

## ELABORAREA POMPEI CENTRIFUGE DE TURAȚIE JOASĂ

<sup>1</sup>Bostan I., <sup>2</sup>Cebotari D., <sup>2</sup>Donțu V., <sup>1</sup>Dulgheru V., <sup>1</sup>Ciobanu O.

<sup>1</sup>Universitatea Tehnică a Moldovei

<sup>2</sup>Hidrotehnica SA Chișinău

### 1. INTRODUCERE

Dezvoltarea sistemelor de conversiune a energiilor regenerabile (energia eoliană și energia cinetică de curgere a apei) necesită pompe hidraulice de turație joasă. Colectivul de cercetare al Universității Tehnice a Moldovei a efectuat elaborarea conceptuală a unei minihidrocentrale originale fără construcția barajelor cu funcționare mixtă - destinată pentru producerea energiei electrice și pomparea apei la înălțimi de până la 15 m. Deoarece organul de lucru al minihidrocentralei efectuează un număr de turații mic (2-3)/min aceasta necesită un multiplicator în câteva trepte și o pompă hidraulică de turație joasă. Pentru alegerea pompei a fost efectuată o analiză amplă a celor mai utilizabile tipuri de pompe.

Pompele volumetrice, de exemplu, cu roți dințate și elicoidale, care permit realizarea acționării nemijlocit de la arborele mecanismului de acționare, sunt mult mai economice ( $\eta = 0,7...0,9$ ) la folosirea lor în domeniul debitelor mici (până la  $1m^3/min$ ) și presiuni înalte (ordinul  $20MPa$ ). Mai efectiv însă sunt utilizate pentru pomparea lichidelor cu viscozitatea de la 10 până la  $800cP$ . Drept neajunsuri sunt cerințele rigide față de toleranțele la jocurile în cuplele de frecare sau elementele contactului mecanic. Sunt foarte sensibile la prezența în productul pompat a impurităților mecanice ceea ce conduce la micșorarea fiabilității și duratei de exploatare.

Printre pompele dinamice pot fi menționate cele turbionare, labirinto-elicoidale și pompele disc. Randamentul maxim realizabil al pompei turbionare reprezintă nu mai mult de 45% la regimul de calcul. Însă folosirea acestor pompe în multe cazuri este greu de realizat din cauza uzurii și prinderea suprafețelor de fricțiune în jocuri înguste de etanșare.

Pompele labirinto-elicoidale, care lucrează cu lichide cu viscozitatea joasă, se caracterizează prin construcție simplă și lipsa contactelor directe și a frecării între piese. Ele sunt în stare să creeze presiuni înalte la debite mici. Dar randamentul total al pompei labirint de obicei rar depășește 25%. La construirea și executarea acestor pompe este necesar de luat în considerație precizia înaltă și rigiditatea instalării șurubului, fapt ce asigură jocul garantat

între filetul șurubului și bușei. Nerespectarea acestor cerințe influențează puternic asupra randamentului pompei.

Pompele disc, randamentul maxim al cărora poate atinge 45...55%, sunt caracterizate de o presiune comparativ mică. Mult mai eficient funcționează în cazul pompării lichidelor vâscoase, a lichidelor, care nu admit «laminarea» lor în canalele hidraulice, la utilizarea cu scopul măririi proprietăților anticavitaționale ale pompei de bază, pentru pomparea amestecurilor abrazive.

Totodată poate fi menționat faptul că caracteristicile de lucru ale pompelor examinate se deosebesc de caracteristicile pompelor cu palete și sunt determinate de scăderea bruscă a presiunii și randamentului la modificări mici ale debitului (caracteristicile căderii bruște a presiunii). Pompele dinamice cu palete în timpul de față au o răspândire mult mai largă în toate domeniile de utilizare. Alegerea tipului necesar de pompă cu palete (centrifugă, diagonală sau axială) este determinată de parametri concreți și se caracterizează în general pentru toate pompele criteriile de coeficientul mersului rapid:

$$n_s = 3,65 \times n \times \frac{\sqrt{Q}}{H^{0,75}}, \quad (1)$$

unde:  $n$  este numărul de turații al arborelui pompei,  $rot/min$ ;

$Q$  – debitul pompei,  $m^3/s$ ;

$H$  – presiunea pompei,  $m$ .

