

# Asupra electrificării marilor linii ferate, în legătură cu ultimile electrificări făcute în Europa

DE

ION S. GHEORGHIU

Inginer în Serviciul construcţiunii şi exploatărei portului Constanţa.

(Urmare dela pag. 424).

II.

## Calităţile de tracţiune ale locomotivelor electrice.

Există în natura însăşi a locomotivelor cu abur şi electrice, deosebiri esenţiale cari explică calităţile superioare ale tracţiunii electrice.

Aceste calităţi decurg toate din 2 proprietăţi fundamentale ale locomotivei electrice :

1) *Locomotiva electrică are o putere specifică mai mare, adică la aceeaşi greutate e capabilă de o putere mult mai mare.* Lipsa tenderului explică în parte acest lucru ; dar şi natura organelor producătoare de forţă la locomotiva electrică sunt mai uşoare, mai puţine, şi ocupă loc mai restrins decât la o locomotivă cu abur care poartă pe ea şi generatorul de energie.

2) *Locomotiva electrică e capabilă de o aderenţă mult mai ridicată ca cea cu abur, datorită calităţii superioare a cuplului ei de tracţiune.* Această remarcabilă calitate a locomotivelor electrice este rezultanta unui complex de particularităţi, cari decurg din însuşi felul de a lucra al celor 2 locomotive, şi cari sunt cam următoarele :

În locomotiva cu abur, efortul de tracţiune exercitat la janta roţii variază în timpul unei învîrtituri de roată din următoarele motive :

- 1) Din cauza transmisiunii prin bielă şi manivelă.
- 2) Din cauză că maşina cu abur produce acest efort sub

forma unei forțe rectilinii variabilă. Dacă ținem seamă că presiunea pe fundul pistonului variază dela un  $p$  max care poate fi 0,65 din 15 atmosfere (presiunea timbrată a căldărei) la 1,15 atmosfere, vedem importanța acestei din urmă cauze. Calarea la 90° a celor 2 cilindri produce o compensare, așa că se găsește făcînd un ușor calcul, că într'o cursă întreagă a pistonului, efortul la janta roții trece prin 4 maxime, diferind între ele cu 40 % sau cu 20% în plus și minus față de valoarea medie.

Pentru ca locomotiva să nu patineze, se știe că trebuie ca efortul de tracțiune să fie în orice moment mai mic decît greutatea aderentă. Cum însă acest efort e variabil, va trebui ca valoarea maximă a lui să satisfacă acestei condiții. Deci :

$$T_{\max} \leq \mu G'$$

Sau

$$1,20 T \leq \mu G'$$

Rezultă deci că din aderență nu se utilizează decît  $1/1,20 = 0,83$  pentru a face echilibru efortului de tracțiune mediu, împiedicînd patinarea.

Păstrînd în formulă valoarea medie a efortului de tracțiune (care e singura cunoscută) revine a spune că *inegalitatea efortului de tracțiune coboară cu 17% valoarea coeficientului de aderență  $\mu$ .*

O cauză și mai importantă în slăbirea aderenței sînt și mișcările perturbatoare de galop, de șerpuire, de legănare și de deplasări alternative transversale și longitudinale. Cauzele cari produc aceste mișcări sînt parte exterioare, neregularitățile căii, de mai puțină importanță, avînd în mare parte un caracter accidental, parte interioare și anume : deplasarea centrului de greutate datorită pieselor cu mișcări de deplasare rectilinii ca biele, pistoane, săltare etc., reacțiunile de inerție ale pieselor cu mișcare de rotație excenetrică (manivele), și mai ales presiunea aburului pe fundul cilindru-lui înclinat, prin componenta verticală pe care o dă, precum și presiunea aburului pe piston, care încărcînd mai mult unele resoarte decît pe altele — calculele arată că această perturbare e considerabilă contribuie mai ales la mișcarea de galop și de legănare.

Rezultatul tuturilor acestor mișcări perturbatoare este o inegală și variabilă încărcare a roților. Dar relația  $T < \mu G'$  trebuie în orice moment satisfăcută și pentru fiecare roată. Atunci  $G'$  ce revine fiecărei roți variînd, efortul de tracțiune corespunzător variînd

și el din cauzele văzute, și între aceste variații nefiind nici o concordanță, se va întâmpla că, pe cînd o roată va întrece aderența, celei alte roți îi va reveni un efort de tracțiune prea mic, pentru o aderență prea mare. Deci încă o cauză de proastă utilizare a greutateii aderente, sau de micșorare a coeficientului  $\mu$ . Așa se explică de ce în o locomotivă cu aburi, nu utilizăm în definitiv din aderență nici 70% pentru a face echilibru forței de tracțiune, ceace revine la o reducere cu 30% a coeficientului de aderență.

E drept că dela o viteză oarecare în sus, inerția trenului, jucînd rolul de volant, compensează aceste inegalități ale efortului de tracțiune.

Dar se întâmplă că de efort de tracțiune mare, și care să nu întrecă aderența, avem nevoie tocmai la viteze mici; or la viteze foarte mici, cum e la demarare, masa în mișcare a trenului nu mai dă nici o egalizare a efortului de tracțiune, care rămîne variabil în limitele văzute mai sus.

Cum se petrec lucrurile la locomotiva electrică? Aci motorul în loc de a lucra prin un efort rectiliniu și variabil, lucrează prin *un cuplu constant*. Cauza primordială de variație a efortului de tracțiune dispăre deci: el este de o calitate superioară.

Micșorarea de aderență provocată de transmisiunea prin biele și manivele, întrebuițată și în locomotivele electrice, subsistă.

Dar examinînd problema mai de aproape s'ar vedea că cu sistemele de transmisiune întrebuițate, și mai ales dacă sunt 2 motori, fiecare acționînd o pereche de roți prin un decalaj la 90°, variația efortului de tracțiune e mică.

Să notăm că la automotrice, la care motorul lucrează prin angrenaje sau e montat direct pe osie în America s'a întrebuițat acest sistem și la locomotive — nu mai e nici un motiv de variație a efortului la janta roții.

Rămîn mișcările perturbatoare:

Reacțiunile de inerție ale pieselor cu o mișcare excentrică persistă. Dar mișcări alternative longitudinale și forțe parasite, cum erau cele produse de presiunea aburului în cilindrul locomotivei cu vapori, și cari aveau partea cea mai largă în producerea mișcărilor perturbatoare, nu mai găsim.

