

## CU PRIVIRE LA ALEGEREA PLĂCILOR COMPACTOARE PENTRU LUCRĂRILE DE TERASAMENTE

*M. Andriuță,*

*Universitatea Tehnică a Moldovei*

### INTRODUCERE

Pentru asigurarea stabilității construcțiilor pe parcursul întregii perioade de exploatare solurile, pe care se construiește, necesită o densitate suficientă, nivelul căreia se reglementează de documente normative statale. De aceea solurile slabe și umpluturile, înainte de edificarea pe ele a obiectivelor, se supun unei compactări artificiale. Compactarea se exercită cu mașini ce funcționează după diverse principii: îndesare statică, prin lovire (prin șoc) sau prin vibrație.

Eficiența procesului de compactare depinde de mai mulți factori, printre care cei mai importanți se consideră denumirea solului, conținutul lui granulometric, umiditatea, coezivitatea și parametrii tehnici și tehnologici ai compactatorului ales pentru executarea lucrărilor.

În condiții înguste (șanțuri pentru comunicații, gropi mici și șanțuri de fundații, rambleurii etc.) aceste lucrări în ultimii ani se realizează tot mai frecvent cu plăci vibratoare care, având mase și gabarite mici, asigură o înaltă productivitate și calitate a procesului de compactare. Însă alegerea argumentată a unei mașini compactoare pentru condiții concrete reprezintă în ziua de astăzi o problemă dificilă din mai multe cauze. De cele mai multe ori nu se știe, de exemplu, cel mai solicitat parametru tehnologic al mașinii - adâncimea asigurată a stratului compactat.

### 1. PROCESUL DE COMPACTARE ȘI PARAMETRII DE BAZĂ AI PLĂCILOR VIBRATOARE

La compactarea prin vibrație organul de lucru transmite energia cinetică pământului care se compactează. Energia transmisă trebuie să fie suficientă pentru depășirea coeziunii și a frecării interioare dintre particulele componente ale materialului. Aceste particule, având diverse dimensiuni, în timpul vibrării obțin și diferite accelerații și se deplasează unele față de altele, ceea ce duce la ruperea legăturilor dintre ele. În aceste

condiții volumul materialului se micșorează, fiindcă particulele mărunte ocupă golurile dintre particulele cu dimensiuni mai mari, iar componentele lichidă și gazoasă a pământului se deplasează spre suprafața lui - se petrece compactarea pământului. Vibrația aduce pământul necoeziv sau slab coeziv într-o stare pseudolichidă, din care cauză dispare contactul dintre particule, deci nu mai acționează presiunea normală între particule și ca rezultat dispar forțele de frecare pământ - pământ (condiție ideală pentru îndesarea particulelor). Prin aceasta se explică utilizarea masivă în ultimii ani la lucrări de terasamente, și mai ales în spații înguste, a plăcilor compactoare vibratoare.

Actualmente piața mondială în sensul adevărat al cuvântului este invadată de plăci vibratoare de diverse tipodimensiuni produse de firme germane, franceze, elvețiene, japoneze, suedeze, polone, italiene, rusești, române, bulgare, cehe etc.

În literatura tehnică de specialitate, în cataloagele și prospecțiunile firmelor producătoare se prezintă cele mai importante caracteristici tehnice și tehnologice - masa mașinilor - frecvența vibrațiilor, forța centrifugă perturbatoare, lățimea plăcii, adâncimea stratului de pământ compactat, masa mașinii, tipul și puterea motorului de acționare etc. Însă analiza materialelor existente arată că în cataloagele și prospecțiunile firmelor producătoare deseori lipsește informația privind unele caracteristici tehnice și tehnologice ale plăcilor vibratoare. De exemplu, în catalogul [1] firma poloneză ZREMB nu prezintă date privind frecvența vibrațiilor și productivitatea la o trecere pentru patru mărci de compactoare, iar firma germană STEINAH nu prezintă pentru două mărci adâncimea de compactare. În aceeași sursă bibliografică renumitele firme constructoare de multiple mașini de construcții CASE și BOMAG nu prezintă informația privind adâncimea de compactare pentru opt mărci de plăci vibratoare. Nici nu se amintește despre plăcile compactoare vibratoare în agendele tehnice de specialitate [2,3], iar în cartea [4] destinată producătorilor de lucrări se face referință la plăcile germane de tipul SVP și la cele poloneze de tipul IV-32, însă nu se indică caracteristicile lor tehnice și tehnologice. În

materialele normative în vigoare (SNIP IV-5-82) date tehnice și tehnologice privitoare la plăcile vibratoare nu sunt prevăzute din cauza că la momentul elaborării acestor normative astfel de utilaje în fosta uniune sovietică nu se produceau. Nu se conține informație suficientă în privința plăcilor vibratoare nici în Indicatorul de norme de deviz pentru lucrări de terasamente Ts elaborate editate de către statul Român în anul 1981 [6] și adoptate ca stăruale de către parlamentul Republicii Moldova.

