

A VÁLTOZÓ JELLEGŰ TERHELÉS HATÁSA A TRAKTORMOTOR JELLEMZŐ MUTATÓIRA

V. N. BOLTINSZKIJ

akadémikus

Összövetségi Mezőgazdasági Tudományos Akadémia, Moszkva

A traktormotor terhelésének jellege és annak mutatószámai

A talaj mikro- és makrodomborzatának, a növénytakaró és a talaj fizikai tulajdonságainak, valamint a megmunkált anyag (talaj) állandó változása következtében, és egyéb okok miatt, a traktormotor főtengelyén a terhelő nyomaték (M_k) folyamatosan változik.

A traktormotor főtengelyén fellépő terhelőnyomaték változását az 1a. ábra szemlélteti.

A terhelőnyomaték ingadozását a δ_k érték, a periódus változását a T sec érték jellemzi.

A terhelőnyomaték egyenlőtlenségi fokát a következő egyenlet fejezi ki:

$$\delta_k = \frac{M_{k \max} - M_{k \min}}{M_k} \quad (1)$$

A terhelőnyomaték ingadozásának periódusa, annak frekvenciájával (m) a következő összefüggésben áll:

$$m = \frac{2\pi}{T}$$

A periodikus terhelésingadozáson kívül előfordulhat a terhelőnyomaték hosszabb ideig tartó megnövekedése is (1b és 1c ábrák — pl. vontatott arató-cséplőgép üzemiében).

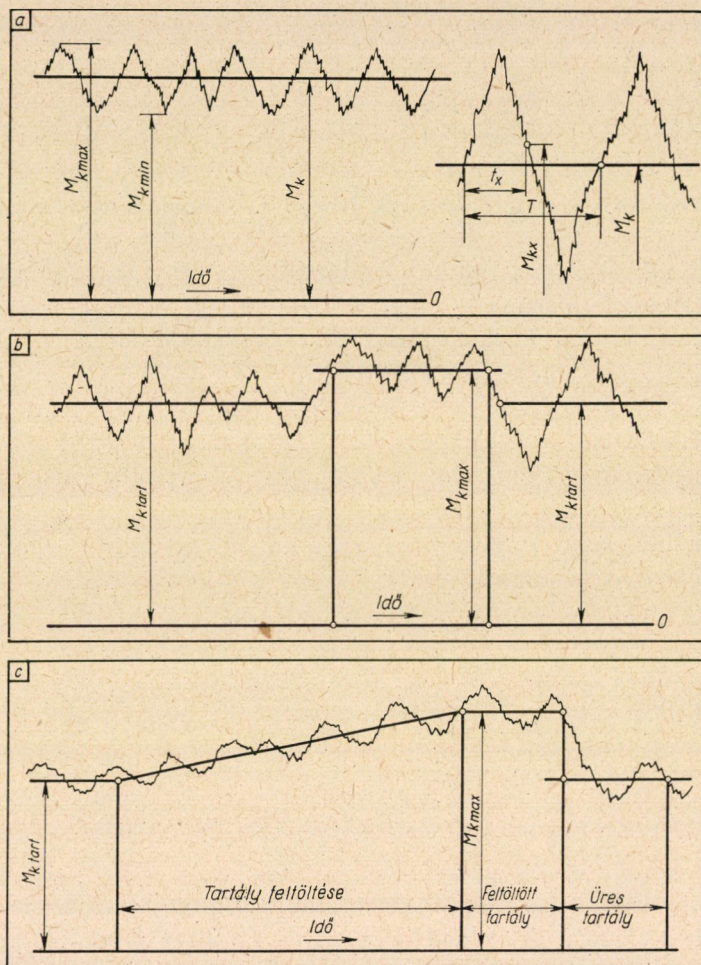
A motort terhelő közepes nyomaték időszakos növekedésének értékelésére a traktormotor lehetséges túlterhelésének együtthatója szolgál:

$$v_k = \frac{M_{k \max}}{M_{k \text{ tart}}}$$

ahol $M_{k \max}$ — a motor ideiglenesen megnövekedett terhelőnyomatékának középértéke;

$M_{k \text{ tart}}$ — a terhelőnyomaték tartós középértéke.

