

CALCULATION OF DRIVE PERFORMANCE FOR U 650 TRACTOR EQUIPPED WITH SUPPLEMENTARY HYDROSTATIC TRANSMISSIONS

CALCULUL PERFORMANTELOR DE TRACȚIUNE ALE TRACTORULUI U 650 ECHIPAT CU TRANSMISIE HIDROSTATICĂ SUPLIMENTARĂ

Assoc. Prof. Ph.D. Eng. Popa Gh.¹⁾, Lect. Ph.D. Eng. Constantinescu A.¹⁾,
Assoc. Prof. Ph.D. Eng. Dumitru I.¹⁾, Ph.D. Eng. Vlăduț V.²⁾

¹⁾ University of Craiova, Faculty of Mechanics; ²⁾ INMA Bucharest
Tel: 0743 932 166; Fax: 0251 416630; E-mail: departarmia@yahoo.com

Abstract: The paper presents the calculation of traction of a tractor equipped with hydrostatic transmission additional to mechanical transmission. The variation of the hydraulic parameters – the working liquid pressure, created by the hydraulic pump – modifies the parameters of the hydraulic motor – the rotation speed of the motor axle, the motor torque – and, also, the traction performances of the tractor.

Also, wheeled traction performances are influenced by constructive and functional parameters of tractor tire, parameters influencing the interaction between the ground and wheels.

Keywords: traction characteristic, hydraulic parameters, hydrostatic transmission, wheels skidding.

INTRODUCTION

Universal tractor U 650, equipped with mechanical transmission can not achieve low speeds (slow), because at low speed running of the internal combustion engine, speed is not constant and stable.

Therefore, to achieve a low speed gear train of the tractor is used by supplementary hydrostatic transmissions through a more normal hydrostatic system of the tractor.

Using the hydrostatic transmission allows continuous change of transmission ratio.

Adjustment of the running speed and transmitted torque size to the tractor wheels are achieved by different types of automatic controls, which accomplish two basic operating modes.

- constant power regime, $P = ct$;
- regime of constant velocity, $v = ct$

The first operating system is more economical because the tractor engine can work all the time at rated power with lower fuel consumption, while the thrust and speed are variable.

The second mode is used in certain kinds of works that need a constant speed. The regime is characterized by variable traction forces and speed $v = ct$. making the required engine power to be variable.

Tractor engine works in different partial load regimes characterized by specific fuel consumption values compared with the first regime.

MATERIAL AND METHOD

1. CONSTRUCTIVE SOLUTION FOR SUPPLEMENTARY HYDROSTATIC TRANSMISSION OF THE TRACTOR U650

When the placement scheme and additional hydrostatic drive transmission for obtaining slow displacement speeds of the tractor 650 U are chosen, were analyzed the functional and structural characteristics of its mechanical transmission and characteristics of the hydraulic installation of this type of tractor, by adopting a constructive functional solution given in Figure 1.

Rezumat: În lucrare este prezentat calculul de tracțiune al unui tractor echipat cu transmisie hidrostatică suplimentară transmisiei mecanice. Variația parametrilor hidraulici-presiunea lichidului de lucru, creată de pompa hidraulică-modifică parametrii motorului hidraulic-viteza de rotație a arborelui motorului, cuplul motorului- și, de asemenea, performanțele de tracțiune ale tractorului.

De asemenea, performanțele de tracțiune sunt influențate de parametrii constructivi și funcționali ai anvelopelor tractorului, parametrii care influențează interacțiunea dintre roți și sol.

Cuvinte cheie: caracteristica de tracțiune, parametrii hidraulici, transmisie hidrostatică, patinare roți.

INTRODUCERE

Tractorul universal U 650, echipat din construcție cu transmisie mecanică nu poate realiza viteze reduse (lente), deoarece la turații reduse de funcționare a motorului cu ardere internă, viteza de deplasare nu este constantă și stabilă.

De aceea, pentru realizarea unor viteze foarte mici se utilizează antrenarea transmisiei tractorului prin intermediul unei transmisii hidrostatice suplimentare, utilizând instalația hidrostatică obișnuită a tractorului.

Utilizarea transmisiei hidrostatice permite modificarea continuă a raportului de transmitere.

Reglarea vitezei de deplasare și a mărimii momentului motor transmis către roțile tractorului se realizează prin diferite genuri de regulatoare automate, care realizează două regimuri de funcționare de bază:

- regimul de putere constantă, $P = ct$;
- regimul de viteză constantă, $v = ct$.

Primul regim de funcționare este mai economic, deoarece motorul tractorului poate lucra tot timpul la puterea nominală, cu un consum mai mic de combustibil, în timp ce forța de tracțiune și viteza de deplasare sunt variabile.

Al doilea regim este folosit la anumite feluri de lucrări, care au nevoie de o viteză constantă. Regimul se caracterizează prin forțe de tracțiune variabile și viteză $v = ct$. ceea ce face ca puterea solicitată motorului să fie variabilă.

Motorul tractorului lucrează în diferite regimuri de sarcină parțială caracterizate de consumuri specifice de combustibil mai mari în comparație cu primul regim.

MATERIAL ȘI METODĂ

1. SOLUȚIA CONSTRUCTIV-FUNCȚIONALĂ PENTRU TRANSMISIA HIDROSTATICĂ SUPLIMENTARĂ A TRACTORULUI U 650

La adoptarea schemei de amplasare și acționare a transmisiei hidrostatice suplimentare pentru obținerea vitezelor lente de deplasare a tractorului pe roți tip U 650 s-au analizat caracteristicile funcționale și constructive ale transmisiei mecanice a acestuia, precum și caracteristicile instalației hidraulice care echipează acest tip de tractor, adoptându-se soluția constructiv funcțională dată în figura 1.