Mai mult ca atât: analiza informației difuzate prin rețeaua Internet efectuată la începutul lunii martie a anului curent arată lipsa parțială informației privind adâncimea de compactare asigurată de plăcile vibratoare din oferta firmelor germane WACKER, AMMANN, BOMAG. Lipsesc unele date tehnice privind plăcile de tipurile TSS-VP (firmă sud-coreeană) și de tipurile VD produse în CEHIA.

În ultimul timp, din cauza intervenției masive a intermediarilor în rețeaua Internet, a devenit o problemă și informația privitoare la costul de realizare mașinilor de construcții, inclusiv a plăcilor vibratoare compactoare.

În această situație ar fi oportună realizarea unui studiu special în domeniu cu scopul de a

elabora metode de prognozare cu suficientă precizie a valorilor numerice ale principalelor caracteristici tehnice și tehnologice ale compactoarelor vibratoare.

## 2. ANALIZA PARAMETRILOR PLĂCILOR VIBRATOARE MODERNE

Analiza materialelor publicate în literatura tehnică de specialitate arată că, datorită cooperării internaționale și a globalizării mondiale a industriei constructoare de mașini, în ziua de azi firmele de fapt asamblează plăci vibratoare din unele și aceleași module.

Pentru o analiză calitativă și cantitativă a situației actuale în domeniu în tabelul de mai jos se prezintă informația privitoare la parametrii principali ai unui masiv reprezentativ de plăci compactoare vibratoare moderne produse de către renumitele firme germane WEBER, și CASE.

Alegerea pentru lucrarea de față a datelor tehnice ale mașinilor firmelor susnumite se explică prin faptul, că aceste două firme în majoritatea cazurilor publică în prospecțiuni și în Internet toți parametrii tehnici și tehnologici necesari pentru argumentarea alegerii utilajelor.

**Tabelul 1.** Parametrii principali ai plăcilor compactoare vibratoare.

Nr. Crt.	Masa mașinii <i>M</i> , în kg	Frecvența vibrațiilor, în $H_z$	Forța centrifugă <i>F</i> , în kN	Adâncimea de compactare $H_c$ , în cm	Puterea motorului <i>P</i> , în kW	Marca mașinii	Tipul motorului
1	2	3	4	5	6	7	8
1	60	95	9	15-15,5	2,6	VB-35-2	Robin
2	68	100	13,4	17-17	2,9	AV601	Honda
3	78	98	12	20-19	2,6	CF-2	Robin
4	80	86	16	25-20	2,6	VC-16R	Robin
5	80	100	16	20-19	2,9	AT8	Honda
6	87	90	15,2	18-20	2,6	RC36	Robin
7	87	100	15,6	19-20	2,9	AV901	Honda
8	95	70	16,5	20-20	3,7	RC41R	Robin
9	104	70	16,2	20-21	3,7	RC40R	Robin
10	105	70	16,5	20-21	3,1	RC40U	Yanmar
11	108	90	20	25-23	3,7	CF4R	Robin
12	108	90	18	25-23	4,0	AV130B	Honda
13	114	70	16,2	20-23	3,1	RC40	Yanmar
14	120	75	22	25-24	3,4	AT12	Hatz
15	127	90	20	25-26	3,4	CF4H	Hatz
16	130	90	18	30-27	3,1	AV130D	Hatz
17	145	96	22	30-29	4,5	VC22S1	Lombardini
18	159	78	25,2	25-30	3,7	RC48R-2	Robin
19	176	87	32,5	35-33	6,3	CR-3R	Robin
20	180	75	26	35-32	3,1	AT15	Yanmar
21	180	87	32,5	35-33	6,3	CR3-60	Robin
22	180	87	32,5	35-33	3,4	CR-3	Hatz
23	181	67	30,5	40-32	4,3	TC30-2	Farymann

