

CU PRIVIRE LA UNITATEA TEORIEI PROCESELOR DE TĂIERE A PĂMÂNTULUI CU MAȘINILE DE CONSTRUCȚII ȘI CELE AGRICOLE

M. Andriuță

Universitatea Tehnică a Moldovei

INTRODUCERE

Metoda prelucrării materialelor prin tăiere este bine cunoscută și utilizată în diverse domenii încă din antichitate. Însă necesitatea studierii legităților acestui proces s-a impus relativ recent, odată cu începutul mecanizării lucrărilor în industrie și agricultură. Inventarea și implementarea mașinilor a permis creșterea considerabilă a vitezelor, a forțelor realizate și a dimensiunilor elementelor de material, dislocate prin tăiere de la masivul prelucrat.

În aceste condiții au demarat studiile experimentale și teoretice ale proceselor de tăiere ale materialelor, scopul major al cărora a fost și rămâne argumentarea valorilor numerice ale parametrilor geometrici, cinematici, tehnologici și de exploatare, care ar asigura productivitatea maximă a mașinilor și costul minim al lucrărilor.

În diverse domenii mecanizarea lucrărilor și studiile proceselor de tăiere a materialelor respective s-au desfășurat în diferite perioade de timp. Din motive bine cunoscute, cu mult mai devreme au fost mecanizate și minuțios studiate procesele de tăiere a metalelor.

Prezenta lucrare are ca scop verificarea posibilității utilizării modelului statistic universal (2) pentru calculul rezistenței solului la tăiere cu plugurile agricole.

1. FORMULA ACADEMICIANULUI V. GOREACICHIN PENTRU CALCULUL EFORTULUI DE TRACȚIUNE A PLUGULUI

Studiile proceselor de tăiere a solurilor au demarat în secolul XYIII, odată cu implementarea în agricultură a plugurilor metalice. Însă teoria proceselor de tăiere a solurilor cu mașinile agricole s-a conturat ca rezultat al studiilor exercitate de savanții europeni și americani pe la începutul secolului XX.

Un aport deosebit în dezvoltarea acestui domeniu al științei reprezintă rezultatele studiilor teoretice și experimentale efectuate de către academicianul V.P.Goreacikin. În teoria tăierii

solurilor e cunoscută renumita lui *formulă rațională pentru calculul efortului de tracțiune a plugului* [1]. Prin denumirea de “rațională” autorul a subliniat că ea nu este elaborată cu utilizarea metodelor matematice de prelucrare a informației experimentale privitoare la procesul de arat, dar este o relație construită prin deduceri logice și ulterior confirmată de rezultatele măsurărilor exercitate pe parcursul multiplelor experimente în condiții de câmp. Conform acestei formule, efortul total de tracțiune a plugului constă din trei componente: rezistența cauzată de frecarea plugului de teren; a doua - rezistența de la tăierea solului și a treia - de la influența vitezei de deplasare a plugului.

Luând în considerație, că astăzi plugurile sunt atașate la tractoare, de regulă prin mecanisme cu acționare hidraulică (nu mai sunt tractate-târâte pe sol), și că vitezele relativ mici de deplasare a plugurilor moderne nu influențează semnificativ procesul de arat, formula lui V.Goreacikin pentru calculul efortului de tracțiune a plugului modern se reduce la determinarea rezistenței pământului la tăiere F_t , în N, și are următoarea formă

$$F_t = kbh, \quad (1)$$

unde : k este rezistența specifică a pământului la tăiere, în N/m²; b și h – respectiv, lățimea și grosimea brazdei de pământ, în m;

Această relație servește mai mult de 80 ani ca prima referință în bibliografiile multor studii teoretice și experimentale efectuate în domeniile științelor privind procesele de lucru ale mașinilor agricole, de construcții și din industria minieră.

2. RELAȚIA PROFESORULUI N.DOMBROVSKI PENTRU CALCULUL REZISTENȚEI SOLURILOR LA SĂPARE CU MAȘINILE DE CONSTRUCȚII ȘI CELE MINIERE

Cu mult mai târziu au luat avânt studiile proceselor de tăiere și săpare a pământurilor cu mașinile utilizate în construcții și în industria minieră. Astfel, în pofida faptului că savantul

enciclopedist Leonardo da Vinci a elaborat schema excavatorului cu echipament de draglină încă prin secolul XY, iar mecanicul autodidact american Otis a brevetat în 1833 și a construit în 1836 primul în istorie excavator cu echipament de cupă lingură directă, bazele teoriei proceselor de tăiere și săpare a solurilor cu mașinile de terasamente utilizate în construcții și în domeniul explorărilor miniere s-au conturat abia prin anii 40...70 ai secolului XX.