Deci locomotivele electrice, vor trebui să aibă un mers mult mai liniștit ca cele cu abur. Așa și e. Cine a călătorit pe o loco-

motivă trifazată a statului italian sau pe locomotivele monofazate ale liniei Dessau-Bitterfeld, a putut constata acest lucru.

În rezumat deci: *la o locomotivă electrică, greutatea repartizându-se mai egal și mai constant pe osii, iar efortul la janta roții, fiind mai puțin variabil ca la o locomotivă cu vapori, ea va fi la egală greutate aderentă, capabilă a da o aderență mai mare.*<sup>1)</sup>

Mai notez că mișcările perturbatoare fiind mult mai reduse la locomotivă electrică, în virtutea principiului acțiunii și reacțiunii, calea va fi mai puțin ostentă, ceea ce se traduce prin o micșorare a cheltuelilor de întreținere; apoi mersul liniștit al locomotivei electrice, ușurează mult și înscrierea în curbă. De aceea și vedem construindu-se căi ferate electrice cu raze de 200 m. Tot de aci decurge și puțința de a cupla toate osiile și deci de a utiliza toată greutatea locomotivei ca greutate aderentă, (locomotivă O E O Westinghouse, și locomotivă O D O, A. E. G.), precum și posibilitatea de a se da viteze unghiulare mult mai ridicate ca la locomotivă cu abur, până la 500 rotații pe minut, ceea ce înseamnă că se pot atinge viteze foarte mari, fără diametre exagerate de roți. Așa, locomotivă 2 B—1, cu roți de 1,60 m., merge cu 130 km./oră pe linia Dessau-Bitterfeld.

În sfârșit la o locomotivă electrică, efortul de tracțiune limitat la o valoare foarte ridicată de aderență, poate fi mărit foarte mult, și cu el și puterea locomotivei, prin *puțința mare de supraîncărcare a motorului electric*. Pe când la locomotivă cu abur dimensiunile grătarului fixează o cantitate maximă de combustibil și, după dimen-

---

1) S'ar părea că la locomotivele trifazate, și la cele monofazate, la care cuplul motor nu e o constantă, ci o funcție periodică redresată, să reapară în oarecare măsură variabilitatea efortului. De fapt se și consideră locomotivele cu curent continuu capabile de a da o aderență mai mare decât cele trifazate și acestea decât cele monofazate.

Ultimele experiențe, făcute însă acum de curînd pe linia Dessau-Bitterfeld, cu locomotive monofazate, au dat coeficienți de aderență cu totul neașteptați: locomotivă nu patina la valori ale lui  $G'$  și  $T$  ce dau  $\mu > 1/2$ . Cu o valoare așa de ridicată a coeficientului de tracțiune, este foarte probabil că efortul de tracțiune era utilizat aproape cu valoarea lui medie pentru aderență.

De altfel asta e foarte logic, căci dacă aderența este sensibilă la variații foarte încete ale efortului de tracțiune, cum sunt cele din perioada cu viteză foarte încetă a demarajului, ea de sigur nu mai poate urmări variații foarte dese, de 30—50 pe secundă, (corespunzătoare la frecvențe de 15 și 25) cum sunt cele din frecvența curentului.

siile căldării, și un debit maxim de aburi, la care corespunde o putere maximă și în special un efort de tracțiune maxim bine definit, la locomotiva electrică, supraîncărcarea nu e limitată decît de încălzirea motorului, ceea ce înseamnă că pentru timpuri scurte putem să ridicăm puterea lui la odată și jumătate sarcina normală de o oră și chiar și mai mult.

Calitățile expuse de putere și aderență ale locomotivei electrice se traduc prin următoarele 2 rezultate practice de mare importanță.

1) *Putința de a demara foarte repede.* Locomotiva cu abur nu poate da o accelerațiune mai mare de  $20 \text{ cm/sec}^2$ . Pe Stadt-și Ringbahn-ul Berlinului unde se cer demarări cit mai rezezi, se demarează azi cu trenuri de 174 tone greutate utilă și cu o locomotivă, cu maximum  $17 \text{ cm/sec}^2$

În proiectul de electrificare al liniilor Berlinului, cu trenuri de 227 tone, trase de 2 locomotive electrice, una în cap, alta în coadă, se prevăd accelerațiuni de  $45 \text{ cm/sec}^2$ .

Acolo unde tracțiunea electrică, primește soluțiunea ei cea mai avantajoasă, adică repartizarea forței de tracțiune pe cit mai multe osii motoare, putem realiza demarări, pe cari nu le limitează de cit doar incomoditatea pentru călători.

În trenurile metropolitane din Anglia, se ajunge la  $90 \text{ cm/sec}^2$ , cea ce reprezintă maximum de accelerație întrebuintat pînă azi în tracțiunea mare.

2) *Putința de a alcătui cu locomotive mai ușoare trenuri mai grele și de viteză mai ridicată.* Această e o consecință imediată a puterii specifice și a puterii aderente mai ridicată la locomotiva electrică ca la cea cu abur.

Considerațiunile teoretice, expuse, sînt întru totul confirmate de rezultatele exploatării electrice pe liniile vizitate :

