

## CAUZELE UNOR NECLARITĂȚI PRIVIND LEGITĂȚILE PROCESULUI DE TĂIERE A PĂMÂNTULUI

*Prof.dr.hab.M.Andriuță, T.Sârbu, V. Ursu, M. Vangheli,  
Universitatea Tehnică a Moldovei*

### INTRODUCERE

Cercetările experimentale ale proceselor de arat pământul cu plugurile agricole, efectuate în anii douăzeci ai secolului trecut de către acad. V. Goreachkin reprezintă primul pas important în elaborarea teoriei tăierii pământului cu organele executive ale mașinilor agricole, de construcții și ale celor din industria minieră.

Autorul a organizat și a realizat studii experimentale ale procesului de tăiere a pământului cu pluguri agricole de diferite mărci și tipodimensiuni, trase de cai și de tractoare. Meritul lui incontestabil constă nu numai în crearea bazei științifice pentru proiectarea și producerea plugurilor agricole, dar și în faptul că a publicat în întregime informația experimentală, lăsând-o ca un reper pentru urmași, ceea ce mulți cercetători preferă să nu facă (unii savanți „trag după ei scara, pe care au urcat în pod”).

Informația publicată se consideră ca etalon pentru aprecierea corectitudinii noilor rezultate cu toate că unele concluzii ale autorului au dus la nașterea divergențelor de opinii științifice.

În lucrarea de față se prezintă rezultatele analizei noastre a informației experimentale publicate în [1, pag.83-100], în scopul elucidării unor neclarități observate și formulate de către autor în [1, pag. 95].

### 1. NUMITOR COMUN PENTRU FORMULELE RAȚIONALE DE CALCUL A REZISTENȚEI PĂMÂNTULUI LA TĂIERE

Programul primei faze a cercetărilor efectuate de către V.Goreachkin prevedea dinamografierea procesului de arat cu pluguri de diferite mărci și tipodimensiuni și elaborarea, În rezultatul prelucrării informației experimentale cu metode statistice, pentru fiecare tip de plug, a ecuației de regresie pentru calculul forței de tracțiune  $P$ , în funcție de lățimea „ $b$ ” și grosimea „ $h$ ” a brazdei, de forma

$$P = Ab^{\alpha} \cdot h^{\beta} \quad , \quad (1)$$

unde :  $\alpha$  și  $\beta$  sunt exponenții factorilor argumenti „ $b$ ” și „ $h$ ”;  $A$  – factorul liber al regresiei.

Autorul miza pe ipoteza, că valorile numerice ale exponenților factorilor argumenti ai relațiilor obținute pentru fiecare plug vor fi egale între ele, sau nu se vor deosebi semnificativ. Însă, în rezultatul prelucrării informației experimentale privind 13 serii de probe s-au obținut relații, la care valorile numerice ale exponenților factorilor argumenti variaua în limite deosebit de mari.

Din această cauză ipoteza despre oportunitatea utilizării modelelor exponențiale (numite de către autor „iraționale”) pentru descrierea procesului de arat a fost abandonată. Cauzele acestor rezultate nesatisfăcătoare au fost analizate în publicația [2].

Cercetările experimentale au continuat , însă V.Goreachkin a luat decizia de a descompune forța de tracțiune a plugului „ $P$ ” în trei componente: **rezistența de la frecarea plugului pe fundul brazdei**, care-i constantă pentru pământul dat și nu depinde de grosimea brazdei și de viteza deplasării plugului; **rezistența pământului la tăiere** și **rezistența de la aruncarea brazdei de pământ cu viteză**. Relația constituită din trei factori a primit denumirea de formulă **rațională** pentru calculul forței de tracțiune a plugului cu următoarea formă

$$P = f \cdot G + k \cdot b \cdot h + \varepsilon \cdot v^2 \cdot b \cdot h, \quad (2)$$