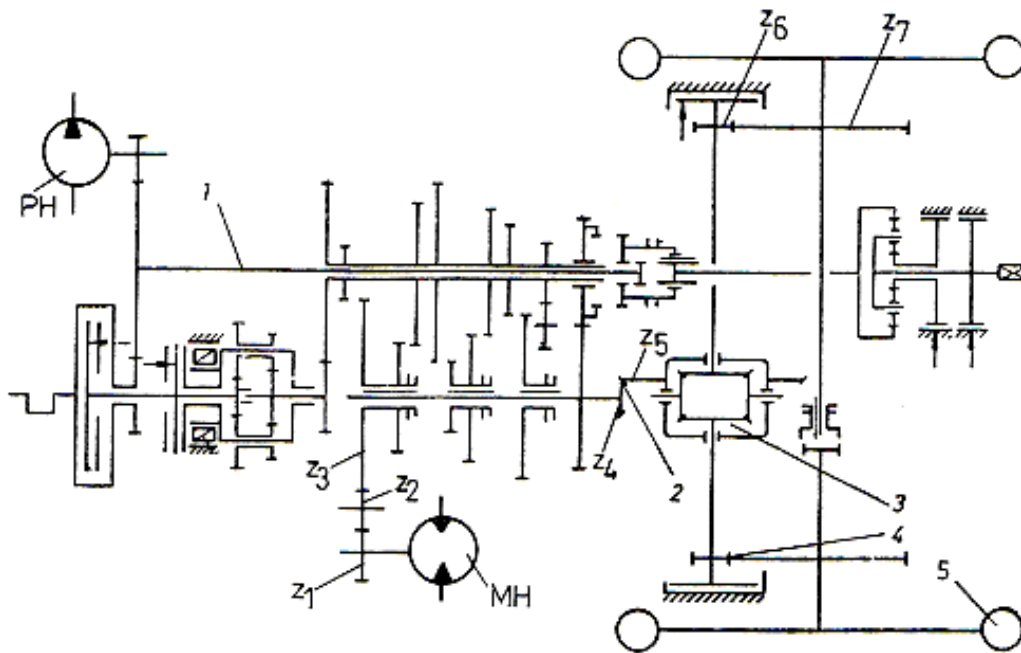


Fig. 1 - Transmission scheme of the tractor U 650 with additional hydrostatic transmission for getting slow speeds / Schema transmisiei tractorului U 650 cu transmisia hidrostatică suplimentară pentru obținerea vitezelor lente

Hydrostatic power flow circuit consists of PH hydraulic pump (driven by the tractor engine through a gear shaft placed on the independent power outlet) and MH hydrostatic engine, a gear placed at the entrance consists of a pair of cylindrical gears Z_1 and Z_2 , which causes cylindrical gear wheel Z_3 corresponding to 1 step on the secondary shaft of the gearbox of the tractor. Gear housing cover is mounted on the left side of the gearbox (in place of the gear coupling belt washers). Movement of the secondary shaft of the gearbox is transmitted to the central transmission (tapering group) 2, 3 differential, final drive reaching five wheels of the rear axle of the tractor). Hydraulic connection between the pump and motor hydrostatic MH PH is via hydraulic distributor DH (type 3/4) and throttle (hydraulic resistance) to regulate power flow of hydrostatic motor.

Due to the scheme shown in figure 1, figure 2 shows the additional hydrostatic transmission scheme adapted to the tractor U 650.

Circuitul fluxului de putere hidrostatic este format din pompa hidraulică PH (antrenată de motorul tractorului prin angrenajul plasat pe arborele 1 al prizei de putere independente) și motorul hidrostatic MH, plasat la intrarea unui reductor format dintr-o pereche de roți dințate cilindrice Z_1 și Z_2 , care antrenează roata dințată cilindrică Z_3 corespunzătoare treptei I de pe arborele secundar al cutiei de viteze a tractorului. Carcasa reductorului este montată pe capacul lateral din stânga al cutiei de viteze (în locul de cuplare al reductorului șaipei de curea). Mișcarea de la arborele secundar al cutiei de viteze se transmite la transmisia centrală (grupul conic) 2, diferențialul 3, transmisia finală 4, ajungând la roțile motoare 5 ale punții din spate a tractorului). Legătura hidraulică dintre pompa PH și motorul hidrostatic MH se face prin intermediul distribuitorului hidraulic DH (tip 3/4) și un drosel (rezistență hidraulică) pentru reglarea debitului de alimentare a motorului hidrostatic.

În baza schemei de principiu prezentată în figura 1, în figura 2 este prezentată schema transmisiei hidrostatice suplimentare adaptată la tractorul U 650.