24	181	78	25,2	25-32	4,3	RC48-2	Farymann
25	184	87	32,5	35-34	3,4	CR362	Hatz
26	187	78	25,2	30-33	4,3	RC60-2	Farymann
27	189	67	30,5	40-32	4,5	TC502U	Yanmar
28	199	67	30,5	40-34	4,4	TC50-2	Hatz
29	215	75	35	40-36	4,4	AT25	Yanmar
30	240	68	34,3	40-39	5,0	TC42S	Lombardini
31	250	70	38	40-40	5,6	CR4-65	Hatz
32	305	62,5	37,5	65-45	5,5	TC56S	Lombardini
33	320	55	50	65-45	5,9	AT35	Yanmar
34	330	68	45	65-48	7,3	CR5-70	Lombardini
35	340	55	50	65-47	5,6	AT35B	Hatz
36	371	62,5	37,5	70-51	6,6	TS52SE	Hatz
37	435	62,5	50,5	70-57	6,0	TC66S	Hatz
38	463	62,5	50,5	50-60	8,1	TS62SE	Hatz
39	510	62,5	59	55-64	11,0	TS72SE	Hatz
40	510	65	70	50-65	10,5	AT45	"
41	540	62,5	65	70-67	8,1	CR8	Hatz
42	620	43	50	55-68	8,9	AT60	"
43	725	50	74	80-78	11,4	TS82SE	Farymann
44	798	30,5	60	70-76	8,9	AT6002	Hatz

Din coloana a 8-a a tab.1 se vede că din numărul total de 44 mărci de compactoare produse de firmele germane WEBER și CASE numai 16 sunt înzestrate cu motoare germane de tip HATZ. Celelalte mașini sunt acționate de motoare japoneze (Robin, Yanmar, Honda - în total 20 de mărci), italiene (Lombardini - 4 mărci) și americane (Farymann - 4 mărci). O situație similară se confirmă prin oferta recentă din Internet a renumitei firme germane WACKER, producătoare de mașini vibratoare compactoare: din 43 de mașini prezentate în catalog numai 13 sunt înzestrate cu motoare germane de tipurile Wacker și Hatz. Din cele rămase 23 sunt acționate cu motoare japoneze Robin și Honda, iar 9 - cu motoare Lombardini.

Informația recentă din Internet demonstrează, de asemenea, că plăcile produse de mai multe firme sunt înzestrate cu aceleași motoare: Honda (AKVA și CRANTALI din Rusia, STONE din SUA, ENAR din Spania, AMMANN și Bomag din Germania), Robin (firme din Coreea de Sud, Cehia, Spania), Farymann, Hatz, Yanmar (firme Japoneze, germane) etc.

Din coloanele 2...6 ale tab.1 se observă, de asemenea, că valorile numerice ale parametrului tehnologic de bază ( adâncimea de compactare  $H_c$ ) cresc, însă cu ritmuri diferite, odată cu creșterea masei  $M$ , a forței centrifuge  $F$  dezvoltate de vibrator și a puterii motorului de acționare. Mai puțin clară pare a fi influența asupra adâncimii de compactare a frecvenței vibrațiilor  $H_z$ . Pentru evidențierea relațiilor dintre parametrii plăcilor în cauză se cere efectuarea unei analize cantitative a informației din tab.1.

### 3. CORELAȚIILE DINTRE PARAMETRII PRINCIPALI AI PLĂCILOR VIBRATOARE. REZULTATE ȘI CONCLUZII

În baza analizei efectuate s-a ajuns la ipoteza precum că între caracteristicile tehnice și tehnologice ale plăcilor vibratoare oferite pe piața mondială de către toată multitudinea de firme producătoare pot exista corelații veridice, evidențierea cărora ar contribui la rezolvarea unui șir de probleme practice privitoare la alegerea și utilizarea eficientă ale acestor mașini. În această ordine de idei, informația din tabelul 1 s-a prelucrat conform unui program special la calculator și ca rezultat s-au stabilit corelațiile dintre parametrii principali ai plăcilor vibratoare, care-s prezentate în tab. 2 în formă de modele matematice exponențiale.

Analiza vizuală a datelor din tab. 2 ne permite să facem următoarele constatații și concluzii.

Între parametrii principali ai plăcilor compactoare vibratoare produse de către

Au fost obținute de diverse firme corelații, care sunt caracterizate din punct de vedere statistic cu coeficienți de corelație multiplă  $R$ , valorile numerice ale cărora variază între 0,95...0,99 și devieri medii relative  $\varepsilon$  a rezultatelor calculului de la valorile reale ale factorilor considerați între 0,0257 și 0,1100.

Relațiile statistice cu atare valori ale criteriilor  $R$  și  $\varepsilon$  se consideră practic funcționale și pot fi utilizate pentru rezolvarea problemelor practice inginerești în domeniul mașinilor de terasamente.