unde:  $f$  și  $G$  –respectiv coeficientul de frecare a plugului de fundul brazdei și greutatea plugului în  $daN$ ;  $k$ - coeficientul de rezistență specifică a pământului la tăiere ( $daN/m^2$ ), valoarea căruia pentru un pământ concret se considera de către autor constantă;  $v$ - viteza plugului,  $m/s$  (pentru plugurile trase de cai se neglijează, iar pentru cele trase de tractoare, conform ultimilor publicații, are influență nesemnificativă. De aceea în analiza noastră de mai departe nu se va lua în considerație);  $\varepsilon$  - coeficient al influenței vitezei asupra forței de tracțiune;  $b$  și  $h$  – lățimea și grosimea brazdei, în  $m$ .

În rezultatul prelucrării informației experimentale, privind procesul de arat cu pluguri trase de cai și cu pluguri trase de tractoare, prin metoda lui Gauss [1, pag.77] au fost elaborate și publicate **formule raționale** de forma (2) pentru calculul forței de tracțiune a plugurilor de diferite

mărți. Luând în considerație, că plugurile utilizate astăzi sunt atașate la tractoare ( nu se mai târâie de pământ și, deci, forța de frecare a plugului de teren este egală cu zero) și că influența vitezei în limitele până la 2...2,5 m/s este neglijabilă, în studiul de mai departe vom opera numai cu factorul ce reprezintă rezistența pământului la tăiere.

În tabelul de mai jos sunt prezentate rezultatele calculului forțelor de rezistență a pământurilor la tăiere cu 28 de formule raționale de

forma (2) elaborate de către acad. V.Goreachkin și concomitent sunt prezentate rezultatele calculului acelorași forțe  $P$ , în  $daN$ , cu o singură formulă „irațională” elaborată de noi la Universitatea Tehnică a Moldovei în rezultatul prelucrării masivului de informație privind aratul cu plugurile trase de cai de marca  $DM 6''- DM7''$  de forma

$$P = e^{0,1} b^{1,1} h^{0,96} .k \quad (3)$$

**Tabelul 1.** Rezultatele calculului rezistenței pământurilor la tăiere cu plugurile agricole.

Nr. crt.	Marca plugului - numărul de probe efectuate în paralel în seria dată	Dimensiunile medii ale brazdei în serie - lățimea „b” x grosimea „h”, m	Rezistența specifică a păm. la tăiere „k”, în $daN/m^2$ - datele lui V.Goreachchin	Rezistența pământului la tăiere $P$ , $daN$		
				Valoarea experimentală din publicație, în $daN$	Calculată cu relația (2)- (devierea medie relativă, %)	Calculată cu relația (3) - (devierea medie relativă, %)
1	DM6''-3	0,274x0,139	1640	64	62,5 (2)	65,6 (2,5)
2	DM7''-11	0,26x0,175	1640	68	74,6 (10)	77,3 (14)
3	DM8''-11	0,32x0,17	1616	84,3	87,9 (4)	93 (10)
4	DM10''-12	0,3x0,188	1336	81	75,4 (7)	79 (2)
5	DM14''-9	0,34x0,225	1504	129	115 (11)	121 (6)
6	OK6''-4	0,26x0,133	1600	58	55 (5)	57,9 (0,3)
7	OK7''-8	0,29x0,16	1832	91	85 (7)	89,3 (2)
8	OK8''-8	0,346x0,154	1040	61	55,4 (9)	59,4 (3)
9	OK10''-12	0,33x0,19	1272	78	73 (6)	84 (8)
10	OGK6''-8	0,29x0,158	1376	63	63 (0)	66 (5)
11	OGK7''-11	0,27x0,16	1360	71	59 (17)	61,3 (14)
12	OGK8''-13	0,345x0,154	1152	57	61 (7)	66 (16)
13	OGK10''-20	0,35x0,195	1552	113	106 (6)	112,5 (0,4)
14	OK10''-3	0,38x0,19	4040	307	292 (5)	313 (2)
15	OK8''-4	0,33x0,148	4040	230	197 (14)	211 (8)
16	OK7''-6	0,34x0,14	4040	195	192 (2)	206 (6)
17	OG10''-10	0,43x0,184	3600	304	285 (6)	310 (2)
18	OG8''-7	0,36x0,184	3168	216	210 (3)	224 (4)
19	OG7''-10	0,35x0,138	4160	215	201 (7)	216,4 (0,7)
20	OG6''-3	0,32x0,135	4240	181	183 (1)	177 (2)
21	Oiver2x14''-18	0,7x0,13	3214	294	293 (0,3)	338 (15)
22	Deer2x12''-17	0,68x0,199	3308	551	448 (19)	460 (17)
23	Deer2x14''17	0,75x0,085	3308	227	211 (7)	250 (10)
24	Deer2x14''-18	0,73x0,16	3308	451	386 (14)	445 (1)
25	Oliver3x12''18	1,0x0,194	2350	565	456 (19)	538 (5)
26	Rust.3x12''14	0,94x0,22	2265	504	469 (7)	547 (9)
27	Inter3x12''-54	0,968x0,138	2265	321	303 (6)	361 (13)
28	Inter4x12''-51	1,2x0,16	2432	566	467 (17)	566 (0)