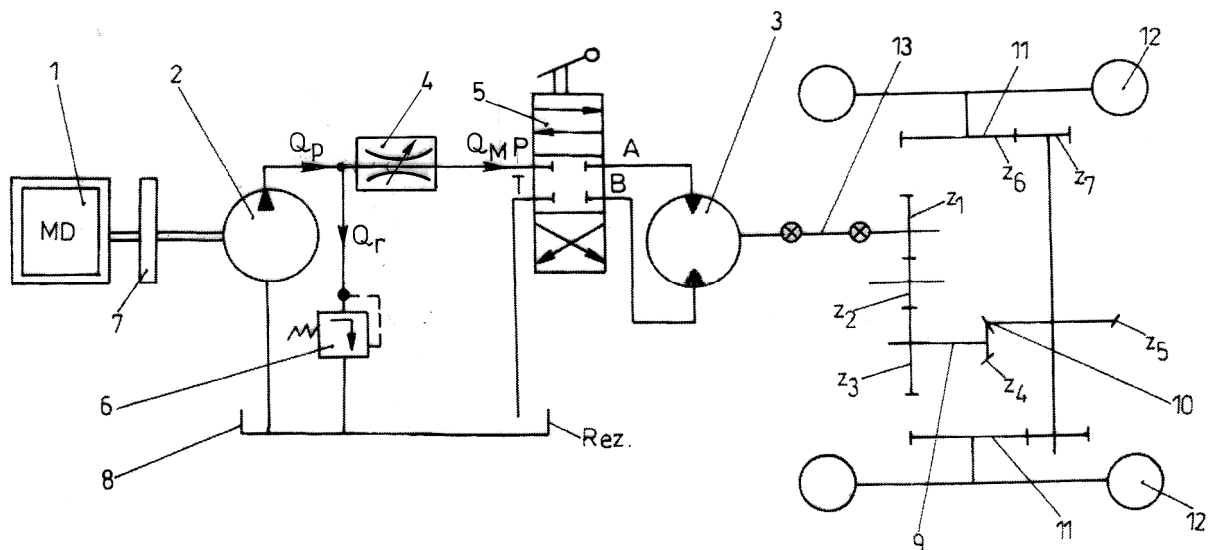


Fig. 2 - Additional hydrostatic transmission scheme operating gearbox secondary shaft applied to tractor U 650 / Schema transmisiei hidrostatice suplimentare care acționează arborele secundar al cutiei de viteze aplicată la tractorul U 650

Hydraulic pump 2 is driven by a diesel tractor engine using the gear 7 and is coupled through hydraulic distributor 5 (Type 4/3), to hydrostatic motor 3. Hydrostatic motor 3 drives, by transmission shaft 13, a mechanical gearbox, comprising a pair of cylindrical gears z_1 and z_2 . From gear the cylindrical toothed wheel z_3 is driven, corresponding to step I of the secondary shaft of the gearbox 9 of the tractor.

Through the intermediate of central transmission 10 and final transmissions 11 the movement is transmitted to the tractor motor wheels 12.

The hydraulic pump flow 2 which is sent to the hydrostatic motor 3 can be adjusted, within certain limits, with a flow controller that consists of a throttle 4, the system pressure being set with pressure limiting valve 6, excess oil reaching tank 8.

Mechanical transmission of the output shaft of the hydrostatic motor and wheels of the tractor consists of a shaft and a mechanical gearbox, gears composed of z_1 and z_2 , which engage with toothed wheel z_3 corresponding to stage I of the secondary shaft of gearbox.

By central transmission 10 of the rear axle, comprising toothed wheels z_4 and z_5 , the movement is transmitted to the final drive 11, consisting of Z6 and Z7 gears. Total transmission ratio of gear set is $i_{tr2} = 27.73$.

2. CALCULATION OF TRACTION CHARACTERISTIC OF U 650 TRACTOR EQUIPPED WITH ADDITIONAL HYDROSTATIC TRANSMISSION

Using MathCAD program was reached by computer simulation the graphic design of traction of the tractor U650 equipped with additional hydrostatic transmission.

Determination of traction characteristic of U 650 tractor equipped with additional hydrostatic transmission, using MathCAD program was made using the matrix method: flow changed by lines varying the tractor engine speed, and by columns - by varying the pump flow.

As input data, to calculate the traction of the tractor equipped with additional hydrostatic transmission three groups of parameters are used.

- Constructive and functional parameters of the tractor (engine features, transmission parameters, the parameters wheels, tractor weight, etc.)
- Constructive and functional parameters of hydrostatic transformer consist of a hydrostatic pump and additional hydrostatic engine;
- Parameters related to interaction of the main wheels tires and road.

Figure 3 presents a sequence of calculation of traction characteristic by Mathcad program using as input data the constructive parameters of tractor and hydrostatic transmission, respectively interaction between ground and wheels: operating weight of the tractor, rated engine speed, engine speed at maximum, maximum engine speed (at idle), the geometric volume of hydrostatic pump, hydrostatic motor geometric volume, working hydraulic fluid pressure, hydrostatic pump efficiency, hydrostatic engine performance, engine volumetric efficiency of hydrostatic transmission ratio of the mechanical transmission of the tractor engine and hydraulic pump shaft, the transmission ratio between motor shaft hydrostatic mechanical transmission and drive wheels of the tractor, mechanical efficiency of the motor shaft hydrostatic transmission and drive wheels the tractor wheels of the tractor beam, the weight of the tractor weight adherent, angular coefficient of straight slip approximation, the coefficient of adhesion of tractor wheels on concrete, the coefficient of rolling resistance tractor wheels on concrete.

Pompa hidraulică 2 este antrenată de motorul tractorului Diesel 1 folosind reductorul 7 și este cuplată, prin intermediul distribuitorului hidraulic 5 (tip 4/3), la motorul hidrostatic 3. Motorul hidrostatic 3 antrenează, prin transmisia cardanică 13, un reductor mecanic, format dintr-o pereche de roți dințate cilindrice z_1 și z_2 . De la reductor se antrenează roata dințată cilindrică z_3 care corespunde treptei I de pe arborele secundar al cutiei de viteze 9 a tractorului.

Prin intermediul transmisiei centrale 10 a punții motoare din spate și a transmisiilor finale 11 mișcarea se transmite la arborii roților motoare 12 ale tractorului.