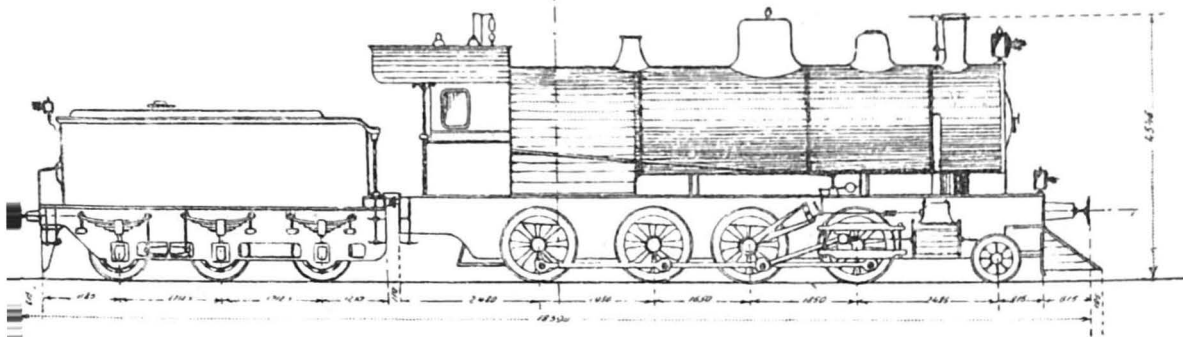
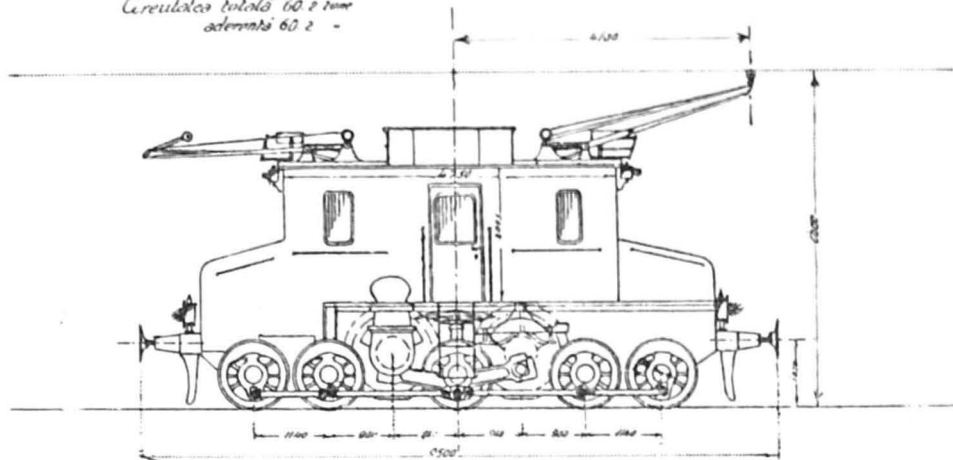
Iată cite-va date culese pe linia Giovei în perioada încercărilor și în decursul anului de exploatare 1 Noembrie 1910 -- 1 Noembrie 1911, de către d-nul inginer *L. Calzolari*, șeful tracțiunii electrice a direcției căilor ferate din Genova, și din care o parte au fost comunicate și la congresul de electricitate ținut în Septembrie 1911 în Turin.

Tracțiunea cu abur pe linia Giovei se făcea cu puternicile locomotive C 4/5 din atelierele Maffei, care se întrebuintează și pe

linia St. Gothardului. Aceste locomotive, cu 4 osii cuplate și cu una înaintașă, aveau o greutate aderentă de 65 tone, o greutate totală de 75 tone, și o greutate de tender încărcat de 42 tone, cea ce dă cam 117 tone greutate totală. Cum încărcarea tenderului variază în timpul mersului locomotivei, se obișnuiește a se lua tenderul numai cu jumătate din încărcătura totală, ce-a ce dă 105 tone greutate totală de locomotivă.

*Locomotivă electrică Westinghouse a  
Căilor Ferate Italiene. P.S. 2000*

*Greutatea totală 60 t tone  
aderentă 60 t "*



*Locomotivă cu vapori tip 1600  
Greutatea totală = 115 t tone  
aderentă. 63 t "*

*P.S. 1600*

Fi. g 3.

Tracțiunea electrică se face azi cu locomotive trifazate Westinghouse, cu 5 osii cuplate (figura 3) de 60 tone greutate totală și aderentă, cari eventual se poate ridica prin încărcare cu balast pe locomotivă la 75 tone.

În tabloul ce urmează se vede compoziția trenurilor, cum se făcea când se exploata linia cu locomotive cu abur, și cum se făcea în 1911 în exploatarea electrică :

|                                | Greutate<br>utilă de<br>tren | Greutatea<br>locomotivei | Greutatea<br>totală | Viteza în<br>Km/oră | Gr. utilă<br>pe<br>tonă de loc |
|--------------------------------|------------------------------|--------------------------|---------------------|---------------------|--------------------------------|
|                                | tone                         | tone                     | tone                | tone                | tone                           |
| Tracțiune simplă cu abur . .   | 170                          | 101                      | 271                 | 25                  | 1.68                           |
| Tracțiune dublă cu abur . .    | 310                          | 232                      | 542                 | 30                  | 1.53                           |
| Tracțiune triplă cu abur . .   | 450                          | 303                      | 753                 | 30                  | 1.48                           |
| Tracțiune simplă electrică . . | 190                          | 60                       | 250                 | 45                  | 3.17                           |
| Tracțiune dublă electrică . .  | 380                          | 120                      | 500                 | 45                  | 3.17                           |
| Tracțiune triplă electrică     | 550                          | 180                      | 730                 | 45                  | 3.06                           |

Superioritatea tracțiunii electrice reese dar din acest tablou clar. Cu această compoziții de trenuri se calculează ușor că locomotiva electrică lucrează cu vre-o 1650 C. P. iar cea cu abur cu vre-o 1200 C. P. Or, și una și alta sînt capabile firește de puteri mai mari. Așa în niște încercări pe linia St-Gothard, locomotiva C 4/5 a putut să remorcheze un tren de 200 tone pe o distanță de 45.6 km. în 65 de minute pe o pantă de 2.6‰ ; aceasta a fost maximum ce l'a putut da.

Punînd 3 minute pentru demarare și frinare, revine o viteză de 44 km. pe oră. Cu 9150 kgr. măsurați la cirlișul de atelaj, cea ce dă vre-o 10000 la cilindru, aceasta reprezintă o putere de :

$$\frac{10000 \times 44}{270} = 1600 \text{ C. P.}$$

Cît despre locomotiva electrică, caietele de sarcini au prevăzut o sarcină normală <sup>1)</sup> de 2000 C. P. iar încercările au dovedit încă și mai mult.

Citirele cari reprezintă în tabloul precedent greutatea utilă remorcată de cele 2 locomotive, nu sînt direct comparabile între ele, întru cît viteza este diferită. Ele au fost fixate de cerințele traficului, căci în perioada de încercări s'au făcut, fără nici un inconvenient, trenuri mult mai grele.

1) Prin sarcină normală la o locomotivă electrică se înțelege acca pe care o poate desvolta timp de o oră fără ca motorii, sau transformatorii, să se încălzească peste anume limită.

Așa pentru încercări de demaraj, s'au făcut cu dublă tracțiune trenuri de 440 tone greutate utilă în rampă de  $3,5\text{‰}$  cu viteză de 45 km/oră. S'a demarat cu  $7 \text{ cm/sec}^2$ .

Cu 1 kgr. de fiecare tonă de tren și fiecare centimetru de accelerație, și cu rezistențe în mers calculate cum s'a spus mai înainte, se obțin eforturi de tracțiune de 27000 kgr, cea ce înseamnă că coeficientul de aderență era :

$$\mu < \frac{27000}{120000} = 0,225$$

De fapt această cifră e încă departe de valoarea lui  $\mu$ .