Așa dar, pompele centrifuge ocupă domeniul în limitele  $n_s = 20...300min^{-1}$ , pompele diagonale -  $300...600min^{-1}$  și pompele axiale  $600...1800min^{-1}$ . Valoarea maximă atinsă a randamentului pompelor cu palete, de asemenea, în mare parte se caracterizează prin coeficientul mersului rapid al treptelor pompei. Reieșind din condițiile concrete de lucru și parametrii dați, din punctul de vedere al gabaritelor și randamentului, precum și al simplității și rezistenței construcției, al lipsei cuplelor metalice de fricțiune și toleranțelor reduse în jocurile frontale, cele mai optimale sunt pompele hidraulice centrifuge. În acest scop proiectanții de la întreprinderea Hidrotehnica SA au efectuat elaborarea constructivă a unei pompei

centrifuge cu parametri dictați de condițiile de lucru ale rotorului multipal al minihidrocentralei.

## 2. ELABORAREA CONSTRUCȚIEI POMPEI CENTRIFUGE DE TURAȚIE JOASĂ

Pompa centrifugă reprezintă în sine o mașină energetică, în care energia mecanică a transmisiei se transformă în energie hidraulică a lichidului. Transformarea energiei este bazată pe interacțiunea sistemului de palete ale roții de putere cu lichidul pompat. La rotirea roții în torent apare diferența presiunii pe ambele părți ale fiecărei palete. Lichidul, mișcându-se în câmpul forțelor centrifuge, obține o rezervă de energie cinetică, care mai apoi se transformă în energia presiunii în dispozitivul de evacuare al pompei.

Creșterea energiei torentului de lichid va depinde de viteza curentului, numărului de rotații al roții, dimensiunilor ei, formei paletei, de asemenea, de forma și construcția dispozitivului de evacuare al lichidului. Constructiv pompa centrifugă este compusă din roata de lucru spiralată sau, în cazul realizării cu multe trepte, din aparatul de evacuare cu palete. Roata de lucru include discuri conducătoare și conduse, un sistem cu palete amplasat între ele, compus din  $n$  palete profilate. Curentul de lichid, care intră în roată în direcție axială, sub acțiunea forțelor centrifuge și datorită formei speciale a secțiunii meridionale, se transmit în direcție radială la periferiile roții, efectuând prin aceasta acțiunea forțată a paletelor. Dispozitivul de

evacuare al pompei centrifuge este compus din partea spiralată și un difuzor, în care are loc transformarea curentului de viteză în potențial. În afară de asta, în astfel de aparate curentul de lichid, trecând prin sistemul special de palete inverse de evacuare, nimerește în intrarea roții de lucru a următoarei trepte a pompei. Rezultatele obținute sunt prezentate în tabela 1. În scopul analizei comparative în tabelă mai sunt incluse valorile pentru pompele centrifuge cu numărul de rotații ale arborelui – de 3000 și, respectiv, 1500rot/min.

În continuare, la alegerea variantelor concrete de executare a pompei, se cere efectuarea calculului hidraulic de precizare pentru determinarea dimensiunilor geometrice rămase ale roții de lucru și racordului cu palete ale treptei pompei. Calculul de optimizare se realizează cu utilizarea programelor specializate în baza metodicilor de calcul cunoscute a roții centrifuge. Formele profilului paletei și a secțiunii meridionale obținute se verifică cu ajutorul mediului de calcul numeric FEMLIMS, care permite realizarea analizei tridimensionale și vizualizarea curgerii lichidului vâscos în cavitatea ascuțită a roții. Următoarea corectare a dimensiunilor roții de lucru se realizează cu scopul de a exclude apariția în fluxul dintre palete a zonelor de energie joasă și curgerilor în direcție opusă la regimuri nominale, fapt ce influențează negativ asupra caracteristicilor hidraulice ale pompei. Corectarea definitivă a dimensiunilor și precizarea parametrilor pompei centrifuge se realizează în baza rezultatelor încercărilor ale modelului experimental al pompei.