Această operă s-a realizat în mare măsură datorită numeroaselor studii teoretice și experimentale inițiate de către profesorul N.Dombrovski și continuate de către discipolii și ucenicii lui [2,3,4,5 și a.]. Oportunitatea desfășurării acestor grandioase studii s-a argumentat prin imposibilitatea utilizării formulei (1) pentru calculele de proiectare ale excavatoarelor și a altor mașini de săpat din cauza specificului procesului de arat (tăiere oblică a pământului și concomitentă răsturnare a brazdei).

Prin demararea acestor lucrări s-a produs scindarea în domeniul cercetărilor de mai departe a proceselor de tăiere a solurilor, conturându-se două direcții științifice: tăierea pământurilor vegetale cu mașinile agricole și tăierea și săparea solurilor și rocilor cu mașinile de construcții și cele miniere.

Pentru calcule practice a mașinilor de săpat N.Dombrovski a propus să fie utilizată formula (1) cu următoarea precizare: coeficientul k se înlocuiește cu k_1 , care se numește rezistența specifică a pământului la săpare, în N/m^2 . Rezistența specifică a pământului la săpare include rezistențele ce se apar în procesul săpării de la tăierea pământului, încărcarea lui în cupă, împingerea prisme de pământ formate în fața cupei, iar în unele cazuri, ca la cupele de draglină, și de la frecarea cupei de sol.

Formula profesorului N.Dombrovski s-a folosit pentru calculul și proiectarea majorității mașinilor de săpat în fosta URSS. Ea se utilizează și în prezent de către proiectanții de mașini de construcții din Rusia și multe alte țări. Însă cercetările în direcția perfecționării bazei științifice a metodelor de calcul și proiectare a mașinilor de terasamente au continuat.

3. MODELUL STATISTIC UNIVERSAL AL PROCESULUI DE TĂIERE A SOLULUI CU MAȘINILE DE CONSTRUCȚII ȘI CELE MINIERE

Rezistența la tăiere predomină în rezistența sumară a pământului la săpare cu majoritatea organelor executive ale mașinilor de terasamente. Această componentă a rezistenței pământului la

săpare este cea mai variabilă, fiind influențată de mai mulți factori constructivi, cinematici, tehnologici și de exploatare. Determinarea cât mai precisă a valorii ei numerice reprezintă un mare interes științific și practic, fiindcă permite rezolvarea unui șir de probleme: proiectarea optimă a organelor tăietoare ale mașinilor; calculul normelor de timp ale utilajelor; calculul productivității mașinilor; argumentarea alegerii mașinilor pentru executarea lucrărilor în condiții concrete de sol etc.

Rezolvării acestei probleme de importanță majoră au fost consacrate multiple studii teoretice și experimentale, în rezultatul cărora s-au elaborat și propus mai multe relații pentru calculul rezistenței solurilor la tăiere cu mașini și organe de lucru concrete. Însă problema în toată complexitatea ei rămânea nerezolvată.

La U.T.M. s-au efectuat studii speciale direcționate spre elaborarea bazei științifice pentru crearea unei metode universale de sinteză, calcul și proiectare a organelor tăietoare, care ar permite creșterea considerabilă a eficienței mașinilor de săpat [5]. Conform rezultatelor acestor lucrări forța de rezistență a pământului la tăiere cu un organ tăietor universal P , în N , se determină cu următoarea relație de regresie

$$P = e^{8,86} b^{0,45} h^{0,55} \alpha^{0,5} z^{0,45} a^{0,08} R^{0,22} n^{0,3} C^{0,85} K_{\alpha_p}, \quad (2)$$

unde: b – lățimea unui cuțit (dinte) elementar al muchiei tăietoare, în m ; h – grosimea brazdei de pământ tăiat, în m ; α – unghiul de tăiere, în grade; z – numărul de dinți elementari montați pe adaptorul respectiv, în buc; a – distanța dintre doi dinți adiacenți ai tăișului, în m ; R – raza de uzură a tăișului, în m ; n – numărul de părți blocate ale brazdei tăiate, în bucăți; C – categoria solului excavat, în lovături ale penetrometrului DorNII; K_{α_p} – coeficientul influenței asupra forței P a unghiului de înclinare a organului tăietor în plan α_p . Valorile numerice ale acestui coeficient se pot adopta din [5, fig.24, pag.81].