Debitul pompei hidraulice 2 care este trimis la motorul hidrostatic 3 se poate modifica (regla), între anumite limite, cu ajutorul unui regulator de debit format din droselul reglabil 4, presiunea în sistem fiind reglată cu ajutorul supapei de limitare a presiunii 6, surplusul de ulei ajungând în rezervorul 8.

Transmisia mecanică dintre arborele de ieșire al motorului hidrostatic și roțile motoare ale tractorului are în componență un arbore cardanic și un reductor mecanic, format din roțile dințate z_1 și z_2 , care angrenează cu roată dințată z_3 , corespunzătoare treptei I de pe arborele secundar al cutiei de viteze.

Prin transmisia centrală 10 a punții din spate, formată din roțile dințate conice z_4 și z_5 , mișcarea se transmite la transmisia finală 11, formată din roțile dințate z_6 și z_7 . Raportul total de transmitere al transmisiei menționate este $i_{tr2} = 27,73$.

2. CALCULUL CARACTERISTICII DE TRACȚIUNE A TRACTORULUI U 650 ECHIPAT CU TRANSMISIE HIDROSTATICĂ SUPLIMENTARĂ

Utilizând programul Mathcad s-a realizat, prin simulare pe calculator, construcția grafică a caracteristicii de tracțiune a tractorului U 650 echipat cu transmisie hidrostatică suplimentară.

Determinarea caracteristicii de tracțiune a tractorului U 650 echipat cu transmisie hidrostatică suplimentară, cu ajutorul programului Mathcad, s-a făcut folosind metoda matricială: pe linii debitul s-a modificat prin variația turației motorului tractorului, iar pe coloane – prin variația debitului pompei.

Ca date de intrare pentru calculul de tracțiune a tractorului echipat cu transmisie hidrostatică suplimentară sunt folosite trei grupe de parametri:

- parametrii constructivi și funcționali ai tractorului (caracteristicile motorului, parametrii transmisiei, parametrii roților motoare, greutatea tractorului etc.);
- parametrii constructivi și funcționali ai transformatorului hidrostatic format din pompa hidrostatică a tractorului și motorul hidrostatic suplimentar;
- parametrii referitori la interacțiunea pneurilor roților motoare cu solul (drumul).

În figura 3 este prezentată o secvență de calcul a caracteristicii de tracțiune din programul Mathcad, folosind ca date de intrare parametrii constructivi ai tractorului și transmisiei hidrostactice, respectiv interacțiunea roților motoare cu solul: greutatea de exploatare a tractorului, turația nominală a motorului, turația motorului la momentul maxim, turația maximă a motorului (la mers în gol), volumul geometric al pompei hidrostactice, volumul geometric al motorului hidrostatic, presiunea lichidului hidraulic de lucru, randamentul pompei hidrostactice, randamentul motorului hidrostatic, randamentul volumic al motorului hidrostatic, raportul de transmitere al transmisiei mecanice dintre arborele motorului tractorului și pompa hidraulică, raportul de transmitere al transmisiei mecanice dintre arborele motorului hidrostatic și roțile motoare ale tractorului, randamentul transmisiei mecanice dintre arborele motorului hidrostatic și roțile motoare ale tractorului, raza roților motoare ale tractorului, ponderea greutății aderente a tractorului, coeficientul unghiular al dreptei de aproximare a patinării, coeficientul de aderență a roților tractorului pe beton, coeficientul de rezistență la rulare a roților tractorului pe beton.

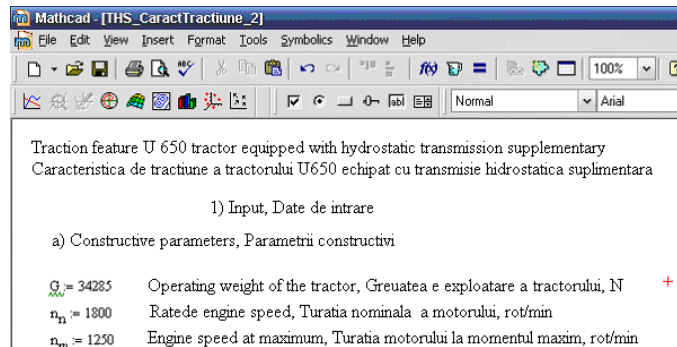


Fig. 3 - Sequence feature of input traction calculation / Secvență de calcul a caracteristicii de tracțiune privind datele de intrare

Figure 4 shows a sequence for calculating the traction characteristic of MathCAD program to determine the theoretical characteristic curves of traction.

În figura 4 este prezentată o secvență de calcul a caracteristicii de tracțiune din programul Mathcad pentru determinarea curbelor caracteristicii teoretice de tracțiune.