A terhelőnyomaték változás törvényszerűségének megállapítása céljából a „Traktorok és Automobilok Tanszék” különböző mezőgazdasági munkákra és a traktor üresjárására vonatkozóan megfigyeléseket végzett.* A meg-



1. ábra. A traktormotor főtengegyén fellépő különböző terhelőnyomaték változások

figyelések a 2 tonna vonóerejű traktorcsoporthba tartozó lánctalpas traktorral, valamint különböző munkagépekkel folytak.

A traktort felszerelték regisztráló műszerekkel, melyek a következő adatokat rögzítették: terhelőnyomaték a motor főtengegyén; terhelőnyomaték a jobb és bal csillagkerekeken; vonóerő; a főtengegy, a tengelykapcsoló-tengely,

* A. A. BOLOTIN: Traktormotor és erőátvitel terhelési jellegének vizsgálata a mezőgazdasági termelésben (oroszul).

továbbá a jobb és bal csillagkerék fordulatszám; az adagolószivattyú fogaslécének elmozdulása és időjel. A felsorolt jellemző adatok változását oszcillográf rögzítette papírra. A mérések általános hibaeltérése (a feldolgozásból adódó hibaeltérést beleszámítva) nem haladta meg az 5%-ot.

A felvett diagramok értékelése alapján öt tényező hatása állapítható meg.

Az *első tényező* a talaj fizikai-mechanikai sajátosságaiból, a talaj egyenetlenségeiből és a gépcsoport kanyarodásából adódik.

E tényező okozta egyenlőtlenégi fok az elvégzendő mezőgazdasági művelettől függ, és értéke 0,33-ig terjed. Változásának periódusa széles határok között ingadozhat (6—18 másodperc). A gépcsoport üresmenetében sík úton felvett oszcillogramokon ez a tényező nem jelentkezik.

A *második tényező* a végzett mezőgazdasági művelet technológiai sajátosságain, a barázdaszelet keresztmetszetének változásán és mikroegyenletlenségein, illetve a megmunkálandó anyag mennyiségének változásán alapul.

Egyenlőtlenégi foka 0,06—0,33 között, periódusa pedig 0,1—3,4 mp között változik.

A *harmadik tényező* a traktor járószerkezetének kinematikai sajátosságai következtében keletkezik. E tényező egyenlőtlenége 0,2—0,85 határok között változik, a periódus pedig a csillagkerék fogainak számától és a csillagkerék fordulatszámától függ.

A *negyedik és az ötödik tényező oka* a központi- és véglehajtás. A terhelőnyomaték változásának periódusa főképpen az áttételek fogaskerekeinek fogszámától függ.

Az említett tényezők megközelítően periodikus sinus-görbével ábrázolhatók.

A gépcsoport egyenesirányú haladása esetén, vízszintes területen a második tényező lefolyásának jellege döntő befolyással van a motor munkájára. A terhelőnyomaték egyenlőtlenége 0,33-ig terjedhet, a változás periódusa pedig a 3 mp-et meghaladhatja.

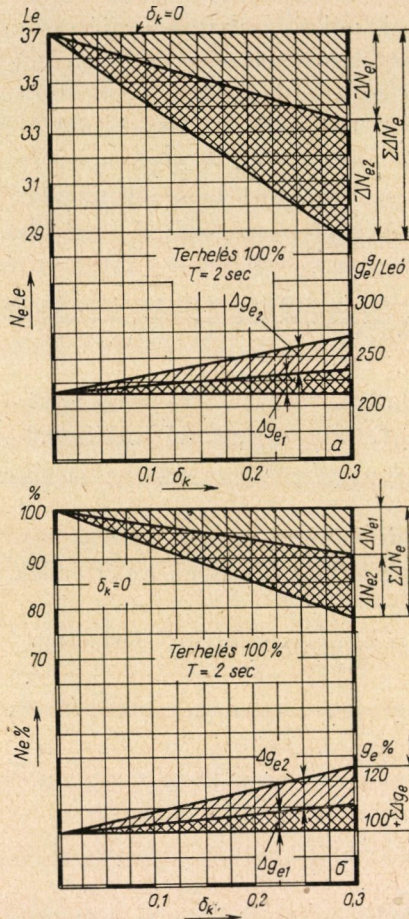
A változó terhelés befolyása a traktormotor munkájára

Abból a célból, hogy a változó jellegű terhelésnek a Diesel-motor jellemző mutatóira gyakorolt hatását meghatározzuk, kísérleti megfigyeléseket végeztünk a tanszéken. A sinus-törvény szerinti terhelésváltozást különleges imitátorral biztosítottuk. A motor munkájának összes mutatóit oszcillográf rögzítette.