Relația (2) se caracterizează din punct de vedere statistic cu coeficientul de corelare multiplă $R = 0,99$ și eroarea medie relativă a rezultatelor calculelor $\varepsilon = 5,34\%$.

Din analiza vizuală a ecuației (2) se poate înțelege, că ea permite calculul rezistenței la tăiere a solului de categoria "C" cu un organ tăietor universal, constituit dintr-un număr arbitrar "z" de cuțite (dinți), fiecare având lățimea tăișului de b metri, și instalate în mod echidistant pe cadrul

(adaptorul) organului de lucru la distanțe între ele, egale cu a metri. Elementele tăietoare pot avea orice stare de uzură a tăișului, caracterizată cu raza de uzură R , pot fi orientate sub orice unghi de tăiere " α ", iar brazda de grosimea h , în m, poate fi tăiată în direcție frontală (unghiul în plan, format de tăiș cu direcția mișcării mașinii $\alpha_p = 90^\circ$), sau cu tăișul poziționat sub orice unghi față de direcția mișcării mașinii (la unghiuri mai mici de 90° până la 25° - tăiere oblică, iar la unghiuri mai mici de 25° - spintecare). Tăierea solului poate fi blocată (cuțitul contactează cu terenul la tăiș și la două părți laterale, $n = 3$), semiblocată (o parte laterală a cuțitului nu contactează cu terenul, ($n=2$) și liberă (ambele extreme laterale ale tăișului nu contactează cu solul ($n=1$)).

Veridicitatea relației (2) este confirmată prin analiza comparativă a rezultatelor calculelor forțelor de rezistență P , înregistrate de savanții cu renume mondial pe parcursul probelor experimentale de tăiere și săpare a diferitor soluri dezghețate și înghețate cu organe tăietoare de tip cuțit elementar, lame de buldozer, greider, screper, dinți de scarificator, cupe de excavator etc. (în total 189 variante). Aceste probe s-au efectuat cu organe ce permiteau realizarea brazdelor cu lățimile de $0,002 \dots 3,12m$ și grosimile de $0,01 \dots 0,7m$. Ceilalți factori din partea dreaptă a egalității (2) variau în limitele: $\alpha = 25^\circ \dots 135^\circ$, $z = 1 \dots 6$; $a = 0,001 \dots 0,44m$; $R = 0,001 \dots 0,050m$; $n = 1 \dots 3$ bucăți; $C = 4 \dots 600$ lovături; $\alpha_p = 15^\circ \dots 90^\circ$.

4. ELABORAREA MODELULUI STATISTIC PENTRU CALCULUL REZISTENȚEI PĂMÂNTULUI LA TĂIERE CU PLUGURILE AGRICOLE CU MAI MULTE TRUPIȚE

În scopul elaborării unor relații de regresie pentru proiectarea și organizarea producției plugurilor cu un brăzdar, primele date experimentale au fost prelucrate de acad. V. Goreacichin prin metoda pătratelor minime, iar ca model a servit formula *irațională* deja cunoscută din teoria tăierii metalelor

$$P = Aa^\alpha b^\beta \quad (3)$$

unde: P este efortul de tracțiune al plugului; a și b - respectiv grosimea și lățimea brazdei, iar α și β - coeficienți de regresie.

Se știe însă [1, pag.62] că încercările de a elabora relații veridice pentru calculul eforturilor de tracțiune s-au terminat cu eșec, din cauza diapazonului extrem de larg al variației valorilor numerice ale coeficienților de regresie. Astfel, relațiile de forma (3) obținute pentru 13 serii de probe experimentale aveau următoarele valori numerice ale coeficienților de regresie ai factorilor-argumenti: pentru grosimea brazdei $\alpha = 0,25 \dots 1,47$ (valoarea medie de 0,67), iar pentru lățimea brazdei $\beta = 0,13 \dots 1,25$ (cu media de 0,5) [1, pag.62].