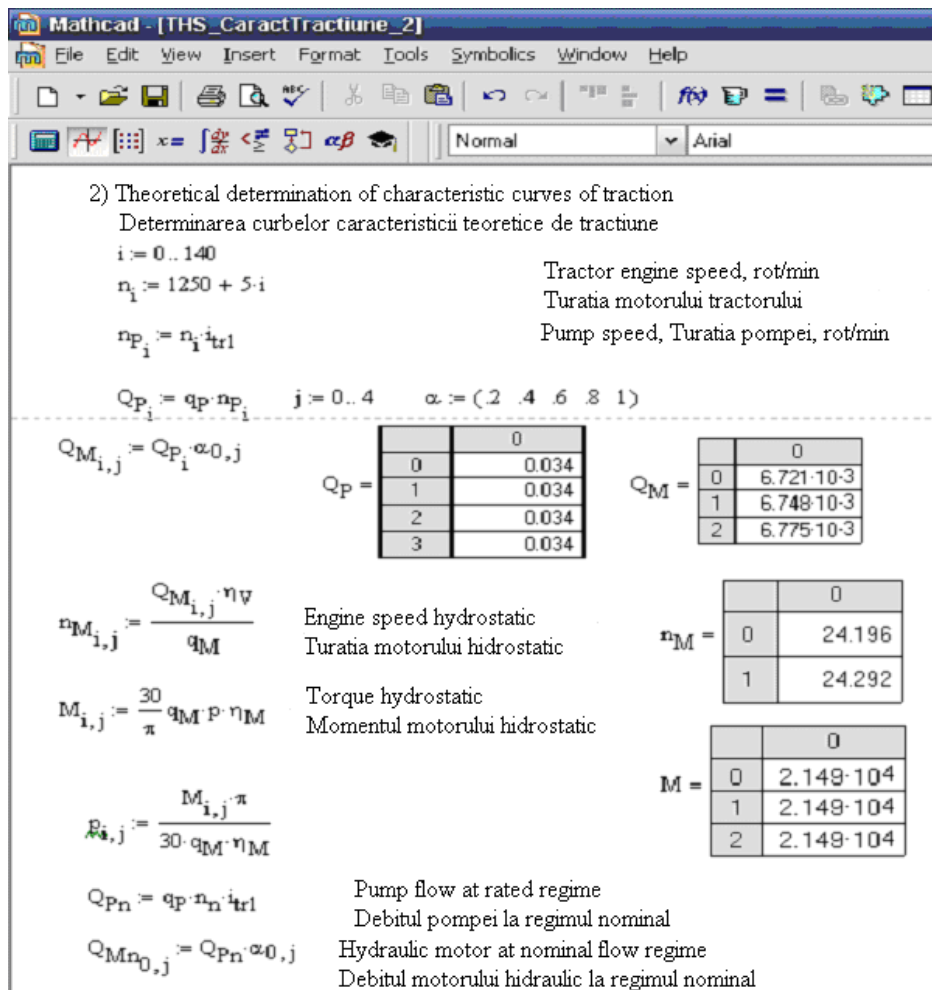


Fig. 4 - Sequence for the determination of traction curves characteristic / Secvență de calcul pentru determinarea curbelor caracteristicii de tracțiune

RESULTS

Torque variation of the hydrostatic engine depending on the rotation speed of the motor shaft at different flow rates for different hydrostatic engine settings is represented in Figure 5

It is noted that the torque varies over a hyperbolic law, having the same maximum value of 618.794 Nm and minimum value of 396.633 Nm regardless of stage of control of hydrostatic engine flow.

Curve 1 represents the time variation of torque $M_{i,0}$, and 5 curve -the torque variation $M_{i,4}$.

REZULTATE

Variația momentului motorului hidrostatic în funcție de turația arborelui motorului hidrostatic, la diferite debite ale motorului hidrostatic pentru diferite reglaje de debit ale motorului hidrostatic este reprezentată în figura 5. Se observă că momentul variază după o lege hiperbolică, având aceeași valoare maximă de 618,794 Nm și minimă de 396,633 Nm indiferent de treapta de reglare a debitului motorului hidrostatic.

Curba 1 reprezintă variația momentului $M_{i,0}$, iar curba 5 variația momentului $M_{i,4}$.

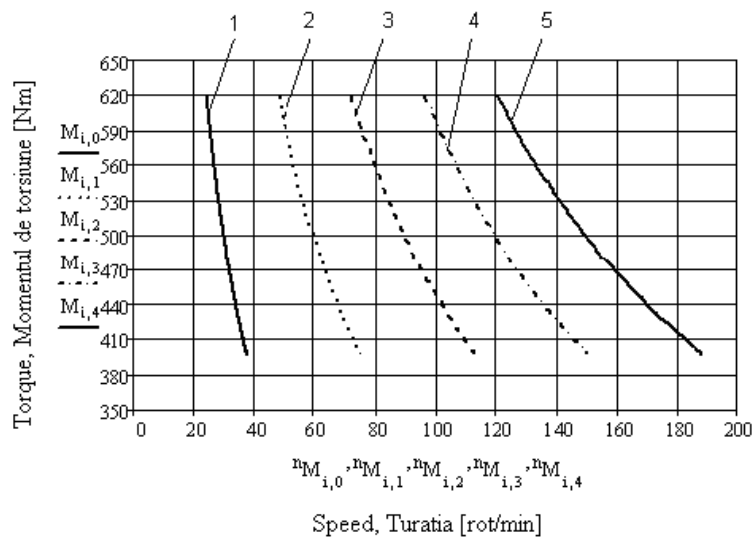


Fig. 5 – Variation of hydrostatic motor torque depending on the rotation speed of hydrostatic motor shaft at engine different flows / Variația momentului motorului hidrostatic în funcție de turația arborelui motorului hidrostatic, la diferite debite de alimentare ale motorului hidrostatic
 1 - for QM = 0,2 QM max; 2 - for QM = 0,4 QM max; 3 - for QM = 0,6 QMmax;
 4 - for QM = 0,8 QM max; 5 - for QM = QM max./

Variation of traction force $F_t = F_{t,i,0}$ depending on speed of the tractor engine is given in figure 6. Note that within the speed range of 1250-1325 rot/min traction force is constant with value $F_t = F_{tmax} = 19371$ N, then decreases to the value of 12933N for tractor engine speed of 1250 rot/min.

