

12/308

Baev, V. V.

(Ingenieur, Nordkaukasus-Filiale des Unions-Forschungsinstituts für Mechanisierung der Landwirtschaft¹⁾)

MATHEMATISCHE MODELLE FÜR DIE ABTRENnung DER KÖRNER AUF DEM SCHÜTTLER EINES MÄHDRESCHERS

Deutsche Vollübersetzung aus:

Povyšenie éffektivnosti ispol'zovanija sel'skochozjajstvennoj techniki v rastenievodstve. Sbornik naučnych trudov.

Stavropol': Stavropol'skij sel'skochozjajstvennyj institut, 1983, S. 42 - 47.

Russ.: Математические модели сепарации зерна на соломотрясе зерноуборочного комбайна

Matematičeskie modeli separacii zerna na solomotrjase zernouboročnogo kombajna

es werden die von verschiedenen vff. ausgearbeiteten modelle fuer hordenschuettler angegeben und miteinander verglichen. daraus sind methoden und ergebnisse abgeleitet, die mit gezielten experimentellen untersuchungen zu rationelleren und genaueren werten fuehren. ausgedroschene koerner werden in abhaengigkeit von der schuettlerlaenge sowie von konstruktiven und kinemat. kennwerten abgetrennt. diese auswahl ist notwendig fuer die aufstellung eines math. models zur erfassung des trennprozesses von dreschgut auf stronschuettlern. - g. reumschuessel.

1) Vsesojuznyj naučno-issledovatel'skij institut mehanizacii sel'skogo chozjajstva. Severo-Kavkazskij filial (Anm.d.Übers.)

Von aktueller Bedeutung ist heute die Klärung der Frage, wie zweckmäßig die Verwendung von Schüttlern in neuen Dreschmaschinen ist. Eine gewisse Hilfe bei der Suche nach besseren Konstruktionslösungen für das klassische Dreschverfahren können theoretische Berechnungen bieten, die durch das mathematische Modellieren des Abtrennvorganges in den Arbeitsorganen, insbesondere auf dem Schüttler ermittelt werden. Bei der Aufstellung eines mathematischen Modells für einen derartigen Vorgang greift man zweckmäßigerweise auf die Ergebnisse aus früheren theoretischen Untersuchungen zurück. Von M.N. Letošnev /1/ stammt der Vorschlag und von I.F. Vasilenko /2/ die Begründung für die Exponentialfunktion

$$y = ae^{-\mu L} \quad (1)$$

zur Beschreibung des Kornsiebens auf einem Schüttler in Abhängigkeit von seiner Länge L . Hier bezeichnet a die Startbelegung, kg/s ; μ den Kornabtrennungskoeffizienten; e die Basis der natürlichen Logarithmen.

In der Arbeit /2/ wurde außerdem die Gleichung

$$y = \frac{L}{mL + b} \quad (2)$$

untersucht, mit m und b als Koeffizienten.

In der Arbeit /3/ ist die zeitliche Verteilung der Kornabscheidung ausgedrückt durch die Gleichung

$$y = at^b e^{-ct}, \quad (3)$$

wobei t Abtrennzeit und a, b, c Konstanten sind.

Nach Entwicklung von Gleichung (1) in der Arbeit /4/ wurde zum selben Zweck die Gleichung

$$y = ae^{-L^2} \quad (4)$$

vorgeschlagen, und in der Arbeit /5/

$$y = ae^{-\frac{k}{1,25} L^{1,25}} \quad (5)$$

Gleichung (1) wurde auch in den anderen Arbeiten /6, 7/ benutzt. In ihnen ist die Bedeutung des Kornabtrennungskoeffizienten μ offenkundig weniger groß. In der Arbeit /8/ wird eine einfache Gleichung für die nicht abgeschiedene Kornmenge in relativen Einheiten vorgeschlagen:

$$y = e^{-kL}, \quad (6)$$

mit k Koeffizient.

Anderer Art waren die in den Arbeiten /9, 10/ vorgeschlagenen Gleichungen. Zur Beschreibung der Gesetzmäßigkeit der Kornabscheidung ξ in Abhängigkeit von der Schüttlerlänge wurden hierbei die Gleichungen

$$\xi = kL^{-m} e^{-nq_c} \quad \text{und} \quad \xi_c = k_c L^{-m} q_{cc}^{-n}$$

benutzt, wobei k, m, n Koeffizienten, q_c der Durchsatz des Dreschguts und q_{cc} der spezifische Durchsatz des Dreschguts sind.