A kísérletek azt bizonyították, hogy a változó terhelést, amelyet δ_k -val és T -vel jellemeztünk, a motor főtengelyének fordulatszám-ingadozását idézi elő.

A fordulatszám állandó változása csökkenti a motor teljesítményét, és növeli a fajlagos fogyasztását. Ez utóbbi annál nagyobb, minél nagyobb a fordulatszám-változás mértéke.

A 2. ábra a teljesítmény (ΔN_e) és a fajlagos fogyasztás (Δg_e) változását



2. ábra. A teljesítmény (N_e) és a fajlagos fogyasztás (g_e) változása

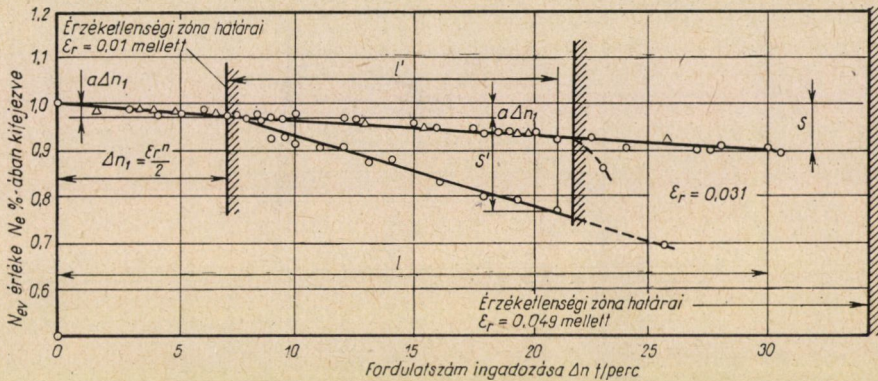
szemlélteti abszolút értékben, ill. százalékosan, a terhelőnyomaték egyenlőtlenségi fokának függvényében.

A kísérlet a fogasléc teljes-töltésre állított helyzetében rögzítve ($-\Delta N_{e1}$; $+\Delta g_{e1}$) és bekapcsolt szabályozó mellett ($-\Sigma \Delta N_e$; $+\Delta \Sigma g_e$) folyt le.

Mint a 2. ábrából látható, a váltakozó-jellegű terhelés negatív befolyása a szabályozó bekapcsolása esetén különösen kitűnik.

$\delta_k = 0$ -tól 0,3-ig történő változásnál pl. a Diesel-motor teljesítménye és gazdaságossága bekapcsolt szabályozóval megközelítőleg 25%-kal, rögzített fogasléccel pedig kb. 10%-kal csökkent.

A 3. ábra a Diesel-motor teljesítményváltozását mutatja, a tüzelőanyag-szivattyú fogaslécének rögzített állásában, valamint szabadon működő regulátorral, a fordulatszám változásának (amplitúdójának) függvényében (Δn). A görbe a váltakozó jellegű terhelésre vonatkozó teljesítményt (N_{ey}) szemlélteti, az állandó terhelés melletti teljesítmény százalékában (N_e) kifejezve.



3. ábra. A Diesel-motor teljesítmény változása a fordulatszám változásának függvényében

A motor változó terhelés mellett kifejtett teljesítményének matematikai kifejezése

A 3. ábrán bemutatom a teljesítményt (N_{ey}), amelyet a motor változó terhelésnél fejtett ki, a következő egyenlettel fejezhetjük ki:

$$N_{ey} = N_e - a \cdot N_e \cdot \Delta n = N_e \cdot (1 - a \cdot \Delta n) \tag{3}$$

- ahol: N_e — az állandó terhelés mellett kifejtett motorteljesítmény, Le-ben;
- Δn — a változó terhelés okozta fordulatszám-ingadozás értéke, f/perc;
- a — az $\frac{S}{l}$ viszony hányadosa (3. ábra);

$(a \cdot \Delta n)$ — dimenzió nélküli mennyiség, amely teljesítményvesztéget fejez ki, az adott fordulatszám (Δn) ingadozásnál N_e százalékában kifejezve.