Variația forței de tracțiune $F_t = F_{t,i,0}$ a tractorului în funcție de turația n_i a motorului tractorului este dată în figura 6. Se observă că în intervalul de turații 1250 - 1325 rot/min forța de tracțiune este constantă, având valoarea $F_t = F_{tmax} = 19371$ N, după care scade până la valoarea de 12933 N pentru turația tractorului de 1250 rot/min.

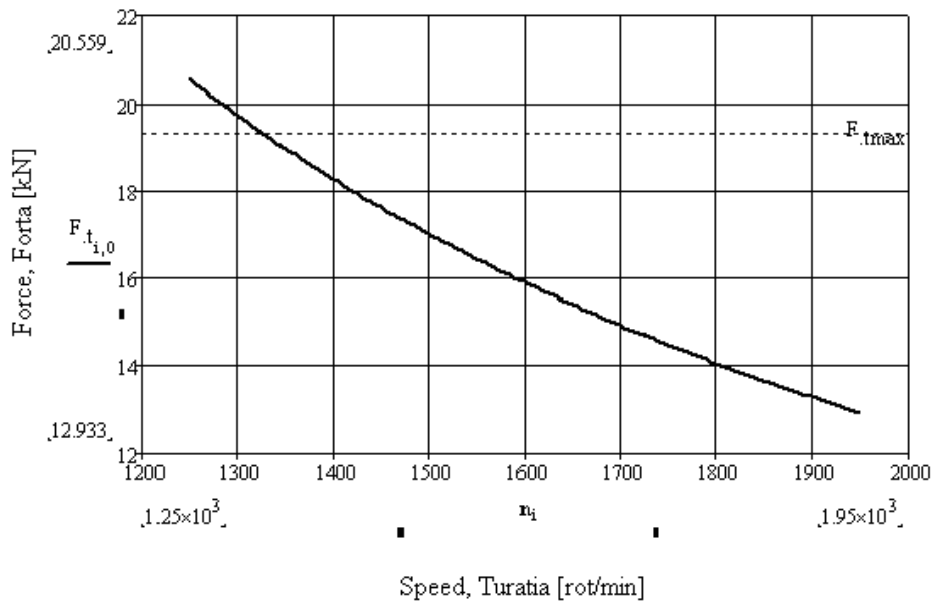


Fig. 6 - Variation of traction strength depending on the tractor engine speed / Variația forței de tracțiune în funcție de turația motorului tractorului

Determination of slip curve and the actual displacement speed of the tractor is performed with equations:

Determinarea curbei patinării și a vitezelor reale de deplasare a tractorului se face cu relațiile:

$$\delta_{i,j} := \text{if} \left[\varphi_{m_{i,j}} \geq \varphi_{m_{max}}, 1, \frac{A \cdot \varphi_{m_{i,j}} - B \cdot (\varphi_{m_{i,j}})^2}{D - \varphi_{m_{i,j}}} \right] \quad (1)$$

$$\varphi_{m_{i,j}} := \frac{F_{m_{i,j}}}{\lambda_m \cdot G \cdot 10^{-3}},$$

where:

în care:

$$\varphi_{m\max} := \frac{F_a}{\lambda_m \cdot G} = 0,9;$$

$$A := 3 \cdot m \cdot \frac{\varphi}{4}; \quad B := \frac{m}{2}; \quad D := \varphi + m \cdot \frac{\varphi^2}{4}.$$

The variation curve of wheels skidding depending on traction force of tractor $\delta = f(F_t)$ and curves of variation of real rates related to tractor traction force $v = f(F_t)$ for different levels of control of flow pump are shown in Figure 7.

Curba de variație a patinării roților motoare în funcție de forța de tracțiune a tractorului $\delta = f(F_t)$ și curbele de variație a vitezelor reale ale tractorului în funcție de forța de tracțiune a tractorului $v = f(F_t)$ pentru diferite trepte de reglaj a debitului pompei sunt prezentate în figura 7.

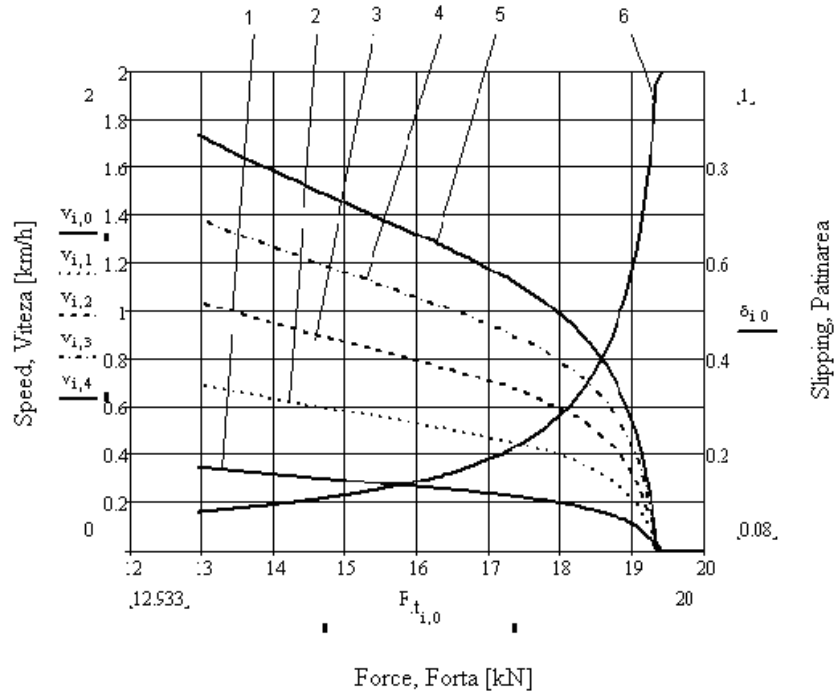


Fig. 7 - Actual speed and skidding variation depending on traction force for different settings to power flow of hydrostatic engine / Variația vitezei reale și a patinării în funcție de forța de tracțiune pentru diferite reglaje ale debitului de alimentare a motorului hidrostatic:
 1 - for QM = 0,2 QM max; 2 - for QM = 0,4 QM max; 3 - for QM = 0,6 QMmax;
 4 - for QM = 0,8 QM max; 5 - for QM = QM max.; 6- slipping.