S'a constatat accidental acest lucru, prin faptul că la un moment dat prin neatenție le amperemetru, una din locomotive s'a incarcat pentru scurt timp la 3000 C. P. fără cea mai mică tendință de alunecare și de altfel fără nici un neajuns pentru motor. Or, la 3000 C. P. cu 45 km pe oră, corespunde o forță de tracțiune de 1800 kgr. sau un coeficient de aderență  $\mu > 0,30$ .

Iată acum și cite-va din rezultatele obținute anul acesta pe linia Dessau-Bitterfeld :

Cu locomotivele 2—B—1 s'au făcut trenuri de 400 t. cu 80 km/oră (linia Dessau Bitterfeld are rampe maxime de  $4\text{‰}$ ), și trenuri de 350 tone, cu 100 km/oră (corespunde la 1000 C.P.). S'au atins 130 km/oră. S'a mers oarecare timp numai cu viteze de 125 km/oră. Examinându-se după aceea cu atenție calea (cu șini tip. 33,4 și 850 m/m distanță între traverse) nu s'a observat nici cea mai mică slăbire. Se fac în momentul de față măsurători însemnate în această direcție, măsurându-se efortul la care e supusă calea.

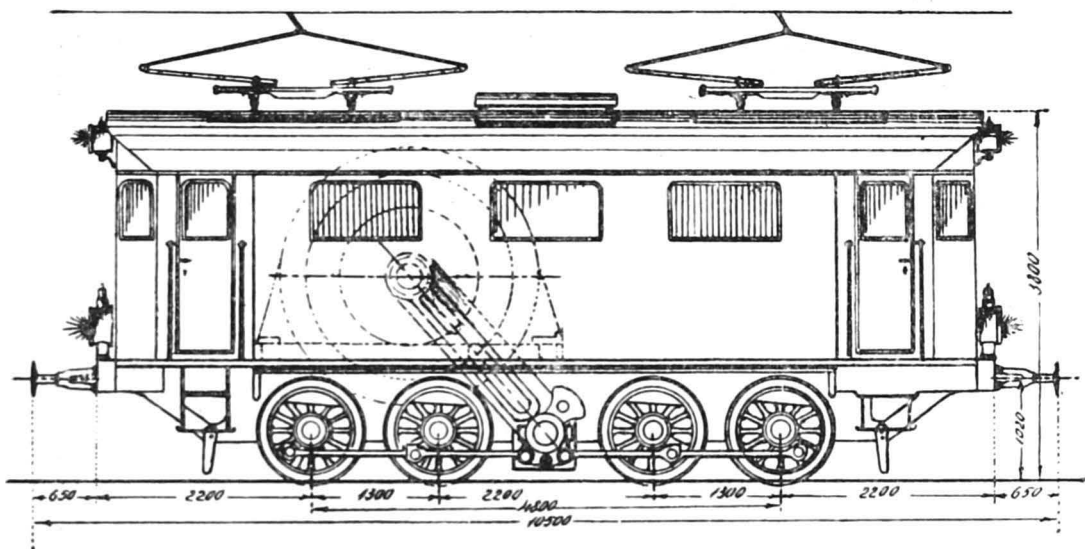
Locomotiva 2—B—1 care a mers cu 130 km/oră, a tras și trenuri de 700 t fără a atinge limita de putere. Asemeni locomotiva de marfa O-D-O (fig. 4), care a remorcat 1300 tone, poate duce trenuri de persoane cu 75 km/oră. Garantate pentru un demaraj de  $0,15 \text{ m/sec}^2$  ele au dat  $0,19 \text{ m/sec}^2$ .

Cu locomotiva 2—B—1 de 30 t greutate aderentă, s'au măsurat cu dinamometru eforturi de 9000 kgr, cea ce reprezintă un coeficient de aderență de 0,33, deci foarte ridicat.

Dacă observăm cifrele din tabloul de mai jos, găsim că o locomotivă 2—B—1 Bergmann, cu o greutate aderentă de 30 tone,



a dezvoltat un efort de tracțiune de 15000 kgr., măsurat cu roțile frânate și în o zi uscată.



*Locomotivă de marfă A.E.G. tip 0-D-0  
C.F. Prusiacă [Linia Dessau - Bitterfeld]*

Fig. 5.

Asta înseamnă că  $\mu > 1/2$ , cifră ce nici nu se bănuia, și care ne arată că coeficienții de aderență în tracțiunea electrică sînt mai mari încă de cît se socoteau pînă acum.

| LOCOMOTIVA     | Efortul de tracțiune prevăzut | Efortul de tracțiune măsurat în mers | Efortul de tracțiune măsurat la cîrlig la demaraj |
|----------------|-------------------------------|--------------------------------------|---|
| 2-B-1 S. S. W. | 1780                          | 1900                                 | 8000  |
| 2-B-1 A. E. G. | 1900                          | 2150                                 | 9000  |
| 2-B-1 Bergmann | 3550                          | —                                    | 14500   |
| 0-D-0 A. E. G. | 3000                          | 3100                                 | 17000   |
| 0-D-0 Maffei   | 2700                          | 2900                                 | 13000   |

Valoarea cea mai mică a lui  $\mu$  pe șini umede și uleioase a fost de  $1/8$ , iar la abur în aceleași condiții  $1/12$ .

Prin o serie de măsuri s'a găsit că, la egală greutate aderentă, aderența e în medie cu 25% mai ridicată la locomotiva electrică de cit la cea cu abur.

După cum am văzut, în toate cazurile expuse, tracțiunea electrică permite a alcătui trenuri mult mai grele. Dacă ținem seamă că greutatea utilă se obține scăzând din cea totală greutatea locomotivei rezultă că *tracțiunea electrica este cu atât mai avantajoasă, cu cât traseul este mai accidentat*. Pentru a pune în evidență acest lucru voi compara locomotivă trifazată Westinghouse, întrebuințată pe linia Giovei, cu locomotiva C. F. R. tip. 1601, cea mai puternică din cele întrebuințate pe linia Ploesci-Predeal; determinând și pentru una și pentru cealaltă greutatea utilă de tren și greutatea utilă pe tonă de locomotivă (vezi fig. 3).