Tabela 1.

№ var.	Numărul de rotații al arborelui $n$ , rot/min	Numărul de trepte al pompei, $i$	Randamentul pompei, $\eta$	Puterea utilizată de pompă $N$ , kW	Momentul necesar pe arborele pompei $M$ , Nm	Diametrul roții de lucru a pompei $D_2$ , mm	Diametrul de intrare în roată $D_0$ , mm	Coefficientul mersului rapid al treptei pompei $n_s$
1	3000	1	0,8	1,363	4,34	110	70	205,3
2	1500	1	0,76	1,434	9,13	185	90	102,6
3	750	1	0,63	1,73	22,03	325	108	51,3
4	500	1	0,55	1,982	37,85	470	120	34,2
5		2	0,68	1,602	30,6	345		57,5
6		3	0,73	1,491	28,49	300		78
7	300	1	0,42	2,595	82,6	760	140	20,5
8		2	0,58	1,88	59,84	550		34,5
9		3	0,65	1,674	53,28	460		46,8
10		4	0,69	1,58	50,28	405		58,1
11		5	0,72	1,515	48,19	370		68,6

### 3. CERCETAREA EXPERIMENTALĂ A POMPEI

Cercetarea și optimizarea parametrilor geometrici ai roții centrifuge s-au bazat pe asigurarea următorilor parametri funcționali ai pompei:

- frecvența de turație -  $500 \text{ min}^{-1}$ ;
- productivitatea -  $40 \text{ m}^3/\text{h}$ ;
- înălțimea pomparei -  $10 \text{ m}$ .

În baza cercetărilor teoretice efectuate au fost elaborate în softul SolidWorks construcția, iar în softul Autodesk MotionInventor - modelul 3D al pompei centrifuge în 3 trepte (fig. 1). În baza documentației tehnice a fost fabricată la întreprinderea Hidrotehnica SA în premieră mostra industrială a pompei hidraulice, prezentată în fig. 2. Cercetările experimentale ale pompei minihidrocentralei au fost efectuate pe un stand specializat la Hidrotehnica SA.

Rezultatele cercetărilor experimentale sunt prezentate în fig. 3,a,b,c, fig. 4,a,b,c și tabela 2. În fig. 3,a,b,c sunt prezentate graficele funcțiilor înălțimii de pompare  $H$ , randamentului mecanic  $\eta$ , puterii  $P$  și curentului  $I$  de productivitatea  $Q$  pentru turațiile  $n=600 \text{ min}^{-1}$ ;  $n=500 \text{ min}^{-1}$  și  $n=300 \text{ min}^{-1}$ . În fig. 4,a,b,c este prezentată o analiză comparativă în formă de diagrame a celor trei parametri de bază –  $H$ ,  $\eta$  și  $P$  pentru o valoare constantă a productivității  $Q=40 \text{ m}^3/\text{h}$ . Analiza rezultatelor obținute arată că randamentul mecanic este mai înalt la pompa cu turația  $n=300 \text{ min}^{-1}$ . Înălțimea maximă de pompare, cum era de așteptat, se obține la turația cea mai mare – de  $n=600 \text{ min}^{-1}$ . Puterea maximă este dezvoltată de pompa cu turație



Figura 2. Mostra industrială a pompei hidraulice.

maximă. Pentru o mai clară procedură a construirii graficelor din fig. 3,a,b,c și a diagramele din fig. 4,a,b,c în tabela 2 se prezintă rezultatele măsurărilor efectuate ai indicilor calitativi de bază ai pompei  $Q$ ,  $H$ ,  $P$ ,  $I$  la turația  $n=500 \text{ min}^{-1}$ . Din cele 11 măsurări efectuate măsurătoarea sub nr.7 corespunde condițiilor optime de lucru a rotorului

Tabela 2 – Rezultatele încercărilor experimentale.

