

51/146

Zaika, P.M.

Kandidat der technischen Wissenschaften Charkower Institut
für Mechanisierung und Elektrifizierung der Landwirtschaft

PARAMETER DER GRENZREGIME BEI DER VIBRATIONSTRENNUNG
VON KORNGEMISCHEN

Übersetzung aus:

Mechanizacija i elektrifikacija socialističeskogo sel'skogo
chozjajstva. Moskva, 1975, Nr 8, S. 10 - 12.

УДК 631.362.3

Russ.: **Параметры граничных режимов**

вибросепарации зерновых смесей

Parametry graničnych režimov
vibroseparatorii zernovykh smesej

1-75/04-0275 Z a i k a, P. M.; Parametry granichnykh rezhimov vibro-
separatorii zernovykh smesej (Parameter der Grenzregime bei der Vibrations-
trennung von Korngemischen); Mechaniz. i Elektrifik. social. sel'skogo
Choz., Moskva (1975) 8, S. 10-12, 2 Abb.; B14:ZB 849

Korngemische können auf ideales Fließgut zurückgeführt werden, Kräfte
treten dabei an den Kontaktflächen und infolge der Reibung auf. 3 Einwir-
kungsprinzipien der Arbeitsorgane auf die Mischung werden unterschieden
und beschrieben. Ausgehend von der math. Beziehung für das dynam. Gleich-
gewicht auf schwingenden Sieben werden die Vorgänge auf schwingenden Ho-
rizontalsieben math. beschrieben und graf. dargestellt. Die analyt. Be-
trachtungen des Prozesses der Vibrationstrennung an den Grenzen der Ein-
wirkungen der 3 Bewegungsformen erlauben die Bestimmung der kinemat. Re-
gimeparameter in Abhängigkeit vom Reibungskoeff., dem Bewegungswinkel
der Schwinge der Arbeitsorgane u. a. Einflußfaktoren.

H. Fitzthum. 5315c.

Übersetzungsstelle
der Universitätsbibliothek Stuttgart

Körnige landwirtschaftliche Haufwerke kann man zu den idealen Schüttgütern zählen. Die einzelnen Bestandteile eines solchen Gutes wirken durch die Normalkräfte an den Kontaktflächen und durch die Trockenreibungskräfte gegenseitig aufeinander ein. Bei ausreichend starken Vibrationen des Arbeitsorganes zerstört die Einwirkung der zeitlich variablen Trägheitskräfte das Kräftegleichgewicht im Haufwerk, was zu einer Verschiebung der Teile führt. Bei einigen charakteristischen Vibrationsregimen verhält sich das Schüttgut bei konstanten oder (verglichen mit der Geschwindigkeit der Vibrationen) langsamen Einwirkungen (z.B. bezüglich der Einwirkung des Trägheitskraftfeldes) wie ein System mit zähem Widerstand, d.h. im bekannten Sinne analog zu einer Flüssigkeit mit Zähigkeitskoeffizient, der wesentlich von den Vibrationsparametern abhängt. Auf diese scheinbare Verflüssigung des den Vibrationen ausgesetzten Korngemisches haben viele Forscher verwiesen: aus der Sicht der deterministischen Theorie wurden diese Aufgaben in den Arbeiten von A.F. Ul'janov, G.E. Listopad, I.I. Blechman, V.V. Gortinskij, V.N. Cecinovskij, R.N. Volik, N.M. Zacharov u.a. gelöst; ein stochastisches Lösungsverfahren wurde in einigen Arbeiten von E.I. Nepomnjaščij angewandt.