An ihrer Stelle wählten wir Gleichung

$$\xi = kL^{-a} \quad (7)$$

mit a als Koeffizient. Sie wurde der Arbeit /9/ zugrundegelegt.

Neben diesen Gleichungen wurde zum Vergleich auch die Wahrscheinlichkeitsgleichung

$$P_q(L) = \frac{1}{\Gamma(q)} \int_0^{\alpha' L} e^{-\lambda} \lambda^{q-1} d\lambda \quad (8)$$

herangezogen, die in /11/ zur Beschreibung der relativen Menge abgetrennter Körner benutzt wurde. In (8) ist $\Gamma(q)$ Gamma-Funktion.

Die analytischen Ausdrücke (1 - 8) geben die Abhängigkeit der qualitativen Werte der Arbeitsweise eines Schüttlers von seiner Länge wieder, einige Ausdrücke auch die vom Durchsatz q des Korn- oder Dreschguts, jedoch beschreiben alle ein und denselben

Kornabtrennungsvorgang. Ihre Abweichungen beruhen auf Unbestimmtheiten in darauffolgenden Untersuchungen und erschweren die Anwendung dieser Formeln bei Untersuchungen von Schüttlern. Sie machen auch erhebliche Schwierigkeiten bei der Aufstellung eines mathematischen Modells über den technologischen Vorgang von Schüttlern und Dreschmaschinen. Dementsprechend bestand unsere Aufgabe darin, aus den vorhandenen Modellen (1 - 8) ein genügend einfaches Modell zu entwickeln, das den physikalischen Sinn am wahrheitsgetreuesten wiedergibt, wenn man die vorhandenen Versuchsdaten einsetzt.

Um die notwendigen Versuchsdaten über das Abtrennen eines freien Korns auf einem Schüttler zu gewinnen, wurde ein Versuchsstand konstruiert, bestehend aus Zubringer, Schrägförderer, Dreschvorrichtung (aus Teilen des Mähdreschers SKD-5) und Hordenschüttler (aus den Horden des Mähdreschers SK-5).²⁾ Die Länge der Dreschmaschine betrug ohne Putzvorrichtung 1 200 mm. Der Zubringer wurde durch einen 55 kW-Elektromotor angetrieben, wodurch eine Geschwindigkeit von 1 m/s für das Zubringerband und das Korngut erreicht wurde. Zum Antrieb des Schrägförderers mit der Dreschtrommel und des Hordenschüttlers wurden zwei Elektromotoren mit 55 kW und 4,5 kW benutzt. Die Dreschtrommel hatte dadurch eine Drehzahl von 1 150 U/min, die Schüttlerwelle von 196 U/min.

Im Verlauf dieser Versuche betrug die Feuchtigkeit des von uns untersuchten Weizens der Marke Bezostaja-1³⁾ im Korn 8,3 % und im Stroh 13,5 %. Der (faktische) Durchsatz des Dreschguts in die Dreschmaschine wurde in allen Versuchen innerhalb von 0,88 ... 8,21 kg/sec variiert und betrug auf dem Schüttler 0,43...5,74 kg/sec. Jeder Versuch wurde bei dem jeweils gewählten konkreten Durchsatz dreimal wiederholt. Zur Untersuchung von Bereichsabtrennungen wurde die Hordenschüttlerlänge in 5 Zonen unterteilt (Zonenlänge gleich Dreschmaschinenbreite). Die Zonenbreite betrug durchschnittlich 0,73 m. Unter den Horden wurden 5 Proben-

2) Die Abkürzungen "SKD-" und "SK-" stehen für "samochodnyj kombajn (dvuchbarabannyj)": selbstfahrender (Schräm-)Mähdrescher (Anm.d.Übers.)

3) Wörtl.Übers.: "Kolbenweizen" (Anm.d.Übers.)

auffangbehälter aufgestellt. Nach jedem Versuch wurde das ab-
gesonderte Korn-Spreu-Gemisch eines jeden Bereiches mit der
Labor-Dreschmaschine MSK-500 behandelt und somit die Menge der
freien Körner gewonnen. Die Verluste an freien Körnern im Stroh
(Ausfall über die Hordenschüttler) wurden durch abermaliges
Durchschütteln des Strohs bei geringen Durchsätzen auf dem-
selben Schüttler ermittelt.