Comentând cu regret dezavantajele relațiilor obținute și argumentând oportunitatea utilizării ulterioare pentru rezolvarea problemelor practice a *formulei raționale*, autorul scria [1, pag.65]: "*Și totuși problema elaborării formulei iraționale rămâne deschisă. Stabilirea unei formule bazate pe teoria riguroasă a uneltelor de săpat este obiectivul viitorului îndepărtat din cauza extraordinarei multicomplexități a procesului de tăiere, însă de abandonat lucrările asupra rezolvării acestei probleme de asemenea nu trebuie*".

Lucrarea de față reprezintă o nouă încercare de elaborare, pe baza datelor publicate în [1] și cu utilizarea metodelor și mijloacelor moderne de prelucrare a informației experimentale, a unui model matematic veridic, care ar descrie în mod obiectiv legitățile procesului de tăiere a solurilor cu plugurile agricole. Un interes deosebit teoretic și practic reprezintă coraportul legităților obiective descrise de informația fondatorului științei despre tăierea și săparea solurilor cu rezultatele similare obținute de urmași.

Modelul statistic al procesului de tăiere a pământului cu plugurile agricole cu una și mai multe trupițe s-a elaborat la U.T.M. în rezultatul prelucrării informației experimentale obținute de acad. V. Goreacichin [1, pag.89...93] și se publică prima dată în lucrarea de față. Masivul de date experimentale (în total 207 variante) conține informație privind eforturile sumare de tracțiune (de la frecarea plugului de teren, de la tăierea pământului, și de la influența vitezei de deplasare a plugului) și *eforturile de tăiere* a pământurilor, înregistrate la aratul cu pluguri americane cu două, trei și patru trupițe, care, fiind tractate de tractoare cu puterea de 15 CP, asigurau brazde de lățimile de 0,6m, 0,71m, 0,9m și 1,2m. Pe parcursul probelor grosimea brazdei a variat în limitele de la 0,07 m până la 0,28 m. Prelucrarea acestei informații la calculator după un program special a permis elaborarea următorului model statistic pentru calculul efortului de rezistență a pământului la tăiere cu plugurile P_i , în N:

$$P_t = e^{9.7} (bz)^{0.2} h^{0.75}, \quad (4)$$

unde: b este lățimea părții de brazdă, ce-i revine brăzdarului unei trupițe, în m; z – numărul de trupițe ale plugului dat, în bucăți; h – grosimea brazdei, în m.

Din punct de vedere statistic acest model se caracterizează cu coeficientul de corelare multiplă $R = 0,74$ și devierea medie relativă $\varepsilon = 0,17$. Pentru studii experimentale efectuate cu mijloacele tehnice existente în prima jumătate a secolului 20 în domeniul teoriei săpării și tăierii solurilor așa nivel de apreciere statistică se consideră suficient. Deci, se poate face concluzia, că ecuația de regresie (3) descrie în mod veridic datele experimentale privitoare la procesul de tăiere a pământurilor vegetale cu plugurile agricole înzestrate cu 2, 3 și 4 trupițe.

5. ANALIZA COMPARATIVĂ A EFORTURILOR DE TĂIERE A PĂMÂNTURILOR CALCULATE CU RELAȚIILE (1), (4) ȘI (5)

Pentru efectuarea calculului eforturilor de tăiere a pământului cu plugurile agrare, relația (2) se va modifica prin adoptarea de valori numerice concrete unor factori conform informației publicate în [1], după cum urmează:

- $\alpha = 30^\circ$ (unghiul de tăiere a brăzdalelor plugurilor experimentale);
- $a = 0,001, \text{m}$ (distanța dintre brăzdalele a două trupițe adiacente);
- $R = 0,001, \text{m}$ (raza de uzură a tăișului brăzdarului);
- $n = 2$ (brazda tăiată de brăzdar e blocată din două părți, a treia fiind liberă pentru răsturnarea brazdei);
- $C = 3,5$ (numărul de lovituri ale penetrometrului pentru aprecierea categoriei excavabilității pământurilor de tip miriște, trifoiște etc.);
- $K_{\alpha_p} = 0,575$ (valoarea numerică pentru unghiul de înclinare în plan a tăișului brăzdarului);

Tabelul 1. Eforturile de tăiere a pământurilor, calculate cu relațiile (1), (4) și (5).

Tipul plugului, numărul de probe și dimensiunile medii ale brazdei în seria dată ($b z$) $x h$, m	Efortul calculat cu (1), daN	Efortul calculat cu (4), daN	Efortul calculat cu (5), daN
Oliver cu două trupițe 2x14", 18 probe, $k = 3214 \text{ daN/m}^2$, ($b z$) $x h = 0,71 x 0,137$	313 (8,75%)	343	337 (1,7%)

- b – pentru calcule se va utiliza lățimea de facto a brazdei tăiate de brăzdarul cu lungimea tăișului de $b: \sin \alpha_p$.