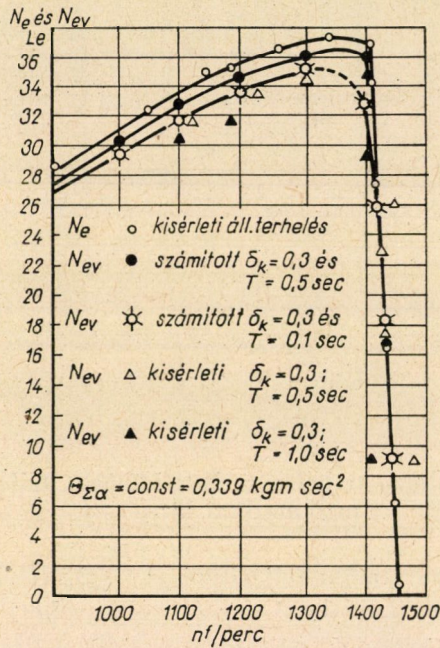
A tüzelőanyag-szivattyú rögzített fogasléc mellett, és abban az esetben, amikor a fordulatszám-változás nem haladja túl a $\Delta n = \frac{\epsilon_r \cdot n}{2}$ értéket (ahol ϵ_r — a regulátor érzéketlenségi foka, n — a fordulatszám középértéke,

ami az $n = \frac{n_{\max} + n_{\min}}{2}$ egyenlőséggel fejezhető ki), az adott Diesel-motorra az a együttható értéke a 3. ábra alapján:

$$a = \frac{S}{l} = \frac{0,1}{20} = 0,00332$$

Az a tényező értékének behelyettesítésével a D—35 típusú örvénykamrás Diesel-motor teljesítményét az alábbi egyenlet fejezi ki:

$$N_{ev} = N_e \cdot (1 - 0,00332 \cdot \Delta n) \text{ Le} \quad (4)$$



4. ábra. A D—35 Diesel-motor jelleggörbéje változó terheléseknél

E Diesel-motor teljesítménye működő regulátorral (amelynek érzékenység foka $\varepsilon_r = 0,01$) és változó terheléssel, amikor a fordulatszám-változás értéke $\Delta n > \Delta n_1 = \frac{\varepsilon_r \cdot n}{2}$, a következő kifejezéssel állapítható meg (3. ábra):

$$\begin{aligned} N_{ev} &= N_e - [N_e \cdot a \cdot \Delta n + N_e \cdot b \cdot (\Delta n - \Delta n_1)] = \\ &= N_e - \left[N_e \cdot a \cdot \frac{\varepsilon_r \cdot n}{2} + N_e \cdot b \cdot \left(\Delta n - \frac{\varepsilon_r \cdot n}{2} \right) \right] = \\ &= N_e \cdot \left[1 - a \cdot \frac{\varepsilon_r \cdot n}{2} - b \cdot \left(\Delta n - \frac{\varepsilon_r \cdot n}{2} \right) \right] \end{aligned}$$

vagy végleges alakjában:

$$N_{ev} = N_e \cdot \left[1 + \frac{\varepsilon_r \cdot n}{2} \cdot (b - a) - b \cdot \Delta n \right] Le \quad (5)$$

A fenti kifejezésben:

N_{ev} — a Diesel-motor effektív teljesítménye, amelyet bekapcsolt szabályozóval az adott állandó terhelés mellett fejt ki (Le);

$N_e \cdot a \cdot \Delta n_1 = N_e \cdot a \cdot \frac{\varepsilon_r \cdot n}{2}$ — a Δn_1 fordulatszám-ingadozás okozta teljesítményvesztés;

$\Delta n_1 = \frac{\varepsilon_r \cdot n}{2}$ — amely megfelel az érzéketlenségi zóna határának (f/perc);

b — az $\frac{S'}{l}$ viszony hányadosa (3. ábra);

Δn — a fordulatszám-ingadozás értéke (bekapcsolt szabályozó mellett), amelynél a teljesítményt (N_{ev}) megállapítottuk.

Az adott Diesel-motorra, bekapcsolt szabályozó mellett ($\varepsilon_r = 0,01$) az a és b együtthatók értéke a 3. ábra alapján:

$$a = \frac{S}{l} = \frac{0,1}{30} = 0,00332$$

$$b = \frac{S'}{l} = \frac{0,21}{14} = 0,015$$

Az a és b értékeket behelyettesítve az (5) kifejezésbe, végleges alakjában a bekapcsolt szabályozóval ($\varepsilon_r = 0,01$) és váltakozó terhelés mellett dolgozó Diesel-motor teljesítmény-összefüggése a következőképpen írható:

$$\begin{aligned} N_{ev} &= N_e \cdot \left[1 + \frac{\varepsilon_r \cdot n}{2} \cdot (0,015 - 0,00332) - 0,015 \cdot \Delta n \right] = \\ &= N_e \cdot [1 + 0,00584 \cdot \varepsilon_r \cdot n - 0,015 \cdot \Delta n] \end{aligned} \quad (6)$$

Mint korábban említettük, a (4) és (6) kifejezés azokon a kísérleti adatokon alapul, amelyeket a D—35 Diesel-motorral végzett kísérletek nyomán gyűjtöttünk.