It is noted that the actual displacement speed decreases with increasing traction force to the minimum setting, $v_{i,0}=0.347$ km/h (curve 1) and maximum $v_{i,4}=1.735$ km/h (curve 5) at $F_{t,0} = 12933$ N, up to values of 0.0071 km/h respectively 0.036 km/h maximum traction force ($F_{t,0} = 19371$ N), tending to zero and skidding increases with traction force from 8% to traction force $F_{t,0} = 12933$ N, up to 97.2% maximum traction force $F_{t,0} = 19371$ N, reaching 100% at forces greater than the maximum force of traction (curve 6).

Determination of the variation curves of the tractor driving power is the equation:

Se observă că vitezele reale de deplasare scad odată cu creșterea forței de tracțiune de la valoarea minimă de reglaj, $v_{i,0}= 0,347$ km/h (curba 1), respectiv maximă $v_{i,4} = 1,735$ km/h (curba 5) la $F_{t,0} = 12933$ N, până la valorile 0,0071 km/h, respectiv 0,036 km/h la forța maximă de tracțiune ($F_{t,0}= 19371$ N), tinzând către zero, iar patinarea crește odată cu creșterea forței de tracțiune de la 8 % la forța de tracțiune $F_{t,0} = 12933$ N, până la 97,2 % la forța maximă de tracțiune $F_{t,0}= 19371$ N, ajungând la 100 % la forțe mai mari decât forța maximă de tracțiune (curba 6).

Determinarea curbelor de variație a puterii de tracțiune a tractorului se face cu relația:

$$P_{t,i,j} := F_{t,i,j} \cdot \frac{v_{t,i,j}}{3,6} \tag{2}$$

Curves of variation of the tractor driving power depending on traction force $P_t = f(F_t)$ for different pump flow control steps are shown in Figure 8

It is noted that traction strength increases linearly with increasing traction strength from minimum value, $P_{t,0}= 1.355$ kW for traction force, $F_{t,0} = 12933$ N (curve 1) up to the maximum $P_{t,4}=6.904$ kW power maximum traction, $F_{t,0}=19371$ N (curve 5).

Curbele de variație a puterii de tracțiune a tractorului în funcție de forța de tracțiune $P_t = f(F_t)$ pentru diferite trepte de reglaj a debitului pompei sunt prezentate în figura 8.

Se observă că puterea de tracțiune crește liniar odată cu creșterea forței de tracțiune de la valoarea minimă $P_{t,0} = 1,355$ kW pentru forța de tracțiune $F_{t,0} = 12933$ N (curba 1) până la valoarea maximă $P_{t,4} = 6,904$ kW pentru forța maximă de tracțiune $F_{t,0} = 19371$ N (curba 5).

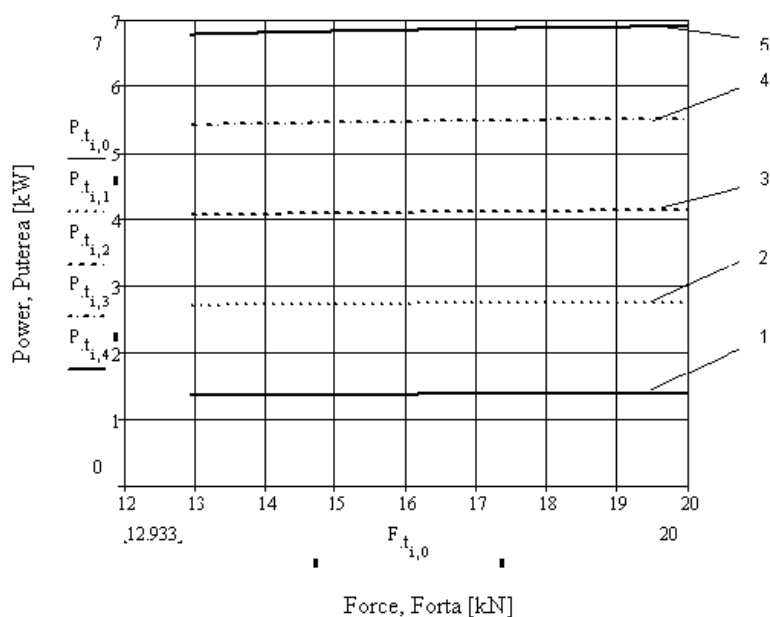


Fig. 8 - Change in traction strength based on different traction force settings to different adjustments of hydrostatic engine flow / *Variația puterii de tracțiune în funcție de forța de tracțiune pentru diferite reglaje ale debitului de alimentare a motorului hidrostatic:*

1 - for QM = 0,2 QM max; 2 - for QM = 0,4 QM max; 3 - for QM = 0,6 QMmax;

4 - for QM = 0,8 QM max; 5 - for QM = QM max. /

1 - pentru QM = 0,2 QM max; 2 - pentru QM = 0,4 QM max; 3 - pentru QM = 0,6 QMmax;

4 - pentru QM = 0,8 QM max; 5 - pentru QM = QM max.