După efectuarea calculului respective relația (2) se reduce la forma

$$P = e^{9.37} (bz)^{0.45} h^{0.55}, \quad \text{în N} \quad (5)$$

În tabelul de mai jos se prezintă informația privind eforturile de tăiere a pământurilor cu plugurile cu mai multe trupițe, calculate cu trei relații elaborate în baza aceluiași masiv de date experimentale.

Analiza vizuală a relațiilor (1), (4) și (5) arată, că din punct de vedere calitativ ele sunt identice, conținând informație privitoare la lățimea b , z și grosimea brazdei h . Din punct de vedere cantitativ însă aceste relații descriu legități cu caractere diferite. Astfel, componenta (1) a formulei raționale pentru calculul efortului de tracțiune a plugului afirmă, că efortul P de rezistență a pământului la tăiere variază în dependență de lățimea și grosimea brazdei conform legii descrise de linia dreaptă, iar coeficientul k de rezistență specifică la tăiere reprezintă o valoare constantă pentru pământul dat.

Modelul matematic (4), care-i elaborat în rezultatul prelucrării cu metodele riguroase ale statisticii moderne a întregului masiv de informație din colonița 1 a tabelului de mai sus ne demonstrează, că legitățile variației valorilor numerice ale eforturilor P în dependență de lățimea și lungimea brazdei sunt departe de cele descrise de liniile drepte. Dacă se va împărți partea dreaptă a relației (4) la produsul $b \times h$, se va obține valoarea coeficientului de rezistență specifică a pământului la tăiere cu brăzdarul plugului în următoarea formă

$$k = e^{9.7} (bz)^{-0.8} h^{-0.25}, \quad \text{în N/m}^2 \quad (6)$$

Din (6) se vede, că pentru unul și același pământ rezistența specifică la tăiere k nu poate fi constantă și se va schimba în limite considerabile în dependență de valorile numerice ale factorilor ($b z$) și h .

Jon Deer cu două trupițe 2x12" 17 probe, $k = 3308 \text{ daN/m}^2$, (b_z) x $h = 0,6 \times 0,199$	395 (10%)	439	384 (12,5%)
Jon Deer cu două trupițe 2x14", a) 17 probe, $k = 3308 \text{ daN/m}^2$, (b_z) x $h = 0,71 \times 0,0839$ b) 18 probe, (b_z) x $h = 0,71 \times 0,158$	197 (17%) 371 (2,9%)	238 382	257 (8%) 364 (4,7%)
Oliver cu trei trupițe 3x12", 18 probe, $k = 2220 \text{ daN/m}^2$, (b_z) x $h = 0,9 \times 0,1943$	388 (17%)	468	454 (3%)
Ruston cu trei trupițe 3x12", 14 probe, $k = 2350 \text{ daN/m}^2$, (b_z) x $h = 0,9 \times 0,22$	465 (9,4%)	513	486(5,3%)
Internațional cu trei trupițe 3x12" a)18 probe, $k = 2265 \text{ daN/m}^2$, (b_z) x $h = 0,9 \times 0,1$ b)18 probe, (b_z) x $h = 0,9 \times 0,138$ c)18 probe, (b_z) x $h = 0,9 \times 0,167$	204 (28%) 281(22,4%) 340 (18,5%)	284 362 417	315 (10,9%) 376 (3,9%) 418 (0,24%)
Internațional cu patru trupițe 4x12", 51 probe, $k = 2432 \text{ daN/m}^2$, (b_z) x $h = 1,2 \times 0,16$	467 (9,1%)	428	465 (8,6%)
Devierea medie relativă a eforturilor obținute de la cele calculate cu relația (3), în %	14,3 %	0	5,9%

Analiza comparativă a rezultatelor calculelor eforturilor de tăiere a solului cu relațiile (1), (4) și (5) se va efectua în baza ipotezei precum că relația (4) reprezintă modelul statistic veridic al procesului de arat și de aceea datele din colonița a treia a tabelului 1 se vor considera ca etalon.