Man unterscheidet drei Einwirkungsprinzipien der Arbeitsorgane auf das Korngemisch. Der durchschnittlich stabile dynamische Zustand des Schüttgutes, bei dem es verdichtet wird, heißt verdichtetes Gut (verdichtete Schicht), und die entsprechenden Vibrationsregime verdichtende (A in Abb. 1). Der durchschnittlich stabile dynamische Zustand des Schüttgutes, bei dem eine Richtungsverschiebung von Teilen verschiedener Dichte (oder inhomogener Korngröße) eintritt, heißt vibroverflüssigtes Gut (vibroverflüssigte Schicht), und die entsprechenden Vibrationsregime Vibroverflüssigungsregime (D in Abb. 1). Der durchschnittlich stabile dynamische Zustand des Schüttgutes, für den eine ungeordnete Bewegung der Komponenten charakteristisch ist, wurde vibrosiedendes Gut (vibrosiedende Schicht) genannt, und die entsprechenden Vibrationsregime Vibrosiederegime (E in Abb. 1).

Das Korngemisch, das der Vibrationseinwirkung unterworfen ist, befindet sich auf einem horizontalen Arbeitsorgan bis zu dem Zeitpunkt im Zustand relativer Ruhe, solange die Gleichung des dynamischen Gleichgewichts [1]

$$\tau \leq \pm \Phi(\sigma), \quad (1)$$

erfüllt wird, mit τ - Höchsts Schubspannung; $\Phi(\sigma)$ - funktionale Abhängigkeit der Höchsts Schubspannung von der Normalspannung σ , die für ideale Schüttgüter

$$\Phi(\sigma) = \sigma \operatorname{tg} \mu \quad (2)$$

ist (hier bezeichnen μ und $\operatorname{tg} \mu$ den Winkel und Koeffizienten der Innenreibung).

Wie in [1] und [2] gezeigt wurde, bringen die Trägheitskräfte des schwingenden Gutes, wenn man sie mit den Schwerkraften addiert, das Korngemisch in ein neues Schwerkraftfeld. Die Dichte in einem solchen Feld nennen die Verfasser bedingtes dynamisches Volumengewicht; genauer sollte sie als bedingte dynamische Dichte

$$\gamma_A = \gamma \frac{(g + j)}{g}, \quad (3)$$

bezeichnet werden, mit γ - Dichte des Gutes, j - Beschleunigung der Schwingungen.

Wenn man diesen Arbeiten folgt, dann kann man die kinematischen Anfangsbedingungen für die Vibrationstrennung, d.h. die Bedingungen, bei denen das relative Gleichgewicht des Schüttgutes zerstört wird, aus den Formeln

$$\eta_{g\sigma} \geq \frac{\sin \varepsilon (1 + v_\mu^4) - \sqrt{\sin^2 \varepsilon (1 - v_\mu^4)^2 - (1 - v_\mu^4)^2}}{(1 - v_\mu^4)} \quad (4)$$

und

$$\eta_{g\tau} \geq \frac{\sin \mu}{\cos(\mu - \varepsilon)}. \quad (5)$$

ermitteln, mit $\eta_{g\sigma}$ und $\eta_{g\tau}$ - Verhältnis der Größe der Normal- und Tangentialkomponenten der Beschleunigung des Arbeitsorgans zur Beschleunigung der Trägheitskräfte; ε - Schwingungsrichtwinkel in vertikaler Ebene;

$$\nu_{\mu} = \frac{1 - \sin \mu}{1 + \cos \mu} \quad (6)$$

- Beweglichkeitskoeffizient des Schüttgutes.

Die Funktion $\eta_g(\varepsilon, \mu)$ wird mit zwei Gleichungen geschrieben, damit bei kleinen ε die Schubspannungen und die Festigkeitsbedingung des Gutes

$$(1 - \eta_g \sin \varepsilon) \operatorname{tg} \mu \leq \eta_g \cos \varepsilon, \quad (7)$$

in der Verformung der Schicht die vorrangige Rolle spielen, und bei großen ε die Normalspannungen (Zug-, Druckspannungen) und die Festigkeitsbedingung des Gutes

$$\sigma_{g \min} \geq \nu_{\mu}^2 \sigma_{g \max}, \quad (8)$$

mit

$$\sigma_{g \min} = \sigma_{g \max} \sqrt{(1 \pm \eta_g \sin \varepsilon)^2 + \eta_g^2 \cos^2 \varepsilon}. \quad (9)$$