Abból a célból, hogy a fenti kifejezéseket használni lehessen más váltakozó terheléssel dolgozó motorok által kifejtett teljesítmény megállapítására is, ezek a kifejezések további kísérleti kiegészítésre szorulnak.

A (4) és (6) kifejezés gyakorlati alkalmazása a teljesítmény megállapítására a motor váltakozó terhelés mellett csak abban az esetben lehetséges, ha ismerjük a fordulatszám ingadozásának mértékét.

A fordulatszám ingadozásának mértéke függ: a terhelőnyomaték egyenlőtlenségi fokától (δ_k); a terhelőnyomaték változásának periódusától ($T = \frac{2\pi}{m}$; ahol m — a terhelőnyomaték ingadozásának gyakorisága); a terhelőnyomaték középértékétől (M_k); a gépcsoport eredő inercianyomatékától ($\Theta_{\Sigma a}$); a motor jelleggörbéjétől, melynek hatása kifejezhető a motor rugalmasságával (k) és a fordulatszám csökkenésének együtthatójával (a_1).

Látható, hogy a (4) és a (6) kifejezés alkalmazása gyakorlati célra lehetőséggé válik, ha a fordulatszám-ingadozás mértékét a fent felsorolt tényezőkkel kifejezzük.

A főtengeley fordulatszámának maximális és minimális értékét változó terhelés mellett, a következő kifejezésekkel számíthatjuk*:

$$n_{\max} = n + \frac{9,55 \cdot M_k \cdot \delta_k \cdot m}{2\Theta_{\Sigma a} \cdot \left[\left(\frac{9,55 M_e \cdot (k-1)}{(1-a_1) \cdot n \cdot \Theta_{\Sigma a}} \right)^2 + m^2 \right]} \quad (7)$$

$$n_{\min} = n - \frac{9,55 \cdot M_k \cdot \delta_k \cdot m}{2\Theta_{\Sigma a} \cdot \left[\left(\frac{9,55 M_e \cdot (k-1)}{\Theta_{\Sigma a} \cdot (1-a_1) \cdot n} \right)^2 + m^2 \right]} \quad (8)$$

Ezekben a kifejezésekben:

M_k — a terhelőnyomaték középértéke mkp-ben;

M_e — a motor forgatónyomatéka, a névleges teljesítménynél, állandó jellegű terhelésre vonatkoztatva;

m — a terhelőnyomaték ingadozásának gyakorisága $\left(\frac{2\pi}{T} \right)$;

k — a Diesel-motor rugalmasságának tényezője az adott terhelési mód mellett;

a_1 — a maximális forgatónyomatékokhoz és a névleges teljesítményhez tartozó fordulatszámok viszonya;

$$n = \frac{n_{\max} + n_{\min}}{2}$$

Változó terhelésnél a motor fordulatszám-változásának mértékét a következőképpen fejezhetjük ki:

$$\Delta n = \frac{n_{\max} - n_{\min}}{2}$$

*BOLTINSZKIJ V. N.: A traktormotor üzeme változó jellegű terhelésnél. Cikkgyűjtemény. „Mechanizacija i elektrifikacija szel'szkovo hozjajszta SzSzSzR.” A SzU Földművelésügyi Minisztériumának kiadása, 1959.

Az n_{\max} és n_{\min} helyébe helyettesítve azok (7) és (8) egyenletekkel adott értékeit, kapjuk:

$$\Delta n = \frac{9,55 \cdot M_k \cdot \delta_k \cdot m}{2\Theta_{\Sigma a} \cdot \left[\left(\frac{9,55 \cdot M_e \cdot (k-1)}{\Theta_{\Sigma a} \cdot (1-a_1) \cdot n} \right)^2 + m^2 \right]} \quad (9)$$

Δn értékének kiszámításakor a (9) egyenletben k és a_1 értékét konstansnak tekintjük (egyenlőnek vehetjük a teljes terhelésnél levő k és a_1 értékével).