Această relație caracterizează informația experimentală privind aratul cu plugurile de mărcile DM6 și DM7 cu coeficientul de corelație multiplă de 0,97 și devierea relativă medie a rezultatelor calculului de la cele reale de 0,022, ceea ce mărturisește despre un înalt grad de veridicitate.

Primele 20 de serii (în total 173 probe experimentale) au fost exercitate cu pluguri trase de cai, iar seriile 21...28 (207 probe) – cu pluguri produse de firme americane trase de tractoare de tip Fordzon. Analiza vizuală a informației din tab.2 arată, că rezultatele calculului forțelor de rezistență

a pământurilor la tăiere cu formula (3) pentru 380 de probe experimentale practic nu diferă de valorile numerice ale forțelor reale publicate de autor. Astfel, devierea medie relativă ale rezultatelor calculelor forțelor de rezistență a pământurilor cu 28 de formule raționale constituie 7,8%, iar devierea rezultatelor obținute în rezultatul calculelor exercitate cu formula irațională (3) elaborată la Universitatea Tehnică a Moldovei constituie 6,7%.

O atare precizie a rezultatelor calculelor confirmă, că relația (3) poate înlocui, în privința rezistenței pământurilor la tăiere, toate cele 28 de formule raționale elaborate de către V.Goreachkin, servind astfel ca un numitor comun.

## 2. CU PRIVIRE LA UNILE VALORI INEXPLICABILE ALE REZISTENȚEI SPECIFICE A PĂMÂNTULUI LA TĂIERE

În analiza comparativă a valorilor numerice ale coeficienților  $K$  de rezistență specifică a pământului la tăiere cu plugurile trase de tractoare (colonița a patra, rândurile 21-28 din tab.1) autorul scrie: „Valoarea coeficientului  $K$  a constituit circa 2000 – 2400 kg/m<sup>2</sup>, iar la plugurile cu două trupițe - circa 3300 kg/m<sup>2</sup>, însă conform datelor privind un plug de marca Ruston, coeficientul  $K$  poate atinge valorile de 4000-5000 kg/m<sup>2</sup> în condițiile cele mai dificile. Valoarea prea mare a lui  $K$  pentru plugurile cu două trupițe (circa 3300) în comparație cu celelalte (2200 kg/m<sup>2</sup>) poate fi explicată prin aceea, că aceste pluguri au fost încercate spre sfârșitul experimentelor, când influența arșiței putea fi deosebit de puternică, sau prin alte împrejurări nedepistate. Astfel de neclarități pot fi înlăturate numai ulterior prin efectuarea unor probe repetate și mai sistematice cu plugurile cu 2,3 și 4 trupițe de una și aceeași

construcție, cu brăzdare similare și în mai bune condiții de lucru” [1, pag.95].