Locomotiva C. F. R. tip. 1601, analoagă cu locomotiva C4/5 a căilor ferate italiene, este cu 4 osii cuplate de 15,8 tone fiecare, o osie înaintașă de 10, 2 tone și un tender care cîntărește încărcat 42,1 tone. Pentru comparația ce voi face, voi presupune însă că tenderul duce numai jumătate din sarcina lui, cea ce dă o greutate de locomotivă cu tender cam de 105 tone. Această locomotivă, cam de puterea locomotivei C 4/5 a italienilor, voi presupune că poate da ca și acea un maximum de 1600 C. P.; de fapt locomotiva noastră tip 1601 duce azi pe rampa de 2% a liniei Ploești-Predeai și cu viteză de 30 km. pe oră, trenuri de 350 tone, care se sporesc pînă la un maximum de 420 de tone. Or, cu rezistența de mers calculată cum s'a mai spus, asta ne reprezintă o forță de tracțiune de 1030 kgr., sau o putere de numai 1150 C. P. Evident că și limita de aderență împiedică dezvoltarea unei puteri mai mari, la viteză de 30 km. pe oră.

Cum însă comparația o facem pe viteza de 45 km. pe oră, viteza cea mare a locomotivei trifazate Westinghouse, vom presupune că la acea viteză, locomotiva poate dezvolta cei 1600 C. P.

În realitate această cifră a fost și acolo atinsă la 42 km. pe oră și în încercări. Or, în un mers normal, și cu combustibil variabil, nu e de mirare dacă această putere nu se atinge de locomotivele noastre, cum de altfel nu se compta pe ea însă nici în vechea exploatare cu abur a liniei Giovei.

Cu 1600 C. P., locomotiva cu abur dezvoltă un efort de tracțiune de:  $1600 \times \frac{270}{45} = 9600$  kgr.

Iar cea electrică cu 2000 C. P. :  $2000 \times \frac{270}{45} = 12000$  kgr.

Pentru dezvoltarea acestor eforturi e nevoie de un coeficient de aderență :

$$\mu > \frac{9600}{63200} = 0,152 \text{ în primul caz,}$$

și :

$$\mu > \frac{12000}{60000} = 0,20 \text{ în al 2 lea caz.}$$

limite cari corespund normelor germane, și cari diferă între ele tocmai cu cei 25% pe care i-a dat experiențele făcute pe linia Dessau-Biterfeld. Deci condiții comparabile și în ce privește aderența.

Pentru rezistența în mers a trenului pe palier aplic formula :  $2.5 + 0,001 V^2 = 2,5 + 0,001 \times 45^2 = 4,5$  kgr pe tonă de tren întrebuințată de c. f. prusiace și austriace pentru anume categorii de trenuri, iar pentru rezistența traseului, 1 kgr. pentru fie-care m/m de pantă.

Cu forțele de tracțiune calculate, și cu rezistențele indicate, iată care sînt greutatețile utile de tren pe care le remorchează cele 2 locomotive pe diferite pante :

| Rampa<br>în ‰ | Tracțiunea cu abur                   |                                 | Tracțiunea electrică                 |                                 |
|---------------|--------------------------------------|---------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------|
|               | Greutate<br>utilă de<br>tren în tone | Gr. utilă<br>pe tonă de<br>loc. | Greutate<br>utilă de tren<br>în tone | Gr. utilă<br>pe tonă de<br>loc. |
| 0             | 2035                                 | 19,4                            | 2600                                 | 43,3                            |
| 5             | 905                                  | 8,6                             | 1205                                 | 20                              |
| 10            | 557                                  | 5,3                             | 767                                  | 12,8                            |
| 15            | 387                                  | 3,68                            | 555                                  | 9,25                            |
| 20            | 287                                  | 2,74                            | 430                                  | 7,18                            |
| 25            | 220                                  | 2,09                            | 347                                  | 5,8                             |
| 30            | 173                                  | 1,65                            | 288                                  | 4,8                             |
| 35            | 138                                  | 1,31                            | 244                                  | 4,07                            |
| 40            | 111                                  | 1,05                            | 210                                  | 3,5                             |
| 50            | 71                                   | 0,68                            | 160                                  | 2,67                            |
| 60            | 44                                   | 0,42                            | 126                                  | 2,10                            |
| 80            | 8,5                                  | 0,08                            | 82                                   | 1,36                            |
| 91            | 0                                    | 0                               | 66                                   | 1,1                             |

Din acest tablou rezultă că pe cînd în palier tracțiunea electrică permite o mărire a greutateii utile de tren de 32%, în

panta de 20<sup>0</sup>/<sub>00</sub> cum ar fi cazul liniei Ploești-Predeal ea permite un spor de greutate utilă de 50<sup>0</sup>/<sub>00</sub>, în pantă de 35<sup>0</sup>/<sub>00</sub> ca pe linia Giovei de 77<sup>0</sup>/<sub>00</sub>, iar în o pantă de 91<sup>0</sup>/<sub>00</sub>, pe cînd locomotiva cu vapori nu se mai poate remorca nici pe ea singură, locomotiva electrică mai permite încă a duce o greutate utilă de tren egală aproximativ cu greutatea ei.

Din toate datele expuse putem conchide că locomotivele electrice dovedesc azi calități tehnice mult superioare celor mai perfecționate locomotive cu abur. Din tabloul anexat la sfîrșitul acestui studiu al locomotivelor electrice construite în ultimii ani se vede că superiozitatea nu e la 1 sau 2 din ele, ci la toate.

Și acum ca încheiere să ne întrebăm: Oare locomotiva cu abur de mline, cu noi perfecționări, nu va veni cu noi calități tehnice cari să-i cîștige întietatea?

Nu. E suficient să intrăm ceva mai adînc în modul de a lucra al celor 2 locomotive, pentru a vedea că dezvoltarea de 70 de ani a locomotivei cu abur a atins oarecare limite cari greu se pot depăși.

Locomotiva cu abur e un generator cu abur care poate da o putere maximă :

$$(1) \quad P \text{ max.} = k S,$$

funcțiune de suprafață S de încălzire a căldărei.

Cînd cu o bună utilizare a grătarului acest maximum a fost atins, viteza și efortul de tracțiune vor varia invers proporțional. Acest efort de tracțiune se poate exprima în fiecare moment prin formula cunoscută :

$$(2) \quad T = \frac{\alpha p_1 d^2 l}{D}$$

unde  $p_1$  este presiunea medie pe fundul cilindrului, funcțiune de gradul de admisiune și de presiunea în căldare,  $d$  este diametrul cilindrului,  $D$  diametrul roților,  $l$  lungimea cursei pistonului iar  $\alpha$  o constantă.

Pentru a mări efortul de tracțiune, adică unul din factorii puterii, formula (2) ne spune că trebuie a mări presiunea aburului în căldare și dimensiile cilindrului. Or, din multe motive presiunea aburului nu poate trece de 15–16 atm. Locomotivele tip Mallet din America au 15, 5, iar în Europa nu s'a trecut de 15.