În privința datelor din colonița a doua, vom menționa, că, conform [1], pentru calculul efortului P la cele 10 serii de probe au fost utilizate valori ale coeficientului k , care variau în limitele 2220...3214 daN/m², ceea ce afirmă că s-a arat în pământuri de diferite durități (de fapt, s-a arat cu diferite pluguri).

Dimpotrivă, descrierea cu suficientă precizie a întregului masiv de informație experimentală pentru toate 10 serii cu relațiile (4) și (5) afirmă, că este de fapt vorba de unul și același pământ.

Analiza vizuală a datelor colonițelor 3 și 4 din tab.1 arată, că rezultatele calculelor efortului de tăiere P cu ecuația universală pentru determinarea rezistenței solurilor la tăiere cu organele executive ale mașinilor de construcții (5) deviază de cele obținute prin relația statistică (4) cu mai puțin de 6%, pe când datele coloniței a doua deviază de la etalon cu circa 14%. Prin aceasta se afirmă, că rezultatele calculelor rezistențelor pământului la

tăiere cu modelul statistic universal (5) sunt mult mai aproape de etalon, decât datele din colonița a doua, care s-au calculate cu șase relații de tipul (1), toate prezentate în colonița 1.

Din analiza modelelor statistice (4) și (5) se vede că valorile numerice ale coeficienților de regresie ai factorilor-argumenti b și h se deosebesc considerabil, ceea ce se poate explica, probabil, prin influența factorilor subiectivi. În ultima afirmare ne convingem chiar valorile numerice medii ale acestor coeficienți,

publicate în [1] și prezentate în lucrarea de față mai sus, în punctul 4 și care puțin se deosebesc de valorile respective, cu care se caracterizează relația (5).

6. CONCLUZII

În baza prelucrării cu metode și mijloace moderne a unui masiv reprezentativ de informație experimentală incontestabilă s-a elaborat în premieră modelul statistic veridic al procesului de tăiere a pământului cu plugurile agrare cu mai multe trupițe. Știind bine, că orice masiv de date experimentale poate fi descris cu o multitudine de regresii, dar și ținând seama de experiența noastră în

acest domeniu al științei, am prezentat acest model în forma de ecuație exponențială pentru determinarea efortului de rezistență a pământului la tăiere în dependență de valorile numerice ale parametrilor dimensionali ai brazdei.

Analiza parametrilor modelului statistic permite să constatăm, că legitățile relațiilor dintre rezistența pământurilor la tăiere cu plugurile agricole și parametrii dimensionali ai brazdei – lungimea și grosimea - nu sunt liniare, cum afirmă relația (1) și că coeficientul de rezistență specifică a pământului la tăiere nu poate avea o valoare constantă.

Rezultatele calculelor eforturilor de tăiere a solului cu acest model pentru întregul masiv de informație experimentală (207 variante) au demonstrat precizie mai înaltă, decât rezultatele obținute prin calculele efectuate cu șase formule raționale deferite de tipul (1).

Analiza efectuată a demonstrat convingător că eforturile de tăiere a pământului cu plugurile agricole pot fi determinate cu înaltă precizie în baza modelului statistic universal al procesului de tăiere a solurilor cu toate mașinile de săpat și cele de săpat și transportat - scarificatoare, buldozere, screpere, gredere și autogredere, excavatoare etc.

Constatările și concluziile de mai sus le considerăm ca argumente convingătoare în susținerea ideii, precum că teoria proceselor de tăiere este unică pentru toate domeniile și mașinile, organele executive ale cărora interacționează cu pământul, dislocându-l de la masiv prin metoda așchierii.

Bibliografie

1. **Goreacichin, V.** *Sobranie socinenii. Tom.2: «Colos», Moskva, 1968.*
2. **Dombrovski N.** *Soprotivlenie grunta copaniiu pri rabote odnocovșovogo excavatora. Culegera «Rezanie gruntov»: AN SSSR, Moscva, 1951.*
3. **Dombrovski N.** *Excavatorâ. Moscva, : Mașinostroenie, 1969.*
4. **Dombrovski N., Andriuță M.** *Criteria oțenchi razrabatâvaemosti gruntov odnocovșovâmi excavatorami. Revista « Stroitelinâe i dorojnâe mașinâ», 2, 1970.*
5. **Andriuță M., Holmogorov A., Ursu V.** *Soverșenstvovanie zemlianâh rabot v neftegazopromâslovom stroitelistve. Chișinău, : Cartea moldovenească, 1990.*