CONCLUSIONS

1. Theoretical calculation of traction of the tractor equipped with additional hydrostatic transmission differs from the calculation of traction for tractors equipped with mechanical transmission and of that of the normal hydrostatic transmission. Theoretical performance of traction for the technical system is quantified by a specific methodology with the three groups of input parameters:

- constructive and functional parameters of the tractor (engine features, transmission parameters, the parameters wheels, tractor weight, etc.)
- constructive and functional parameters of the hydrostatic transmission consists of a hydrostatic pump and motor tractor additional hydrostatic;
- parameters related to interaction with wheels tires with running way (adhesion).

2. Tractor traction force decreases with increasing hydrostatic motor shaft speed from 19371 to 12933 N;

3. Actual speed of displacement of the tractor decreases with increasing traction force of the tractor, the maximum speed of 1.735 km/h for QM = QM max and traction force of 12933 N, at minimum speed of 0.0071 km/h for QM = 0.2QM max and maximum traction force of 19371 N;

4. Wheels skidding with thrust increases along with traction force from 8% of the tractor for a minimum traction strength up to 97.2% for maximum traction force.

REFERENCES

- [1]. Babiciu P., Scripcic V. (1984) - *Hydraulic systems of tractors and agricultural machinery*, Ceres Publishing House, Bucharest;
- [2]. Hlawitschka E. (1983) - *Hydraulic für die Landtechnik*", VEB Verlag Technik, Berlin;
- [3]. Ionescu, Fl., ș.a. (1980) - *Fluid mechanics and hydraulic or pneumatic driving systems*, Didactic and Pedagogic Publishing House, Bucharest;
- [4]. Năstăsoiu S., Popescu, S., a.o. (1983) - *Tractors* Didactic and Pedagogic Publishing House, Bucharest;
- [5]. Popa Gh., a.o. (2009) - *Research on the use of additional hydrostatic transmissions for agricultural tractors*

CONCLUZII

1. Calculul teoretic de tracțiune al tractorului echipat cu transmisie hidrostatică suplimentară diferă de calculul de tracțiune al tractoarelor echipate cu transmisie mecanică cât și de cele al transmisiei hidrostatice obișnuite. Performanțele teoretice de tracțiune pentru acest sistem tehnic se cuantifică printr-o metodologie specifică având ca date de intrare trei grupe de parametri:

- parametrii constructivi și funcționali ai tractorului (caracteristicile motorului, parametrii transmisiei, parametrii roților motoare, greutatea tractorului etc.);
- parametrii constructivi și funcționali ai transmisiei hidrostatice format din pompa hidrostatică a tractorului și motorul hidrostatic suplimentar;
- parametri referitori la interacțiunea pneurilor roților motoare cu calea de rulare (aderența).

2. Forța de tracțiune a tractorului scade cu creșterea turației arborelui motorului hidrostatic de la 19371 N la 12933 N;

3. Viteza reală de deplasare a tractorului scade cu creșterea forței de tracțiune a tractorului, de la viteza maximă de 1,735 km/h pentru QM = QM max și forța de tracțiune de 12933 N, la viteza minimă de 0,0071 km/h pentru QM = 0,2 QM max și forța maximă de tracțiune de 19371 N;

4. Patinarea roților motoare crește cu forța de tracțiune a tractorului de la 8 % pentru forța minimă de tracțiune, până la 97,2 % pentru forța maximă de tracțiune.

BIBLIOGRAFIE

- [1]. Babiciu P., Scripcic V. (1984) – *Sisteme hidraulice ale tractoarelor și mașinilor agricole*, Editura Ceres, București;
- [2]. Hlawitschka E. (1983) - *Hydraulic für die Landtechnik*, Veb Verlag Technik, Berlin, 1983;
- [3]. Ionescu, Fl., ș.a. (1980) – *Mecanica fluidelor și acționări hidraulice și pneumatice*, Editura Didactică și Pedagogică, București, 1980;
- [4]. Năstăsoiu S., Popescu, S., ș.a.(1983) – *Tractoare*, Editura Didactică și Pedagogică, București;
- [5]. Popa, Gh., ș.a. (2009) – *Cercetări privind utilizarea transmisiiilor hidrostatice suplimentare pentru obținerea*

slow speeds obtaining", PhD thesis, University "Transilvania" of Brasov;

[6]. Popa Gh., Ungureanu A., Buculei M., Şutru N. (2010) - *Determination of drive performance for Tractors equipped with additional hydrostatic transmissions*, International Conference of Mechanical Engineering, Tome 2, p 617-622, ICOM 2010, Craiova, Romania;

[7]. Sandru A., Popescu S., a.o (1983) - *Exploiting agricultural machinery*, Didactic and Pedagogic Publishing House, Bucharest.

vitezelor lente la tractoare agricole, Teză de doctorat, Universitatea „Transilvania” din Braşov;

[6]. Popa Gh., Ungureanu A., Buculei M., Şutru N. (2010) – *Determinarea performanţei la conducere pentru tractoarele echipate cu transmisii hidrostatice suplimentare*, Conferinţa Internaţională de Inginerie Mecanică, Vol. 2, p 617-622, ICOM 2010, Craiova, România;

[7]. Şandru A., Popescu S., ş.a (1983) – *Exploatarea utilajelor agricole*, Editura Didactică şi Pedagogică, Bucureşti.