Dimensiile cilindrului nu se pot mări nici ele peste anume limită; lasă că condițiile de amplasament împiedică acest lucru, dar pentru ca această mărire să nu aducă coborîrea vitezei, ea ar trebui făcută paralel cu mărirea dimensiunilor căldării. Reducerea diametrului  $D$  al roților, mărește rezistențele în mers al locomotivei și dă dificultăți în așezarea bielei și manivelei.

Pentru a mări viteza, al 2-lea factor al puterii, sau la egal efort de tracțiune, chiar această putere, trebuie, cum am mai spus, și cum ne arată formula (1), a mări suprafața de încălzire  $S$  adică dimensiile căldării, pentru a avea cu un debit mai mare de abur bătăi mai dese de piston.

*În definitiv pentru a mari puterea unei locomotive cu abur, trebuie a mari simultan aproape toate părțile locomotivei, cu condiția însă ca efortul de tracțiune maxim ce rezultă să nu întrecă limita de aderență fixată de numărul osiilor cuplate.*

Cu razele admise azi pentru căile ferate, numărul osiilor cuplate nu poate trece de 5. Pe aceste 5 osii cuplate s'a mărit cît s'a putut puterea și deci și greutatea aderentă a mașinei. Dar această mărire, în afară de îngrădirea impusă de gabarit, mai e limitată :

1) De greutatea maximă pe care o poate suporta o osie. Căile ferate ale Europei cu șini tip. 45—50 nu admit o sarcină mai mare de 12 20 tone pe osie. În America cu traverse mai apropiate și cu șini mai grele se admite pînă la 25 tone pe osie.

2) Rezistențele atelajelor din Europa nu permit exercitarea unui efort de tracțiune mai mare de 25.000 kgr.; ca urmare nici nu se fac în Europa trenuri mai grele de 1500 tone, pe cînd în America, cu atelaje care suportă 70.000 kgr., se fac curent trenuri de 2500—3000 tone. Deci condițiuni interioare și condițiuni exterioare ale locomotivei, și cari în Europa cel puțin vor fi multă vreme încă în picioare, opresc dezvoltarea locomotivei cu abur.

Ultimile locomotive prezintate la expozițiile din Bruxelles și Turin în anii din urmă, au ajuns aproape această limită; cu 19 tone pe osie, cu căldări timbrate la 14—15 atmosfere, și cu 5 osii cuplate, ele păreau că pocnesc în gabaritul lor.

Cum stau lucrurile la locomotiva electrică? Să luăm cazul unei locomotive monofazate, azi cea mai răspîndită. Motorul monofazat lucrează cum se știe ca un motor serie continuu.

Insemnînd deci cu  $P$  puterea primită de locomotivă cu  $C_m$  cuplul motor al motorului electric, egal cu cuplul de tracțiune al

locomotivei (abstracție făcînd de frecările din locomotivă) cu  $\varphi$  fluxul magnetic al inductorilor, funcțiune lineară de  $I$ , (admițînd că motorul lucrează pentru orice sarcină în porțiunea dreaptă a caracteristicii) cu  $A$  partea din cuplul de tracțiune independentă de viteză, cu  $\varphi$  (N) partea ce atîrna de viteză, neglijabilă față de prima la traseuri mai grele și la viteze nu prea mari, cu  $E$  diferența de potențial aplicată la bornele motorului, egală aproximativ cu forța lui contraelectromotrice, cu  $I$  curentul în indus, cu  $E'$  și  $I'$ , voltajul și curentul de linie, adică de partea înaltă tensiune a transformatorului de viteză, avem:

$$(3) \quad C_m = A + \varphi (N) \quad (4) \quad C_m = k \frac{I_2}{2 \cdot \pi \cdot 10^8}$$

$$(5) \quad E = Nn \varphi = k' N I \quad (6) \quad E I = E' I' = P.$$

$E'$ , voltajul de linie e o cantitate fixă. Condițiile traseului și greutatea de tren determină pe  $A$ ;  $E$  voltajul aplicat dela tensiunea joasă a transformatorului e fixat de poziția manetei controlorului. Atunci în orice moment cele 4 ecuații de mai sus determină pe  $C_m$ ,  $N$ ,  $I$  și  $I'$  adică efortul de tracțiune, viteza și debitul. Să ne oprim nițel aci, fiindcă lucrurile se petrec altfel decît la locomotiva cu vapori.

Neglijînd influența vitezei putem spune că compoziția trenului și condițiunile traseului ne fixează cuplul motor, deci intensitatea  $I$ , care variază direct proporțional cu rădăcina pătrată a acelu cuplu. Dacă de pildă, condițiile traseului ar reclama la un moment dat un efort dublu, pe cînd la o locomotivă cu abur care ar merge cu căldarea la maximum, asta ar aduce o coborîre a vitezei la  $\frac{1}{\sqrt{2}}$ , aci debitul  $I$  deci și  $I'$  vor crește numai la  $1\sqrt{2}$ , deci conform relației (5) viteza  $N$  va scădea numai la  $\frac{N}{\sqrt{2}}$ ; în schimb puterea care variază linear cu debitul va crește și ea la  $P\sqrt{2}$ .

De altă parte schimbarea contactelor la controlor permite o variație pe anumite valori a lui  $E$  deci o variație pe aceeași scară a vitezei, independentă de putere și pentru orice valoare a puterii. Aci e un punct important de deosebire de locomotiva cu vapori, la care pentru a varia viteza trebuie a lucra asupra puterii locomotivei, și la care cam puterea maximă a fost atinsă, o variație a vitezei fără alta inversă a efortului de tracțiune, nu e posibilă. La locomotiva electrică lucrăm direct asupra vitezei, mărind pe  $E$ , și aceasta se

traduce prin o mărire a debitului  $I'$ , deci în definitiv tot a puterii, ca și pentru efortul de tracțiune. Această putere rezultă din consumațiunea pe care și-o ia automat cuplul motor, și din aceea pe care o dau dela controlor pentru anume viteză, și nu are altă limită decit aceea pusă de încălzirea motorului. Iată cum se explică elasticitatea și capacitatea mare de supraîncărcare a locomotivei electrice.