**Tabelul 2.** Modelele matematice ale corelațiilor dintre parametrii principali ai plăcilor vibratoare.

Nr. Crt.	Modelul matematic al corelației pentru calculul factorului dat	Coefficientul corelației multiple, R	Devierea medie relativă, ε
1	2	3	4
1	Adâncimea compactării $H_c$ , în cm $H_c = e^{0,39} \cdot M^{0,3} \cdot F^{0,47}$	0,94	0,1186
2	$H_c = e^{-0,96} \cdot M^{0,7} \cdot H_z^{0,187}$	0,95	0,1100
3	$H_c = e^{0,83} \cdot F^{0,77}$	0,991	0,0257
4	Forța centrifugă F, în kN $F = e^{-2,98} \cdot M^{0,86} \cdot H_z^{0,41}$	0,95	0,1006
5	$F = e^{-0,62} \cdot M^{0,74}$	0,977	0,0696
6	$F = e^{-1,49} \cdot M^{0,78} \cdot H_z^{0,165}$	0,979	0,0626
7	Puterea motorului P, în kW $P = e^{-0,51} \cdot M^{0,55} \cdot H_z^{-0,194}$	0,991	0,0257

Cele mai importante pentru domeniul ingineresc se consideră corelațiile 1,2 și 3 pentru determinarea adâncimii de compactare în dependență de ceilalți factori - masa mașinii, forța centrifugă dezvoltată de mecanismul perturbator și frecvența vibrațiilor.

Cu cea mai mare precizie adâncimea de compactare  $H_c$  se va determina din modelul matematic prezentat în rândul 3 al tab.2 în dependență de forța centrifugă F. Acest model, după cum se vede din tab.2, se caracterizează cu cele mai înalte valori numerice ale criteriilor statistici R și ε.

Însă dezavantajul acestei relații constă în aceea, că forța centrifugă de cele mai multe ori nu se afișează pe panourile de comandă ale plăcilor. De aceea considerăm, că cea mai solicitată de către producătorii de lucrări și proiectanți va fi relația din rândul al doilea, fiindcă de cele mai multe ori sunt cunoscute masa mașinii și frecvența vibrațiilor. Pentru confirmare în coloana 5 a tab.1 în dreapta defisului sunt prezentate valorile calculate ale adâncimii de compactare a solurilor necoezive cu plăcile vibratoare respective.

Determinarea forței centrifuge F și a puterii motorului P cel mai precis se va face pe bună dreptate cu relațiile din rândurile 6 și 7 în dependență de masa mașinii și frecvența vibrațiilor.

Din analiza materialelor existente și a rezultatelor studiului efectuat în lucrarea de față s-a constatat că la etapa actuală în țară lipsesc materialele normative, în baza cărora s-ar efectua proiectarea lucrărilor de compactare a terasamentelor în spațiile înguste ca fundațiile pentru case individuale de locuit, șanțurile pentru rețelele de apă și canalizare. Având în vedere lucrările masive de reconstrucție a acestor rețele în Republică cu ajutorul organismelor internaționale ( de exemplu, proiectul de reconstrucție a rețelelor de apă și canal în orașele Ștefan Vodă, Cahul, Soroca, Orhei, finanțat de Banca Mondială) și ale altor organisme

internaționale, se poate face concluzia că există o necesitate stringentă de elaborare a unor astfel de materiale normative, care ar permite alegerea pentru condiții anumite de sol a mașinilor celor mai eficiente pentru executarea lucrărilor de terasamente cu cea mai bună calitate, în cel mai scurt timp și cu cheltuieli minime. Cu atât mai mult, că experții Băncii Mondiale au insistat ca reprezentanții firmelor moldovenești câștigătoare a tenderelor pentru executarea lucrărilor de proiectare dar și de realizare a lucrărilor de construcții în orașele susnumite, să prevadă numai de utilizarea plăcilor vibratoare compactoare de cea mai înaltă calitate. Aceasta înseamnă necesitatea utilizării mașinilor, care corespund cerințelor ISO privitoare nu numai la productivitate mare și consum minim de energie, dar și cu minim zgomot, cu poluare minimă a mediului etc.

### Bibliografie

1. *Beiu E., Florea D., Moga A. Catalog cu utilaje de construcții. Institutul Politehnic Cluj Napoca, 1985, 315 pag.*
2. *Zemleanye raboty. Spravoc'nik stroitelya. Moskva, Strojizdat, 1984, 320 pag.*
3. *Beleakov Ju. ș.a. Zemleanye raboty. Strojizdat, 1990, 270 pag.*
4. *Stroitel'nye mashiny. Spravoc'nic. Moskva, Mashinostroenie, 1991, 496 pagini.*
5. *Stroitel'nye normy i pravila. Chast' IV: Smetnye normy i pravila. Glava 5: Pravila razrabotki edinyh raionnyh edinic'nyh rasczenok na stroitel'nye konstrukcii i raboty. Prilojenie: Sborniki edinyh raionnyh edinic'nyh rasczenok na stroitel'nye konstrukcii i raboty. Sbornik 1. Zemleanye raboty.*
6. *Indicator de norme de deviz pentru lucrări de terasamente Ts. București, 1981.*

**Recomandat spre publicare: 17.04.2006**