

ROATA: ASPECTELE DEVENIRII UNEI INVENȚII

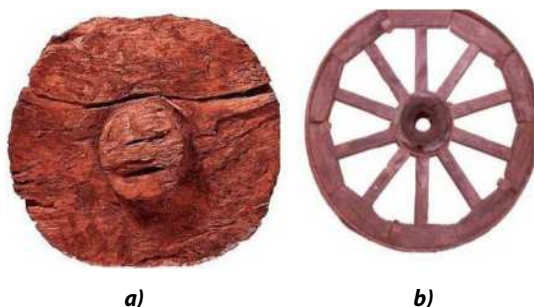


DR., CONF. UNIV. ILIE BOTEZ,
LECT. SUP. ANDREI NASTAS,
DR., LECT. SUP. NICOLAE TRIFAN,
STUD. DUMITRU BOTEZ,
UNIVERSITATEA TEHNICĂ A MOLDOVEI

TEHNICA MODERNĂ ESTE INIMAGINABILĂ FĂRĂ PREZENȚA ROȚII. DEFINITĂ SUCCINT CA „DISC SAU OBADĂ CU SPIȚE, CARE SE ROTEȘTE PE O OSIE”, ROATA IMPLICĂ O MULTITUDINE DE VARIAȚII, TOATE ACESTEA FIIND LEGATE DE MIȘCAREA DE ROTAȚIE.

Astfel, se rotesc bilele în rulmenți, multiplele roțițe ale mecanismului ceasornicului, piesele și ansamblurile motorului și propulsorului automobilului, volantul-acumulator de energie și leatul roții.

Se consideră că roata a fost inventată în Răsăritul Antic, în secolul IV e.n., iar după unele date, chiar în secolul X î.e.n. Prima redare grafică a roții (un fel de cărucior sau sanie cu roți) a fost găsită într-o schemă șumerică executată cu 35 de secole înainte de era noastră. În acele timpuri, roțile prezentau niște discuri din lemn (fig. 1, a). Prima roată cu spițe (fig. 1, b) a fost utilizată în Asia Mică (astăzi, Turcia),



a) b)
Fig. 1. Roți de lemn: a) disc; b) roată cu spițe

în secolul 20 î.e.n., ajungând mai târziu în Europa, China și India [5-9]. Asemenea roți se utilizau la confecționarea carelor pentru deplasarea oamenilor. Mai târziu, în Egipt, ele au început să fie folosite și pentru transportarea încărcăturilor.

Roțile și carele/căruțele erau utilizate pe larg în Grecia Antică, Roma Antică și în alte țări din acea vreme. Esența invenției grandioase a antichității poate fi considerată osia, care fixează roata la un loc stabilit și face posibilă rotirea acesteia. Osia i-a permis omului să realizeze un salt energetic original. Odată cu apariția roții și a osiei acesteia, consumurile de energie la deplasarea greutăților s-au redus de multe ori. De exemplu, hamalul poate căra pe umerii săi aproximativ 500 tone de greutate pe an. Folosirea animalelor a majorat productivitatea până la 2500 tone de încărcături pe an, iar odată cu apariția carului, productivitatea a sporit brusc până la 10000 tone pe an sau de 20 ori mai mult comparativ cu hamalul și de 4 ori comparativ cu animalele.

Evident, roata a realizat o schimbare radicală în tehnica trecutului îndepărtat, servind cu devotament omenirea până în zilele noastre. În 10 mii de ani tehnica nu a înregistrat un salt energetic de anvergura celui produs prin inventarea și utilizarea roții. Însă în secolul nostru vertiginos roata deja nu mai poate satisface cerințele tot mai mari ale umanității în ceea ce privește viteza, confortul,

economicitatea. Se consideră că în domeniul transportului feroviar roata deja a devenit o frână a progresului tehnic.

În timpul de față iau naștere tot mai multe idei și concepte tehnice noi, la interferența științelor. Eventual, și acest articol ar putea constitui un impuls pentru promovarea unor asemenea idei, menite să rezolve una din problemele actuale ale revoluției tehnice.

Tipuri de propulsoare

Omenirea a inventat mai multe tipuri de propulsoare, pe primul loc situându-se, bineînțeles, roata. După ea urmează, probabil, șenila, apoi șurubul...

În ultimul timp sunt aplicate diverse propulsoare de genul: perne de aer, cu vacuum, electromagnetice, hidraulice, precum și propulsoare electrostatice, electrodinamice etc. Nu sunt trecute cu vederea nici propulsoarele pășitoare. Multitudinea propulsoarelor utilizate se explică prin faptul că deocamdată nu există un propulsor universal acceptabil conform tuturor indicatorilor și util pentru toate condițiile de exploatare.