Nr. d/o	$Q_{op}$ , $\text{m}^3/\text{h}$	$H_{op}$ , $\text{m}$	$I$ , $\text{A}$	$P_1$ , $\text{kW}$	Randament $\eta$ , %	$n_{tur.mot.}$ , $\text{tur}/\text{min}$	$Q_{pr}$ , $\text{m}^3/\text{h}$	$H_{pr}$ , $\text{m}$	$P_{1pr}$ , $\text{kW}$
1	1,35	13,269	3,917	1,060	4,598	534,6	1,35	13,269	1,060
2	13,50	12,596	4,200	1,400	33,049	531,8	13,50	12,596	1,400
3	22,50	12,246	4,383	1,620	46,278	529,8	22,50	12,246	1,620
4	27,00	11,980	4,517	1,740	50,582	528,8	27,00	11,980	1,740
5	31,50	11,420	4,633	1,860	52,625	527,9	31,50	11,420	1,860
6	36,00	10,666	4,767	1,980	52,768	526,9	36,00	10,666	1,980
7	<b>40,05</b>	<b>10,113</b>	<b>4,817</b>	<b>2,040</b>	<b>54,025</b>	<b>526,1</b>	<b>40,05</b>	<b>10,113</b>	<b>2,040</b>
8	45,00	9,077	4,967	2,160	51,457	525,0	45,00	9,077	2,160
9	49,50	8,042	5,067	2,240	48,355	522,3	49,50	8,042	2,240
10	54,00	6,812	5,117	2,300	43,521	519,6	54,00	6,812	2,300
11	64,80	3,007	5,267	2,420	21,906	513,1	64,80	3,007	2,420

În tabel este dat randamentul total al mecanismului de acționare a standului.