Basierend auf den oben angeführten Formeln wollen wir den Einfluß von einigen Parametern auf die Grenzwerte der charakteristischen Schichtungsregime von Schüttgut untersuchen. Zuerst untersuchen wir den Bereich der kontinuierlichen Regime. In diesem Fall werden die kinematischen Anfangsbedingungen des Gleichgewichts nach den Formeln (4), (5) bestimmt. Aus Abb. 1 ist ersichtlich, daß es für die Verformung der Mischungsschicht bei verschiedenen ε notwendig ist, ihr die Beschleunigungen mit den verschiedenen Größen mitzuteilen. Wenn $\mu < 45^\circ$ ist, dann entsprechen die kleineren $\eta_{g\tau}$

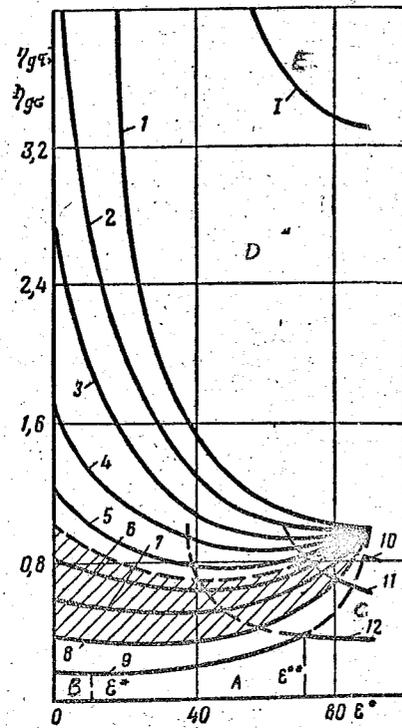
den kleineren ϵ . $\eta_{gr\min}$ entspricht jedoch nicht $\epsilon = 0$, da die Funktion $\eta_{gr}(\epsilon)$ im Intervall $0 \leq \epsilon \leq 0,5\pi$ ein Minimum besitzt. Wenn wir die Funktion auf das Extremum untersucht haben, dann erfahren wir, daß der Minimalwert der Beschleunigung

$$\epsilon^* = \mu. \quad (10)$$

entspricht.

Abbildung 1. Abhängigkeit der Parameter $\eta_{g\sigma}$ und η_{gr} des Schwingungsregimes von ihrem Richtungswinkel ϵ :

1 - 9 - Abhängigkeit $\eta_{gr} = f(\epsilon)$ bei einem Innenreibungswinkel von jeweils $90, 80, 70, 60, 50, 40, 30, 20$ und 10° ; 10 - 12 - Abhängigkeit $\eta_{g\sigma} = f(\epsilon)$ bei μ von jeweils $30, 20$ und 10° ; I - bei $\eta_{g\sigma}$, die $3,3 g$ entspricht.



Dann nimmt Formel (5) folgende Gestalt an:

$$\eta_{gr\min} = \sin \mu. \quad (11)$$

Vom Blickpunkt der Zerstörung des Gleichgewichts der Schicht ist der optimale Richtungswinkel der Schwingungen somit gleich dem Reibungsinnenwinkel des Korngemisches.

Einzelfälle - horizontale und vertikale Schwingung des Arbeitsorganes - müssen den folgenden Bedingungen des relativen Gleichgewichts der Mischung entsprechen:

$$\eta_{g\tau} \geq \operatorname{tg} \mu^*; \quad (12)$$

$$\eta_{g\sigma} \geq \frac{1 - v_{\mu}^2}{1 + v_{\mu}^2}. \quad (13)$$

Im Intervall $0 < \varepsilon < 0,5\pi$ werden diese Bedingungen nach (4) und (5) bestimmt, wobei den kleineren ε die Werte $\eta_{g\tau}$ entsprechen, wie sie nach Formel (5) errechnet wurden, den größeren die nach Formel (6). Für $\varepsilon = 50^\circ$ und $\mu = 10^\circ$ z.B. ist der Parameter $\eta_{g\tau} = 0,22$ und $\eta_{g\sigma} = 0,43$, und für $\varepsilon = 80^\circ$ und dasselbe μ ist der Parameter $\eta_{g\tau} = 0,5$ und $\eta_{g\sigma} = 0,35$. Deshalb muß im ersten Fall Formel (5) verwendet werden, da $\eta_{g\tau} < \eta_{g\sigma}$, und im Zweiten Fall Formel (6), da $\eta_{g\sigma} < \eta_{g\tau}$. Die Grenze der Veränderungsbereiche dieser Formeln entspricht ε^{**} , das durch den Schnittpunkt der Kurven der Funktionen $\eta_{g\tau}(\varepsilon)$ und $\eta_{g\sigma}(\varepsilon)$ in Abb. 1 oder durch Berechnung aus der Transzendentengleichung

$$\begin{aligned} & (\sin^2 \mu + 1)(1 - v_{\mu}^4) + \sin^2 \varepsilon^{**}(1 + v_{\mu}^4) \cos^2(\mu - \varepsilon^{**}) - \\ & - 1 - 2 \sin \mu (1 - v_{\mu}^4) \cos(\mu - \varepsilon^{**}) \times \\ & \times \sin \varepsilon (1 + v_{\mu}^4) = 0. \end{aligned} \quad (14)$$

bestimmt wird.

Somit ist Formel (5) im Falle $0 < \varepsilon \leq \varepsilon^{**}$ anwendbar und Formel (4), wenn $\varepsilon^{**} \leq \varepsilon < 0,5\pi$. Aus Abb. 1 geht auch hervor, daß sowohl die minimalen Scheitelwerte der Beschleunigung des Gemisches in übertragener Bewegung, bei denen ihr Gleichgewicht zerstört wird, nicht den Grenzwerten ε (Null und $0,5$) entsprechen, sondern $\varepsilon^* > 0$ und $\varepsilon^{**} < 0,5\pi$ ist.

Wie aus Abb. 1 und 2a klar ersichtlich ist, steigt der Wert ϵ^{**} mit zunehmendem μ an, wobei auch $\mu \rightarrow 0,5\pi$, wenn $\epsilon^{**} \rightarrow 0,5\pi$, und bei $\mu \rightarrow 0$ wird auch $\epsilon^{**} \rightarrow 0$. In Abb. 2 sind ebenfalls die Kurven der Funktionen $\epsilon^*(\mu)$ und $\epsilon_0(\mu)$ dargestellt. Letztere stellt die Kurve der Grenzwerte von ϵ dar, die aus (4) bestimmt werden unter der Annahme, daß der Ausdruck unter der Wurzel positiv ist, d.h.

$$\epsilon_0^* = \arcsin \frac{(1 - \gamma_\mu^4)}{(1 + \gamma_\mu^4)}. \quad (15)$$

Die Grenzen der Veränderung von ϵ^* , ϵ_0^* und ϵ^{**} sind gleich (Abb. 1 und 2a). Die gestrichelten Veränderungsbereiche der Kennwerte $\eta_{g\tau}(\epsilon)$, $\eta_{g\sigma}(\epsilon)$, $\epsilon^*(\mu)$, $\epsilon_0^*(\mu)$ und $\epsilon^{**}(\mu)$ entsprechen den am meisten verbreitetsten Korngemischen landwirtschaftlicher Kulturen und ihrer Unkräuter: die untere Grenze entspricht Hirse ($\mu = 22^\circ$), die obere den Sonnenblumenkernen ($\mu = 45^\circ$). Wie man aus Abb. 1 erkennen kann, tritt der Gleichgewichtsverlust von Korngemischen bei Scheitelwerten der Beschleunigung, die kleiner sind als g , ein, d.h. $\eta_{g\nu} < g$ ($\nu = \tau$ oder $\nu = \sigma$), wobei mit geringeren Koeffizienten der Innenreibung $\eta_{g\nu} < g$ abnimmt.