Din această analiză se vede clar poziția autorului : valorile numerice ale coeficienților  $K$  de rezistență specifică la tăiere **trebuiau să fie aceleași pentru toate plugurile**, însă din cauze neexplicabile, s-au obținut abateri considerabile. De aici se poate de înțeles, că condițiile de sol pentru experimentele cu plugurile trase de tractoare au fost **aceleași** cu remarca, că unele experimente s-au exercitat în timpul, când arșița a fost mai mare.

Considerând, că experimentele s-au efectuat în aceleași condiții de teren, informația privind 207 probe de tăiere a pământului cu toate plugurile trase de tractoare a fost prelucrată după un program statistic multifactorial, cu excluderea din analiză a factorului  $K$ , și ca rezultat s-a obținut relația pentru determinarea forței de rezistență  $P$ , în daN, a pământului la tăiere în funcție de lățimea „ $b$ ” și grosimea „ $h$ ” a brazdei, în  $m$ , de următoarea formă exponențială

$$P = 1708 \cdot b^{0,2} \cdot h^{0,75}, \quad (4)$$

care se caracterizează cu devierea medie relativă a rezultatelor calculelor de la datele experimentale de 17,3%.

Ținând cont de explicațiile autorului [1, pag.95] precum că plugurile utilizate aveau parametri constructivi într-o oarecare măsură diferiți și stare de uzură diferită, și că pământul pe timpul experimentărilor era când mai uscat, când mai umed, această deviere este explicabilă. De aceea, și știind că valorile numerice ale rezistenței solurilor la tăiere se caracterizează cu coeficienți de variație de 0,1-0,3 [3, pag. 35], considerăm relația (4) suficient de veridică.

În tab. 2. se prezintă valorile coeficienților  $K$  de rezistență specifică a pământului la tăiere cu plugurile trase de tractoare, calculate cu relația [2]

**Tabelul 2.** Forțele și rezistențele specifice ale pământului la tăiere cu plugurile trase de tractoare.

N-r crt.	Lățimea $b$ și grosimea $h$ , a brazdei $b \times h$ , în m	Forța de rezistență a pământului la tăiere $P$ , daN		Coeficientul $K$ de rezistență specifică a pământului la tăiere, în daN/m <sup>2</sup>	
		Datele din publicația [1]	Calculată cu relația (4)	Din publicația [1]	Calculată cu relația (5)
1	0,7x0,13	294	344	3214	3780
2	0,68x0,199	551	471	3308	3481
3	0,75x0,085	227	254	3308	3984
4	0,73x0,16	451	406	3308	3476
5	1,0x0,194	565	499	2350	2572
6	0,94x0,22	504	542	2265	2621
7	0,968x0,138	321	384	2265	2875
8	1,2x0,16	566	448	2432	2333

și valorile aceluiași coeficienți determinate prin împărțirea forței  $P$  calculate cu relația (4) la aria ( $b \cdot h$ ) a secțiunii transversale a brazdei conform relației

$$k = P / (b \cdot h) \quad (5)$$

Astfel cu ajutorul relațiilor (3 și 4) s-au obținut valorile calculate ale coeficientului „ $k$ ” de rezistență specifică a pământului la tăiere (ultima coloniță a tab.2.), care, după cum se vede, perfect se încadrează în limitele considerate de către autor ca inexplicabile.

De exemplu, valorile coeficientului  $K$  pentru plugurile cu două trupițe (rândurile 1-4 din tab.2) cu adevărat variază în limitele de circa 3300...4000  $\text{kg/m}^2$  (în tab.2 – între 3476 și 3984  $\text{kg/m}^2$ ), iar pentru plugurile cu 3 și 4 trupițe aceste valori variază în limitele de circa – 2200-2400  $\text{kg/m}^2$  (în tab.2 – 2333 -2875  $\text{kg/m}^2$ ) în funcție de valorile numerice ale parametrilor dimensionali ai brazdei.

