge des Grubbers beim Einsatz mit erhöhten Fahrgeschwindigkeiten. Konstruktion und Herstellung von Landmaschinen, Veröffentlichung der Universität Rostow, 1964
- [3] DJATSCHENKO, G. N.: Untersuchung aktiver Arbeitswerkzeuge von Grubbern. Mechanisierung und Elektrifizierung der soz. Landwirtschaft (1966) H. 3