Wenn man nicht Korngemische Landwirtschaftlicher Kulturen, sondern die in der Schicht ablaufenden Vorgänge für Schüttgemische insgesamt untersucht, so folgt aus Abb. 1, daß für Stoffe mit geringer Bewegung ($\mu = 70 - 80^\circ$) und bei geringen Richtungswinkeln der Schwingungen ($\epsilon = 0 - 10^\circ$) der Parameter $\eta_{g\tau} \gg 1$ ist. Folglich ist es schwieriger, bei geringen ϵ die Komponenten eines Schüttgemisches mit geringer Bewegung in relative Bewegung zu bringen: Wenn $\epsilon = 0,5\pi$, dann tritt der Verlust des stabilen Gleichgewichts des Gemisches bereits bei $\eta_{g\sigma} \cong 1$ ein, d.h. infolge dessen, daß sich die Teilchen voneinander und vom Arbeitsorgan lösen. Der Minimalwert von $\eta_{g\nu}$ wird aus (10) bestimmt. Sogar im Falle $\epsilon = 0,5\pi$ (vertikale Vibrationen) wird das Gleichgewicht der Schicht bei Scheitelwerten der Beschleunigung, die

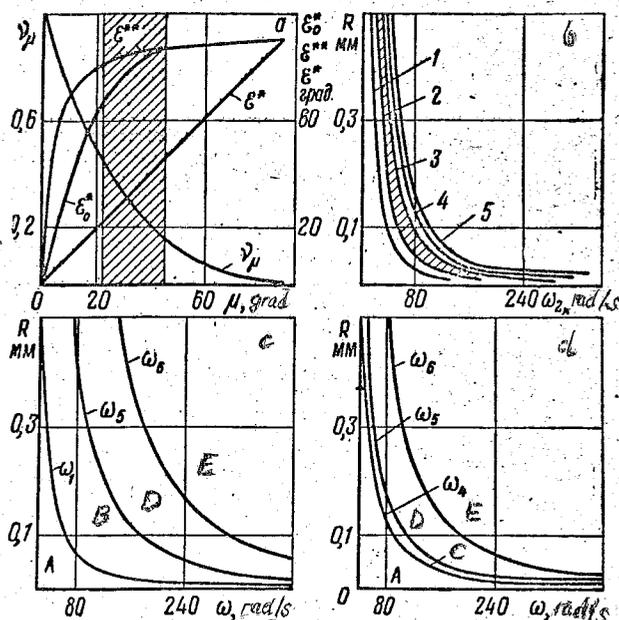


Abbildung 2. Einfluß des Innenreibungswinkels μ und der Schwingungsfrequenz ω auf die Parameter des Segregationsregimes:
 1 - 5 - bei μ von jeweils 10, 20, 40, 60 und 90°.

kleiner als g sind (13), zerstört, d.h. im Bereich der kontinuierlichen Bewegung des Gemisches. Für die verbreitetsten Korngemische ist $\eta_{g\sigma} = (0,7 - 0,9)$ bei vertikalen Vibrationen. Bei den ihnen ähnlichen Regimen ist die Zerstörung des Gleichgewichts begleitet von einer Verdichtung des Gemisches: Teile mit kleinerem Umfang füllen die Poren zwischen den großen Teilen, und dieser Prozeß verläuft kontinuierlich, da das vorhandene Kräftefeld einen kontinuierlichen gerichteten Strom der Kleinteilchen bedingt. Auf diese Weise kann man sogar bei nicht kontinuierlichen Vibrationsbetrieben die analoge Erscheinung der Feinfraktion im Erdanziehungskraftfeld erklären (Segregationserscheinung).

Die den horizontalen Regimen ähnlichen Vibrationsregime - Veränderungsbereich (12) - sind begleitet von einer starken Schichtung und geringer Verdichtung der Schicht; man kann sie als Schichtungs-