După cum se știe, consumul de energie la deplasarea trăsorii pe roți este mai mic decât în cazul deplasării pe șenile. Însă acest lucru se constată doar pe drumurile bătătorite. Pe sol moale constatăm o situație inversă. Trăsura pe șenile este energetic mai convenabilă cu 30%, în plus asigurându-se o viteză de două ori mai mare. Astfel, puterea specifică a transportului cu roți, necesară pentru deplasarea pe sol bătătorit, constituie aproximativ 1,5 kw/t, pe când la transportul cu șenile este de 4 kw/t. Însă pe sol moale, transportul cu șenile necesită 8 kw/t, iar cel cu roți – 12 kw/t.

Cel mai economic propulsor este mersul. Pe sol tare, puterea specifică necesară constituie 1-4 kw/t.

În această ordine de idei, un interes considerabil îl prezintă propulsoarele pășitoare. Sistemul legăturii inverse permite reacționarea la toate schimbările condițiilor mișcării. Sunt cunoscute autocamioane pășitoare (fig. 2).

Picioarele lungi ale propulsorului se îndoaie din „sold”, din „genunchi” și „gleznă” și îi asigură acestuia o mobilitate considerabilă. Autocamionul transportă o încărcătură de 250 kg și se deplasează în urcuș pe o pantă înclinată de 45° cu o viteză de 10 km/h.

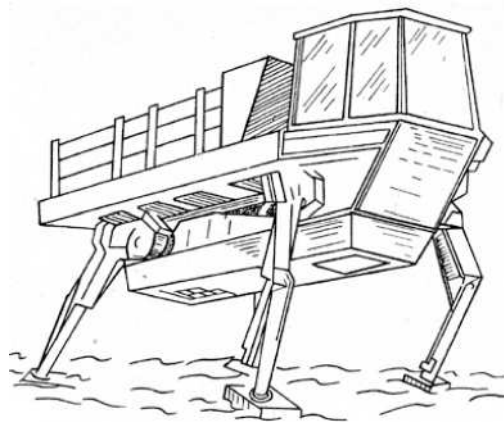


Fig. 2. Autocamion cu propulsoare pășitoare

Astfel de autocamioane se utilizează în secțiile uzinelor automate. Fiind programat o singură dată, după aceasta respectivul vehicul repetă automat întreg traseul, fără intervenția omului – acolo unde este necesar, „se așează pe burtă” (ca să fie mai simplu de încărcat sau de descărcat), ori „se ridică în picioare” (ca să meargă în altă secție). Iar atunci când este dotat cu traductori ai sistemului televizat de detectare a imaginilor și cu prehensoare, deja se transformă într-un robot cu posibilități multiple.

Utilizarea roții în domeniul transportului auto

Nimeni dintre specialiști nu se îndoiește de faptul că, pe uscat, transportul cu roți va domina și după anul 2014. Vor rula pe roți în continuare diverse automobile, tractoare, trenuri, avioane – la decolare și aterizare; vehicule pentru explorarea planetelor Sistemului Solar etc. Atunci când urma să fie selectat tipul de propulsoare pentru primele „lunomobile”, s-a optat, în cele din urmă, tot pentru utilizarea roții. În pofida abundenței de noi idei în domeniul transportului, rolul roții nu se diminuează nicidecât.

Rotirea este semnul distinctiv primar al tuturor vietăților mobile. Desenând schematic un om care merge, observăm că picioarele lui sunt ca niște pendule care oscilează în jurul axelor. Configurăm un cerc cu raza egală cu lungimea piciorului, având centrul pe axa de oscilație – și obținem roata.

Savanții propun diferite tipuri de roți și principii de pășire automată dezvoltată de acestea. Inginerul ceh Iulius Mackerle a executat obada roții în formă

de camere sferice, legate cu un sistem pneumatic. Transmițând aer comprimat în camera din urma roții, el asigură ridicarea părții din spate a acesteia. Centrul de greutate deplasându-se, roata se mișcă înainte împreună cu mașina. Mackerle a propus două variante de roți. Rotirea se realizează datorită avansării presiunii într-una din camere cu intervenția unui mecanism cu sertăraș (fig. 3, a). În a doua variantă elementul de împingere este acționat de un piston hidraulic (fig. 3, b).