Ea stă deci în faptul că locomotiva electrică lucrează numai ca un transformator și nu ca un generator de energie. Tot această explică cum am mai spus și puterea specifică așa de ridicată a locomotivei electrice locomotive de 2000 cai, ca locomotiva trifazată Westinghouse, nu au mai mult ca 12 tone pe osie precum și dimensiunile reduse ale locomotivei electrice. (vezi fig. 3). Putem spune că la egală putere locomotiva electrică are o lungime de  $1/2$  pînă la  $2/3$  din lungimea celei cu abur și o înălțime mult mai mică. Motorul și accesoriile lui: transformatori (eventual potențial-regulator), contactori, disjonctori, arcușuri de curent cu toate ale lor, bobine de reactanță, interupători etc., nu cîntăresc mai mult de  $1/2$  din greutatea locomotivei (un motor de 600 C. P. cîntărește cam 9 tone, unul de 2000 C. P. cam 16 tone) și ocupă nici a 4-a parte din locul ocupat de organele producătoare de putere ale locomotivei cu abur. S'a făcut socoteală că în limita de înălțime pe care o impune gabaritul s'ar putea instala un motor de 4000 C. P., cece ar reprezinta o putere mult mai mare ca a celei mai puternice locomotive cu vapori; și, firește, nimic nu împiedică așezarea a 2, 3 sau 4 asemenea motoare unul lingă altul pe o locomotivă simplă sau cuplată, pentru a realiza puteri enorme de 8000, 12000 și 16000 C. P., pe cari numai rezistența materialului rulant ne-ar împiedica de a le atinge.

Din toate acestea putem conchide că, *în limitele azi admise de greutate și de gabarit, locomotiva electrică e susceptibilă încă de o mare de voltare.*

În cele ce precede nu am vorbit de condițiunile speciale ale căilor ferate americane; acolo tipul mai greu de șini, departarea mai mică a traverselor, și calitatea atelajelor, permit greutateți pe osie și tonaje de tren, cari fac posibilă întrebuițarea enormelor locomotive cuplate tip Mallet cu supraîncălzitori și compoundate.

din care cea mai grea are 2 grupe de câte 5 osii cuplate, 249 tone greutate aderentă; 279 tone greutate totală fără tender și 385 tone greutate totală cu tender încărcat.

Locomotiva electrică, care să-i fie comparația, lipsește încă. Cînd însă va apare, tot ca locomotivă cuplată, dar de sigur mult mai redusă în lungime și dimensiuni, și fără cele 106 tone de greutate moartă a tenderului, ea va fi fără îndoială superioară colosului american.

(Va urma).





LOCOMOTIVE ELECTRICE

| Felul locomotivei și locul de întrebuințare              | Casa construc-<br>toare            | Felul<br>curentului<br>și<br>Voltajul | Frecvența        | Voltaj<br>la<br>motor | No.<br>de<br>motori | Dispos.<br>a x e l o r |
|--|------------------------------------|---------------------------------------|------------------|-----------------------|---------------------|------------------------|
| Statul italian<br>Genua - Giovi                          | Soc. italiană<br>Westing-<br>house | D. 3000 V.                            | 15               | 3000 V.               | 2                   | 0-E-0                  |
| Loc. de marfă<br>Great Nothern Ry                        | General<br>Electric<br>Co.         | D. 6600 V.                            | 25               | 500                   | 4                   | 0-B-B-0                |
| Idem   | Idem                               | D. 6600 V.                            | 25               | 500                   | —                   | 0-D-0                  |
| Loc. de pers. și<br>marfă Pennsylvania R. R.             | Idem                               | C.                                    | —                | —                     | 2                   | 2-B-B-2                |
| Loc. de iuțeală<br>New-York Central &<br>Hudson R. R. R. | Idem                               | C. 600 V.                             | —                | 600                   | 4                   | 1-D-1                  |
| Loc. de iuțeală<br>Dessau-Bitterfeld                     | A. E. G.                           | A. 10000 V.                           | 15               | —                     | 1                   | 2-B-1                  |
| Loc. de marfă<br>Dessau-Bitterfeld                       | Idem                               | Id.                                   | Id.              | —                     | 1                   | 0-D-0                  |
| Loc. de iuțeală<br>Dessau-Bitterfeld                     | S. S. W.                           | Id.                                   | Id.              | 100-440               | 1                   | 2-B-1                  |
| Loc. de persoane<br>Dessau-Bitterfeld                    | Idem                               | Id.                                   | Id.              | 160-500               | 1                   | 1-C-1                  |
| Loc. de marfă<br>Dessau-Bitterfeld                       | Idem                               | Id.                                   | Id.              | 165-325               | 2                   | 1-D-1                  |
| Loc. de iuțeală<br>Dessau-Bitterfeld                     | Bergmann<br>EW                     | Id.                                   | Id.              | 270                   | 1                   | 2-B-1                  |
| Loc. de persoane<br>și marfă. ch. de fer<br>du Midi      | A. E. G.                           | A. 12000 V.                           | 16 $\frac{2}{3}$ | 450                   | 2                   | 1-C-1                  |
| Idem   | Thomson-<br>Houston                | Id.                                   | Id.              | 370                   | 2                   | Idem                   |

NOTA 1.—D=curent trifasat, C=curent continuu, A=alternativ simplu.

## CONSTRUITE IN ULTIMII ANI

## Tabloul I.

| Modul de acționare al motorilor                            | Diam. roților motoare | Lung. totală | Greutatea totală | Greutatea aderență | Viteza în km./oră    | Puterea de o oră în C. P. | Forța de tracțiune în kgr.     |
|--|-----------------------|--------------|------------------|--------------------|----------------------|---------------------------|--------------------------------|
| Bielă de cuplare a motorilor și bielă de cuplare a osiilor | 1070mm                | 9500mm       | 60, 2tone        | 60, 2tone          | 45km/oră             | 2000 C. P.                | 25000 maxim<br>12000 normal    |
| —  | 1524                  | 12800        | 93               | 93                 | —                    | 1600 C. P.                | 22600 max.<br>14700 la 24k/oră |
| —  | —                     | —            | 104              | 104                | —                    | —                         | 35000 max.                     |
| Bielă înclinată Arbore intermediar și bielă de cuplare     | 1650                  | —            | 149              | 102                | 96 mediu             | 2500                      |                                |
| Roți dințate raportul 4: 4                                 | 1118                  | 11280        | 87,5             | 62,5               |                      | 1200                      | 15000 max.<br>9300 la 64k/oră  |
| Bielă verticală Arbore intermediar și bielă de cuplare     | 1600                  | 12500        | 71,4             | 31,7               | 130 max.             | 1000                      | 5000 la dem.<br>2600 normal    |
| Bielă înclinată Arbore intermediar și bielă de cuplare     | 1050                  | 10500        | 63               | 63                 | 75 max.              | 800                       | 9000 demar.<br>8500 normal     |
| Bielă verticală Arbore intermediar și bielă de cuplare     | 1600                  | 12500        | 73,6             | 32                 | 110 max.<br>70 mediu | 1220                      | 6000 demar.<br>3500 normal     |
| Bielă înclinată Arbore intermediar și bielă de cuplare     | 1250                  | —            | 72               | 48                 | 100                  | 1250                      | 11250 dem.<br>5500 normal      |
| Biele înclinate Arbore intermediare și bielă de cuplare    | 1150                  | 14400        | 92               | 64                 | 100 max.<br>83 mediu | 1700                      | 18000 dem.<br>9000 normal      |
| Idem   | 1600                  | 12500        | 71               | 32                 | 120 max.             | 1500                      | 7500 la dem.<br>5000 normal    |
| Idem   | 1310                  | 13140        | 86               | 54                 | 75 mediu             | 1600                      | 13000 dem.<br>8000 normal      |
| Bielă înclinată Arbore intermediar și bielă de cuplare     | 1310                  | 13740        | 88               | —                  | —                    | 1500                      | 13000 la dem.                  |