A (4) és (6) egyenletekbe helyettesítve a (9) kifejezés szerinti Δn értéket, megkapjuk a (10) és (11) egyenletet, a motor változó terhelés mellett kifejezett teljesítményének megállapítására.

Így rögzített fogasléccel, és akkor, amikor a fordulatszám-ingadozás értéke egyenlő vagy kisebb $\Delta n = \frac{\varepsilon_r \cdot n}{2}$ értéknél, azaz amikor a fordulatszám-ingadozás nem nagyobb, mint a regulátor érzéketlenségi zónája, a teljesítmény (N_{ev}) megállapítására szolgáló kifejezés:

$$N_{ev} = N_e \cdot \left\{ 1 - \frac{0,159 M_k \cdot \delta_k \cdot m}{\Theta_{\Sigma a} \cdot \left[\left(\frac{9,55 M_e \cdot (k-1)}{\Theta_{\Sigma a} \cdot (1-a_1) \cdot n} \right)^2 + m^2 \right]} \right\} \quad (10)$$

A fenti kifejezés a Diesel-motor működő szabályozó esetére, vagyis amikor a fordulatszám-ingadozás amplitúdója kilép a regulátor érzéketlenségi zónájából, a következőképpen módosul:

$$N_{ev} = N_e \cdot \left\{ 1 + 0,00584 \cdot \varepsilon_r \cdot n - \frac{0,0716 M_k \cdot \delta_k \cdot m}{\Theta_{\Sigma a} \cdot \left[\left(\frac{9,55 M_e \cdot (k-1)}{\Theta_{\Sigma a} \cdot (1-a_1) \cdot n} \right)^2 + m^2 \right]} \right\} \quad (11)$$

A (4) és (6) empirikus képletekbe a fordulatszám-ingadozás amplitúdója helyett a Δn matematikai kifejezésének (9) beírásával a (10) és (11) empirikus-analitikus egyenletek lehetővé teszik a teljesítmény könnyű kiszámítását.

A keresett teljesítmény (N_{ev}) megállapítására tehát elsősorban ismerni kell azokat az adatokat (paramétereket), amelyek a motor terhelését jellemzik

$$\left(\delta_k \text{ és } T = \frac{2\pi}{m} \right).$$

A tényezőik értéke megállapított határok között változik, és függ a traktorral végzett mezőgazdasági művelettől (szántás, boronálás, vetés, betakarítás stb.).

A fentiekén kívül az N_{ev} teljesítmény megállapításához szükséges ismerni a gépesoport főtengeley redukált össztehetetlenségi nyomatékát ($\Theta_{\Sigma a}$); a motor

jelleggörbáját bekapcsolt szabályozóval állandó terhelés mellett, ill. a fordulatszámot különböző terhelésnél, továbbá a k és a_1 tényezőzt.

Az említett adatok birtokában a (9) kifejezés segítségével meghatározhatjuk a fordulatszám-ingadozásának mértékét (Δn).

Az egyenletek ellenőrzése céljából összehasonlítottuk N_{ev} kísérleti úton megállapított értékét a (10) és (11) egyenletekkel számított értékkel.

A számításhoz a következő adatokat vettük fel: a terhelőnyomaték egyenlőtlenégi foka $\delta_k = 0,3$; a periódus-szám: $T = 0,5-1,0$ sec.

A gépcsoport inercianyomatéka: $\Theta_{\Sigma a} = 0,339$ mkp.sec².

Mint hogy a számítást a D—35 motorra vonatkoztattuk, ennek a Diesel-motornak a jellemzőit vettük figyelembe bekapcsolt szabályozóval. A k és az a_1 tényezők értéke ennek alapján $k = 1,22$ és $a_1 = 0,715$.

A 4. ábra a D—35 Diesel-motor jelleggörbáját szemlélteti a változó terhelésre vonatkozó kísérleti eredmények, valamint a (10) és (11) kifejezések nyomán nyert számított adatok alapján.

A számított és kísérleti adatok összehasonlításából kitűnik az értékek egybeesése, ami lehetővé teszi a (10) és (11) kifejezések elfogadását, illetve felhasználását a gyakorlatban, a D—35 motorhoz közel álló Diesel-motorokra, a megállapított kiindulóadatok alapján.