### 3. CONSTATAȚII ȘI CONCLUZII

În baza analizei efectuate se pot trage următoarele constatații și concluzii.

S-a confirmat ipoteza înaintată de către acad. V. Goreachkin la prima fază a cercetărilor, precum că forța de tracțiune a plugului (dar fără componenta la frecare a plugului de fundul brazdei care la plugurile moderne atașate la tractoare lipsește) poate fi calculată cu relații iraționale de forma (1).

Prima dată s-a obținut o relație irațională de forma (3) pentru calculul, cu înaltă precizie, a forței de rezistență a pământului la tăiere, care înlocuiește cele 28 de formule raționale elaborate și publicate de către acad. V.Goreachkin. Elaborarea relației (3) a fost posibilă numai din cauza, că la crearea celor 28 de formule raționale s-a fi insistat cu duritate la ipoteza înaintată de către autor, precum că valoarea coeficientului  $K$  pentru un teren dat este constantă, indiferent de valorile parametrilor dimensionali ai brazdei.

În rezultatul analizei minuțioase a „neclarităților”, depistate și publicate de autor, s-a ajuns la concluzia, că toate experimentele cu plugurile trase de tractoare au fost exercitate în condiții similare de teren și că toată informația obținută poate fi considerată ca un întreg și mare masiv de informație statistică privind forțele de rezistență a terenului la tăiere în funcție de valorile numerice ale parametrilor dimensionali ai brazdei.

Prelucrarea masivului considerat exercitată cu metode moderne a permis elaborarea relației (4),

rezultatele analizei căreia afirmă, că valoarea numerică a coeficientului  $K$  de rezistență specifică la tăiere a pământului, în care s-au exercitat experimentele lui V. Goreachkin cu plugurile trase de tractoare, nu poate fi constantă și că această valoare scade considerabil odată cu creșterea parametrilor dimensionali ai brazdei tăiate.

Rezultatele calculelor rezistențelor specifice la tăiere efectuate cu ajutorul relației (5) prezentate în ultima coloniță a tab.2 afirmă, că valorile „*neexplicabile*” ale acestor rezistențe obținute de V. Goreachkin corespund întocmai legităților procesului de tăiere descrise de datele experimentale ale autorului. Astfel, s-a constatat că „*neclaritățile*” descrise în publicația [1] s-au ivit numai din cauza că datele experimentale n-au confirmat ipoteza autorului precum că rezistența specifică a solului la tăiere este constantă și nu depinde de parametrii dimensionali ai brazdei.

Însă în unele țări [4, pag.268], din cauze pe care le vom explica în altă lucrare, până-n zilele noastre la calculele de proiectare ale mașinilor de terasamente se operează cu valori prescrise și constante ale coeficienților de rezistență specifică la tăiere și săpare și se utilizează formule de forma componente la tăiere a formulei raționale a lui V. Goreachkin.

### Bibliografie

1. **Goreachkin V.** *Sobranie sochinenij, tom 2, M. "Colos", 1968.*
2. **Andriuță M.** *Oportunitatea descrierii proceselor de tăiere a solului cu modele matematice exponențiale.* În culegerea de articole a conferinței tehnico-științifice internațională „*Probleme actuale ale urbanismului și amenajării teritoriului*”. Chișinău, 2006, pag.151-156.
3. **Fjodorov D.** *Rabochie organy zemlerojnyh mashin. M.: „Mashinostroenie”, 1990.*
4. **Volcov D.** *Stroitel'nye mashiny i sredstva maloj mexanizaczii. M.: Stroitel'stvo i arhitectura, 2008.*