Bei der Auswertung der Testergebnisse wurden die Versuchsdaten
über die Abtrennung der freien Körner in %-Verhältnissen von
der Schüttlerlänge ermittelt. Die bei den Testuntersuchungen
ermittelten Versuchsdaten wurden benutzt, um das beste mathema-
tische Modell mit Rechnerverwendung und den entsprechenden Pro-
grammen zu finden. In den Programmalgorithmien wurde die Methode
der kleinsten Quadrate benutzt. Ausgehend von einer vergleichen-
den Analyse der Modelle mit Hilfe der Korrelationsbeziehung η
(siehe Tab.), der Fehlergröße für die Korrelationsbeziehung m
und des Wahrscheinlichkeitskriteriums t wurden die Abhängig-
keiten gewählt, die am besten die Versuchsdaten beschreiben.

T a b e l l e

Die Korrelationsbeziehung η für verschiedene Modelle

N _o d. Modells	η	N _o des Modells	η
7	0,572...0,959	3	0,829...0,994
4	0,815...0,990	8	0,880...0,999
6	0,785...0,998	5	0,910...0,999
1	0,938...0,998	2	0,977...0,999

Eine vergleichende Analyse der Gleichungen (1, 2, 5, 8) mit
mehr η -Werten als in den anderen Modellen zeigte, daß in 5
von 14 Versuchen (36 %) die Abhängigkeit (5) dominierte, in
4 Versuchen (28 %) die Abhängigkeit (8) und in 3 Versuchen
(21 %) die Abhängigkeit (2). Abhängigkeit (1) dominierte nur
in 1 Versuch, ebenso die Abhängigkeit (4).

Somit geht aus den Ergebnissen der Analyse der Gleichungen (1 - 8) und ihrer Bewertung durch ein und dieselben Versuchsdaten hervor, daß zur Beschreibung der Abtrennung der freien Körner in Abhängigkeit von der Schüttlerlänge nach unseren Versuchsbedingungen das Determinationsmodell

$$y = ae^{-\frac{R}{1,25}} = L^{1,25}$$

oder das Wahrscheinlichkeitsmodell

$$P_q(L) = \frac{1}{\Gamma(q)} \int_0^{\alpha L} e^{-\lambda} \lambda^{q-1} d\lambda$$

anzuwenden ist.

Die Analyse zeigte auch, daß die Exponentialfunktion (1) und Gleichung (2) bei verschiedenen Versuchen unserer Testreihe nachgewiesenermaßen stabile η -Werte hatten. Nach den Empfehlungen in der Arbeit /2/ gebührt der Gleichung (1) der Vorrang, da sie bei der Beschreibung des Kornabtrennvorgangs einen physikalischen Sinn ergibt.

L i t e r a t u r

1. Летошнев М. Н. Сельскохозяйственные машины. Теория, расчет, проектирование. — М.—Л.: Гос. изд-во с-х лит. 1949. — 856 с.

Letošnev, M.N.

Sel'skochozjajstvennyje mašiny. Teorija, rasčet, proektirovanie. Moskva/Leningrad: Sel'skochozjajstvennaja literatura, 1949, 856 S.

/Landwirtschaftsmaschinen. Theorie, Berechnung, Planung; russ./

2. Василенко И. Ф. Теория соломотряса. — В кн.: Сборник трудов по земледельческой механике, М.—Л.: Сельхозиздат, 1961, т. VI, с. 69—92.

Vasilenko, I.F.: Teorija solomotrjasa.

In: Sbornik trudov po zemledel'českoj mechanike. Moskva/Leningrad: Sel'skochozjajstvennaja literatura, 1961, Bd 6, S. 69 bis 92.

/Theorie der Schüttler; russ./

3. Бублик С. П. К вопросу сепарации грубого вороха. — В кн.: Сборник трудов по земледельческой механике, М.—Л.: Сельхозиздат, 1961, т. VI, с. 53—60.

Bublik, S.P.: K voprosu o separacii grubogo vorocha.

In: Sbornik trudov po zemledel'českoj mechanike. Moskva/Leningrad: Sel'skochozjajstvennaja literatura, 1961, Bd 6, S. 53 bis 60.

/Zur Abtrennung des Grobspreus; russ./

4. Авдеев Н. Е. Теоретическое и экспериментальное исследование работы клавишных соломотрясов. — Дис. ...канд. техн. наук. — М., 1961. — 120 с.

Avdeev, N.E.

Teoretičeskoe i éksperimental'noe issledovanie raboty klavišnyh solomotrjasov.

Dissertacija kandidata techničeskich nauk.