NOTA 2. — Literile indică numărul osiilor motoare, iar cifrele ale osiilor purtate.

## LOCOMOTIVE ELECTRICHE

| Felul locomotivei și locul de întrebuințare     | Casa construc-<br>toare                        | Felul<br>curentului<br>și<br>voltajul | Frecvența        | Voltaj<br>la<br>motor | No.<br>de<br>motori | Dispos.<br>a x e l o r |
|---|--|---------------------------------------|------------------|-----------------------|---------------------|------------------------|
| Loc. de persoane și marfă. ch. de f. du Midi    | Westinghouse                                   | A. 12000 V.                           | 16 $\frac{2}{6}$ | 465                   | 2                   | 1-C-1                  |
| Idem  | Brown-Boveri & Cie                             | Idem                                  | Id.              | 625                   | 2                   | Idem                   |
| Idem  | Ateliers de constructions el. du Nord et l'Est | Idem                                  | Id.              | 253                   | 2                   | Idem                   |
| Idem  | Schneider et Cie                               | Idem                                  | Id.              | 500                   | 2                   | Idem                   |
| Loc de persoane și marfă. Linia Lötschberg-ului | A. E. G.                                       | A. 15000 V.                           | 15               | 1235 max.             | 2                   | 2-B-B-2                |
| Idem  | Oerlikon                                       | Idem                                  | Id.              | 420                   | 2                   | 0-C-C-0                |
| Loc de persoane marfă Wiesentalbahn (Baden)     | S. S. W.                                       | A. 15000 V.                           | 15               | 216 și 307            | 2                   | 1-C-1                  |
| Idem  | Brown-Boveri                                   | Idem                                  | Id.              | 1200                  | 2                   | 1-C-1                  |
| Loc de iuteală Kiruna-Riksgränsen (Suedia)      | S. S. W.                                       | A. 15000 V.                           | 15               | —                     | 1                   | 2-B-2                  |
| Loc de marfă și pers. Kiruna-Riksgränsen        | Idem   | Idem                                  | Id.              | 130-450               | 2                   | 0-C-C-0                |
| Loc de pers. și marfă. Berliner Stadtbahn       | S. S. W.                                       | —                                     | —                | —                     | 1                   | 0-D-0                  |
| Idem  | Maffei-Schwartzkopfwerke                       | —                                     | —                | 500                   | 1                   | 0-D-0                  |
| Loc de pers. Lauban Königszelt (Prusia)         | S. S. W.<br>A. E. G.                           | A. 15000 V.                           | 15               | —                     | 2                   | 1-D-1                  |
| Loc Auvert et Ferrand Compania P. L. M.         | Alioth   | A. redresat în C.                     | —                | —                     | 2                   | 2-E-2                  |

## CONSTRUITE ÎN ULTIMII ANI

Tabloul II.

| Modul de acționare al motorilor                           | Diam. roților moloare | Lungimea totală | Greutatea totală | Greutatea aderentă | Viteza în km./oră | Puterea de o oră în C. P. | Forța de tracțiune               |
|---|-----------------------|-----------------|------------------|--------------------|-------------------|---------------------------|----------------------------------|
| Roți dințate, 2 arbori intermediari și biele de cuplare   | 1200                  | 11370           | 81               | —                  | —                 | 1200 continuu             | —                                |
| Sistem triunghiular de biele și bielă de cuplare          | 1600                  | 13140           | 84               | 54                 | 60 mediu          | —                         | —                                |
| Transmis. prin roți dințate și arbore gol cupat elastic   | 1400                  | 14270           | 80               | —                  | —                 | 1200 continuu             | —                                |
| Bielă înclinată Arbore intermediar și bielă de cuplare    | 13300                 | 14160           | 82               | —                  | —                 | —                         | 12500 dem.                       |
| Bielă verticală Arbore intermediar și bielă de cuplare    | 1270                  | 15750           | 96               | 68                 | 75 max.           | —                         | 8000 normal                      |
| Transmis. prin roți dințate și biele                      | 1350                  | 14700           | 86               | 86                 | —                 | 1600                      | 17500 dem.<br>12800 la 42 km/oră |
| Bielă înclinată Arbore intermediar și bielă de cuplare    | 1050                  | —               | —                | 42                 | —                 | 1250                      | 10500 dem.<br>4600 normal        |
| Sistem triunghiular de biele și bielă de cuplare          | 1480                  | 11960           | 69               | 42                 | 60 mediu          | —                         | 9000 dem.<br>4000 normal         |
| Bielă oblică Arbore intermediar și bielă de cuplare       | —                     | 13900           | 70               | —                  | —                 | 1250                      | —                                |
| Idem  | —                     | 16100           | 100              | 100                | 50 mediu          | 2500                      | 25000 dem.<br>12600 norm.        |
| —   | 1050                  | —               | 64               | 64                 | 50 mediu          | 1050                      | —                                |
| —   | 1050                  | —               | 64               | 64                 | 80 max.           | 1050                      | —                                |
| Bielă înclinată Arbore intermediar și bielă de cuplare    | 1150                  | 13820           | 96               | 67.2               | 80 mediu          | 2500                      | 16500 dem.<br>8200 normal        |
| Bielă de cuplare a motorilor și bielă de cuplare a cailor | —                     | —               | 110              | —                  | 75 max.           | 2000                      | 12800 norm.                      |