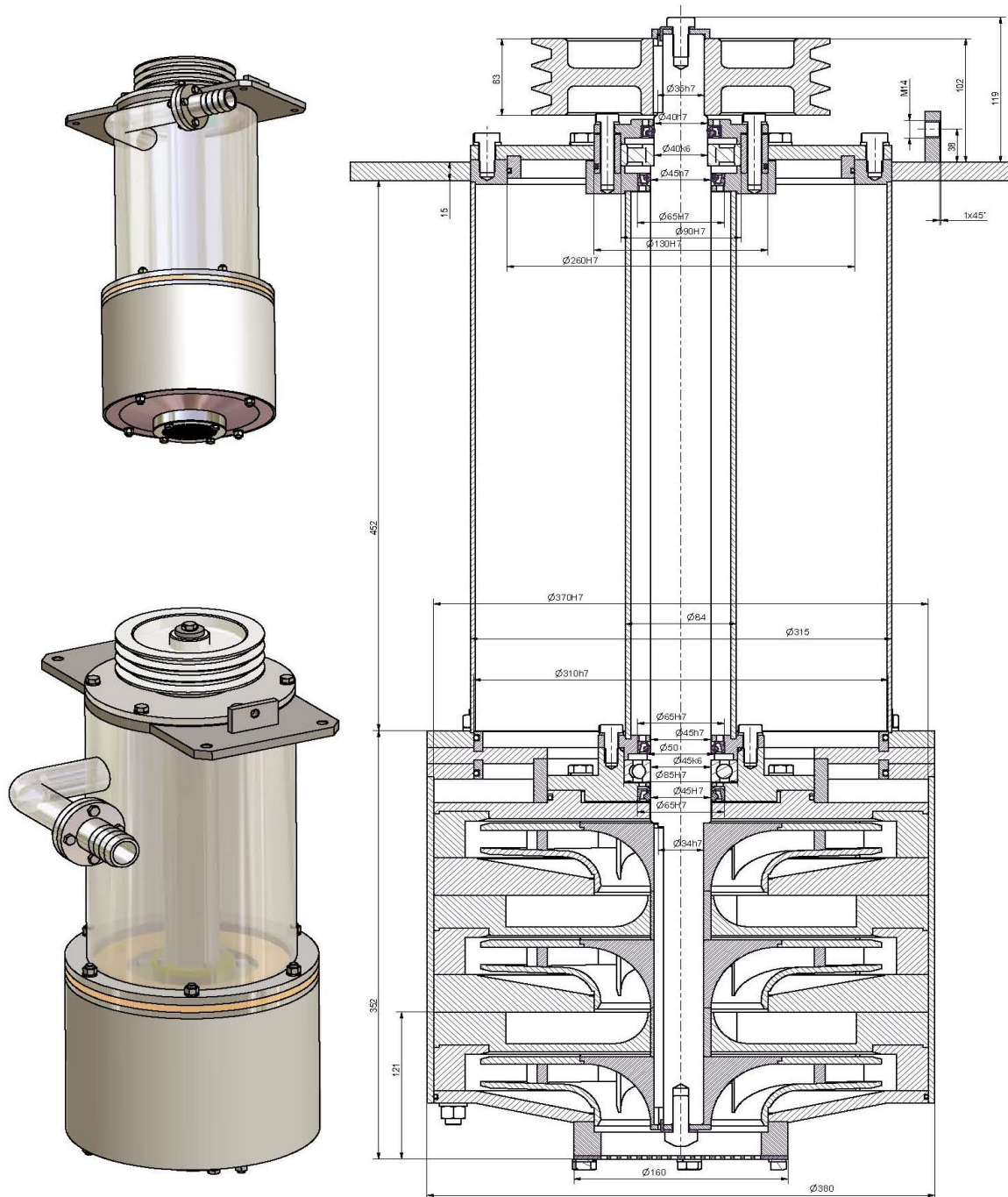


Figura 1. Desenul de ansamblu al pompei centrifuge.

multipal al minihidrocentralei și înălțimii necesare de pompare a apei.

Randamentul general al pompei se va calcula din relația:

$$\eta_p = \frac{0,54}{0,81 \cdot 0,95} = 0,7$$

unde  $0,81 \cdot 0,95$  este randamentul standului.

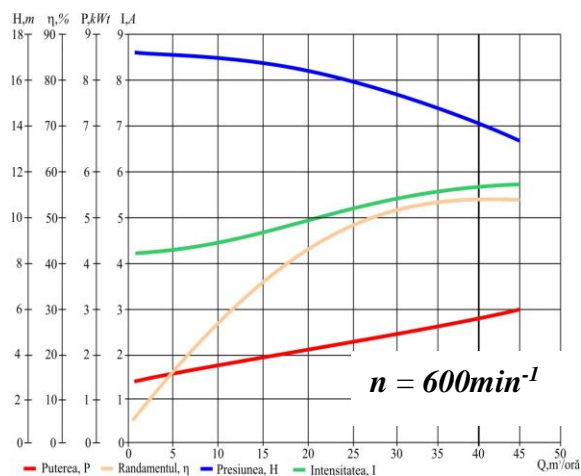
#### 4. CONCLUZII

În rezultatul cercetărilor experimentale

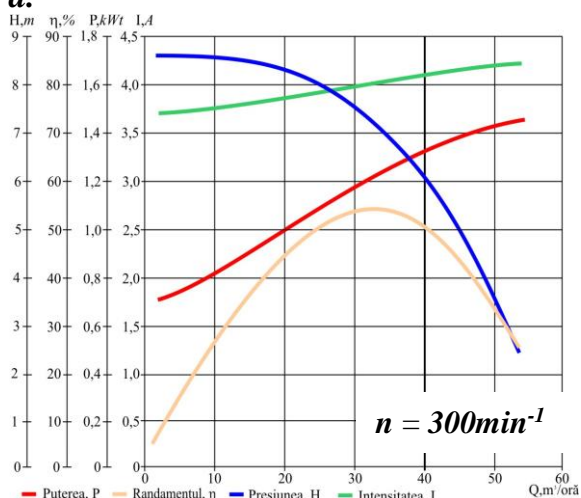
efectuate pot fi formulate următoarele concluzii:

- frecvența de turații a rotorului minihidrocentralei  $n=1,75 \text{ min}^{-1}$  multiplicată până la  $n \approx 500 \text{ min}^{-1}$  la arborele pompei hidraulice, parametrii funcționali ai acesteia, obținuți în cadrul cercetărilor experimentale, sunt satisfăcători și anume:

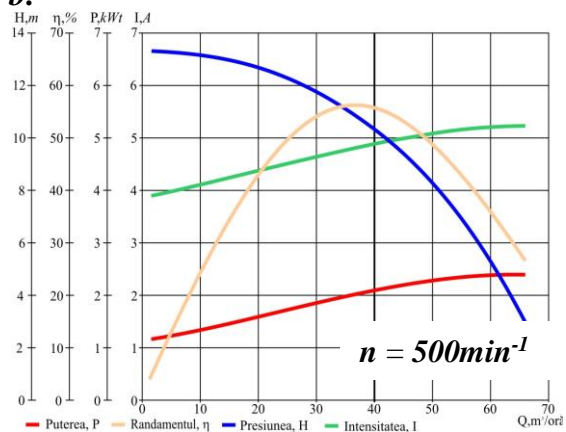
- randamentul mecanic al pompei  $\eta=0,7$ ;
- productivitatea  $Q=40 \text{ m}^3/\text{h}$ ;
- înălțimea pompării  $h=10 \text{ m}$ .
- abaterea de la parametrii obținuți teoretic este nesemnificativă.



a.



b.

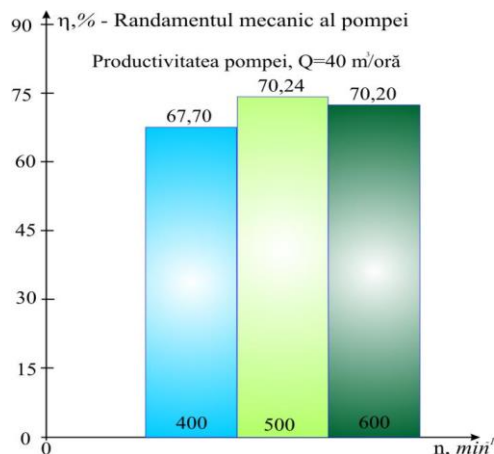


c.

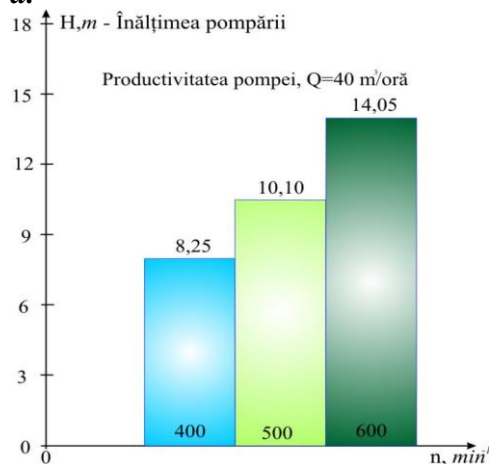
**Figura 3.** Performanțele pompei pentru diferite regimuri de funcționare.

**Bibliografie**

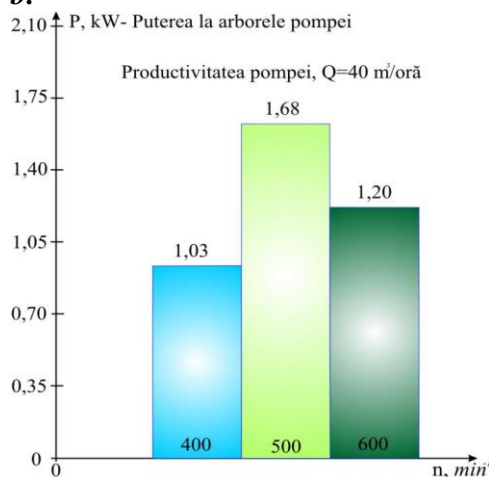
1. Bostan I., Dulgheru V. Bostan V., Ciobanu O., Sochireanu A. Minihidrocentrală flotabilă cu palete cu profil hidrodinamic reglabile / Conferința Internațională „Energetica Moldovei –



a.



b.



c.

**Figura 4.** Rezultatul cercetărilor experimentale (P, kW; H, m; η, %).

2005”. Rapoarte. Chișinău, ISMB 9975-62-145-7, p.604-608.

2. Bostan I., Dulgheru V. Bostan V., Ciobanu O., Sochireanu A. Stație hidraulică / Brevet nr. 2991. BOPI nr. 2/2006.

Recomandat spre publicare: 26.04.2006.