Moskva, 1961, 120 S.

/Theoretische und experimentelle Untersuchung der Arbeitsweise von Hordenschüttlern. Dissertation; russ./

5. Логин А. Д. Исследование процесса сепарирования зерна из соломы: автореф. Дис. ... канд. техн. наук. М., 1962. — 22 с.

Login, A.D.

Issledovanie processa separirovanija zerna iz solomy.

Avtoreferat dissertacii kandidata techničeskich nauk.

Moskva, 1962, 22 S.

/Untersuchung des Abtrennens der Körner vom Stroh. Autorreferat der Dissertation; russ./

6. Кленин Н. И., Попов Н. Ф., Сакун В. А. Сельскохозяйственные машины. М.: Колос, 1970. — 456 с.

Klenin, N/ikolaj/ I/vanovič/, Popov, I/l'ja/ F/edorovič/,

Sakun, V/jačeslav/ A/leksandrovič/

Sel'skochozjajstvennye mašiny.

Moskva: Kolos, 1970, 456 S.

Engl.: Agricultural machines. Theory of operation, computation of controlling parameters and the conditions of operation.

(Transl.: A. Jaganmohan).

Rotterdam: Balkema, 1986, 633 S.

(Russian Translations Series 31)

7. Антипин В. Г. Пропускная способность зерноуборочного комбайна. Мех. и электр. с-х., 1973, № 1, с. 9—11.

Antipin, V.G.: Propusknaja sposobnost' zernouboročnogo kombajna.

In: Mehanizacija i élektrifikacija sel'skochozjajstva. Moskva, 31 (1973), Nr 1, S. 9 - 11.

/Durchlassvermögen von Mähdreschern; russ./

8. Зубков В. И. О режимах сепарации грубого вороха встряхиванием. Сб. статей: Исследование рабочих органов сельскохозяйственных машин, Ростов-на-Дону, 1972, вып. 1.

Zubkov, V.I.: O režimach separacii grubogo vorocha vstrjachivaniem.

In: Issledovanie rabočich organov sel'skochozjajstvennyh mašin.

Rostov-na-Donu: 1 (1972), S. 69 - 75.

/Über die Abtrennung des Spreus durch Rüttler; russ./

9. Пустыгин М. А. Исследование и усовершенствование зерноуборочных комбайнов. — Науч. тр. ВИСХОМ, 1967, вып. 55, Теоретические и экспериментальные исследования в области с-х. машиностроения, с. 266—307.

Pustygin, M.A.: Issledovanie i usoveršenstvovanie zernouboročnyh kombajnov.

In: Naučnye trudy. Vsesojuznyj naučno-issledovatel'skij institut sel'skochozjajstvennogo mašinostroenija im.V.P. Gorjačkina.

Moskva, 1955, Nr 55 (Teoretičeskije i éksperimental'nye issledovanija v oblasti sel'skochozjajstvennogo mašinostroenija), S. 266 - 307.

/Untersuchung und Vervollkommnung von Mähdreschern; russ./

10. Пустыгин М. А. Пути повышения и расчет пропускной способности зерноуборочных комбайнов. — Тракторы и сельхозмашины, 1978, № 11, с. 17—21.

Pustygin, M.A.: Puti povyšeniya i rasčët propusknoj sposobnosti zernouboročnyh kombajnov.

In: Traktory i sel'chozmašiny. Moskva, 48 (1978), Nr 11, S. 17 bis 21.

/Steigerungsmöglichkeiten und Berechnung des Durchlassvermögens von Mähdreschern; russ./

11. Зюлин А. Н., Смирнов Н. А. Теоретическое исследование выделения зерна из соломистого вороха на сепараторах верхнего действия. — Науч. техн. бюл. ВИМ, М., 1970, вып. 7—8, с. 32—35.

Zjulin, A.N., Smirnov, N.A.: Teoretičeskoe issledovanie vydenija zerna iz solomistogo voroča na separatorach verchnego dejstvija.

In: Naučno-techničeskij bjulleten'. Vsesojuznyj naučno-issledovatel'skij institut mehanizacii sel'skogo chozjajstva. Moskva, 1970, Nr 7/8, S. 32 - 35.

/Theoretische Untersuchung der Kornabtrennung aus dem Dreschgut auf Obenabscheidern; russ./

Stuttgart, den 29. Juli 1987

übersetzt von:

Ottmar Pertschi

(Ottmar Pertschi)
Dipl.-Übersetzer