Verdichtungs-Regime bezeichnen (Bereich B). Für Vibrationsregime, die den vertikalen ähnlich sind - Veränderungsbereich von Formel (13) -, ist eine stärkere Verdichtung und geringere Schichtung des Gemisches charakteristisch; man kann sie als Verdichtungs-Schichtungs-Regime bezeichnen (Bereich C). Ein Korngemisch mit geringer Bewegung ($\mu \rightarrow 0,5 \pi$ und Reibungskoeffizient $f \rightarrow 1$) kann mit einem Festkörper verglichen werden, der sich gemeinsam mit dem Arbeitsorgan bewegt. Die Zerstörung des Gleichgewichts des Gemisches kann in diesem Fall infolge Loslösens der Teile voneinander und vom Sieb eintreten. Die Graphik der Funktion (bei $\mu = 0,5 \pi$)

$$\eta'_{gr} = \sin^{-1} \epsilon, \quad (16)$$

dient als Grenze der Bereiche der nicht kontinuierlichen und der kontinuierlichen Bewegung. Für $\eta > \eta'_{gr}$ wird das Korngemisch infolge Loslösens intensiver geschichtet und geht allmählich in den Zustand der Vibroverflüssigung über (Bereich D), bei dem die Widerstandskräfte merklich ab und die Umverteilungsgeschwindigkeiten zunehmen. Je nach weiterer Zunahme der Schwingungsintensität des Arbeitsorgans geht das Korngemisch in den Zustand des Vibrosiedens über; hier sind die Zirkulationsströme der Körner und teilweise von Luft in den einen Bereichen des Gemisches förderlich, in den anderen verhindern sie die gerichtete Verlagerung der Teilchen, deren physikalisch-mechanische Eigenschaften sich von den durchschnittlichen analogen Eigenschaften eines Gemisches (Stoffes) unterscheiden. Bei seinem Übergang zum turbulenten Kochen können die nach oben aufgeschwemmten großen Teilchen wieder in die Schicht absinken und die feinen Teilchen, welche bis zum Sieb abgesunken sind, erneut auf die Oberfläche der Schicht hochgeschwemmt werden. Dies wird durch experimentelle Untersuchungen bestätigt, die gezeigt haben, daß der Übergang einer vibroverflüssigten Schicht in eine vibrosiedende von einer Abnahme der Werte der Parameter der in der Schicht ablaufenden Vorgänge begleitet wird. Deshalb sind von der Segregation her die Vibroverflüssigungsvorgänge mit Scheitelwerten der vertikalen Vibrationen vorzuziehen, die nach den Versuchsdaten gleich 1,5 - 2,5 sind. Die

obere Grenze kann man annähernd als Vibroverflüssigungsregime mit vertikaler Komponente der Beschleunigungsgröße ansehen, die gleich (3,3 - 3,7) g ist, was der Bewegung des Teilchens auf dem Arbeitsorgan unter kontinuierlichem Durcheinanderwirbeln entspricht. Wenn man die Ausrichtung der Schwingungen des Siebes berücksichtigt, so nehmen die Amplitudenwerte der Grenzbeschleunigungen mit abnehmendem ε (Abb. 1) nach der Abhängigkeit

$$\eta_{g_{\text{min}}} = (3,3 + 3,7)(\sin \varepsilon)^{-1}. \quad (17)$$

zu.

Um den Unterschied der physikalisch-chemischen Eigenschaften von Korngemischen zu berücksichtigen, muß die nachfolgende Präzisierung der Grenzen dieser Regime durchgeführt werden.

In Abb. 2b ist der Einfluß des Innenreibungswinkels auf die Grenzen der Regime abgebildet, die nach Bedingung (11) errechnet werden:

$$\omega_2 = \sqrt{\frac{g \sin \mu}{R}}. \quad (18)$$

mit R - resultierende Schwingungsamplitude des Arbeitsorgans.

Aus den Graphiken geht hervor, daß den großen Innenreibungswinkeln eines Gemisches eine intensivere Einwirkung des Arbeitsorgans auf das Korngemisch entsprechen muß, die zu einer Zerstörung seines Gleichgewichts führen muß. Die Kurve, welche $\mu = 90^\circ$ entspricht, dient als Grenze von diskontinuierlicher und kontinuierlicher Bewegung, der Bereich der Grenzregime für Korngemische landwirtschaftlicher Kulturen ist gestrichelt. Aus Abb. 2b geht hervor, daß ihre Beweglichkeitsregime weit unter der Untergrenze der aufgelockerten Schicht liegen.

Aus den Bedingungen (4) und (5) kann man das Verhältnis zwischen den Parametern ermitteln, die auf die Schichtung des Korngemisches Einfluß nehmen: für kleine ε ist

$$\omega_1 = \sqrt{\frac{g \sin \mu}{R \cos(\mu - \varepsilon)}}. \quad (19)$$

für große ε ist

$$\omega_4 = \sqrt{\frac{g \sin \varepsilon (1 - \nu_\mu^4) - \sqrt{\sin^2 \varepsilon (1 + \nu_\mu^4)^2 - (1 - \nu_\mu^4)^2}}{R (1 - \nu_\mu^4)}} \quad (20)$$

für vertikale Schwingungen ist

$$\omega_1 = \sqrt{\frac{g (1 - \nu_\mu^2)}{R (1 + \nu_\mu^2)}} \quad (21)$$

für $\mu = 0,5 \pi$ (Festkörper) ist

$$\omega_1 = \sqrt{\frac{g}{R \sin \varepsilon}} \quad (22)$$

Nach den Formeln (18) - (22) wurden die Graphiken der Grenzregime für Maiskörner mit Beimischungen ($\mu = 26^{\circ}40'$) aufgestellt. Abb. 2c entspricht $\varepsilon = 20^{\circ}$ (Regime, die an horizontale Vibrationen herankommen), und Abb. 2d dem Winkel $\varepsilon = 80^{\circ}$ (an vertikale). Wie ein Vergleich dieser Graphiken zeigt, nimmt der Bereich A (unverformte Schicht) mit abnehmendem ε ab, während gleichzeitig der Bereich B der Schichtungs-Verdichtungsregime im ersten Fall viel größer als der Bereich C der Verdichtungs-Schichtungsregime im zweiten ist. Dasselbe kann auch über den Bereich D der Vibroverflüssigungsregime gesagt werden. Die Bereiche B, D u. E in Abb. 2d) sind mehr zusammengedrückt als die Bereiche B, D und E in Abb. 2c). Deshalb bedingt $\varepsilon = 80^{\circ}$, die notwendigen technologischen Regime der Vibroverflüssigung und des Vibrosiedens bei kleineren Scheitelwerten der Beschleunigung zu ermitteln. Von diesem Gesichtspunkt her sind Vibrationen, die an vertikale herankommen, ökonomischer. Die Begründung der notwendigen technologischen Regime muß man jedoch auch mit der Geschwindigkeit der Vibrationsverlagerung des zu bearbeitenden Materials auf dem Arbeitsorgan verbinden. Deshalb kommen die optimalen Regime an die vertikalen Vibrationen bei geringen Neigungswinkeln des Siebes zur Horizontale heran.

Schlußfolgerungen

Analytische Ausdrücke für die Anfangsbedingungen der Vibrations-trennung und der Grenzen der drei Hauptregime, wie die Arbeitsorgane auf das Korngemisch einwirken, gestatten es, die Kinematischen Parameter der Vibrationstrennungsregime der Körner - Verdichtungs-, Vibro-flüssigungs- und Vibrosiederegime - in Abhängigkeit vom inneren Reibungskoeffizienten und dem Richtungswinkel der Schwingungen des Arbeitsorgans zu bestimmen.

L I T E R A T U R

1. Зенков Р. Л. Механика насыпных грузов. М. Машиностроение, 1952.

Zenkov, R. L.:

Mechanika nasypnych грузов.

Moskva: Gosudarstvennoe naučno-techničeskoe izdatel'stvo mašinstroitel'noj literatury, 1952.

⟨Mechanik der Schüttgüter⟩

2. Листопад Г. Е. Вибросепарация зерновых смесей. Волгоградское книжное издательство, 1963.

Listopad, G. E.:

Vibroseparacija zernovyh smesej.

Volgograd: Volgogradskoe knižnoe izdatel'stvo, 1963.

⟨Die Vibrationstrennung von Korngemischen⟩

Stuttgart, den 25. Februar 1977

übersetzt von

Ottmar Pertschi

(Ottmar Pertschi)

Dipl.-Übersetzer