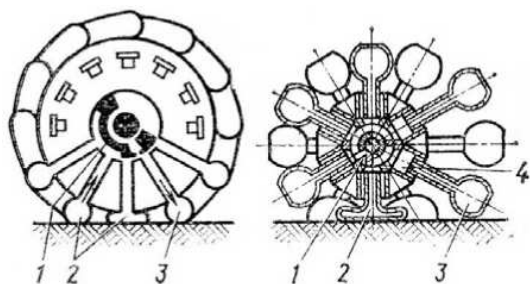
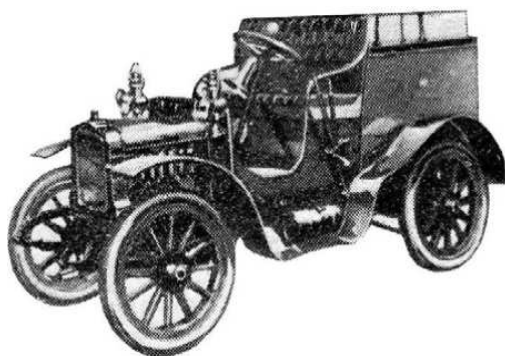


Fig. 3. Roți "pășitoare" pneumatice:
1 – distribuitor de aer; 2 – cameră de presiune joasă;
3 – cameră de presiune înaltă; 4 – piston împingător

Roțile primelor automobile se deosebeau puțin de cele ale căruțelor (fig. 5). În situația dată, automobilul, menit să dezvolte o viteză de deplasare superioară, nu făcea față așteptărilor: în timpul deplasării se produceau zdrcinături, deteriorarea suspensiei, instabilitate pe traseuri lunecoase etc.



**Fig. 5. Automobilul Lessner 6RS 1905
cu roți și spițe de oțel**

Însă roata cu o multitudine de spițe era dificil de confecționat și necesita o atenție sporită în procesul exploatării. De aceea la următoarea etapă roata

Roți pășitoare analogice (fig. 4) au fost executate cu utilizarea elementelor de împingere în formă de cilindri hidraulici.

Roata automobilului este un simbol original al timpului nostru. În țările dezvoltate, fiecărui cetățean îi revin, la modul convențional, câteva roți de mașină. În viitor această situație va fi caracteristică pentru toată lumea.

Prin ce este incomodă roata automobilului? Să examinăm retrospectiv evoluția acesteia.

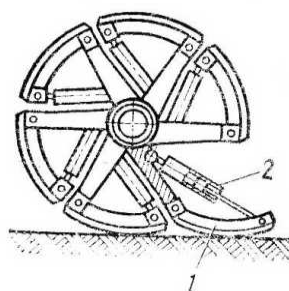


Fig. 4. Roată "pășitoare" hidromecanică:
1 – element de împingere; 2 – cilindru hidraulic

Situația s-a ameliorat întrucâtva după ce obezile roților au fost dotate cu fâșii de cauciuc. Apoi s-a făcut încă un pas – aplicarea pe roată a șinei pneumatice. Ea era ușoară și elastică. Spițele grele de căruță au fost înlocuite cu spițe de oțel subțiri (fig. 6). Aceste modificări au sporit considerabil confortul mersului cu mașina.



**Fig. 6. Automobil "Pejo-Bebe" cu spițe
din oțel, anul 1912**

a fost înzestrată cu un disc profilat, ștanțat dintr-o foaie de oțel relativ subțire (fig. 7). Partea principală a roții este șina. O compoziție din cauciuc, în șinile



Fig. 7. Automobil "Ford" cu roți cu disc de oțel profilat, anul 1920

moderne, se armează cu o coardă din fibre. Fibrele corzii se instalează pe diagonală sau radial. Șinele au anumite neajunsuri: complicația producerii, montării și demontării, masa relativ mare, pericolul ce poate interveni în cazul spargerii sau ruperii șinei. Deja se produc șine fără coardă, confecționate prin turnarea cauciucului în formă sub presiune și extrudare.

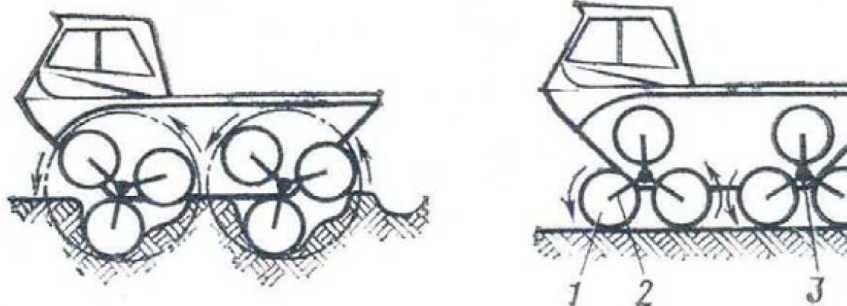


Fig. 8. Propulsor cu 12 roți: 1 – roată; 2 – pârghii balansiere; 4 – axa balansierului

Astfel, întâlnind în cale un obstacol a cărui înălțime depășește raza de rostogolire a roții (distanța de la suprafața solului până la axa ei), pentru un autovehicul obișnuit ar fi „de netrecut”, pe când un vehicul cu construcția prezentată în desen îl va depăși fără greutate. De îndată ce roata se oprește în obstacol, începe a se roti în jurul axei comune a balansierului cu cele trei roți până când a treia roată depășește obstacolul. Fiindcă aceasta, de asemenea, se rotește, ea impune reazemul să se rotească în jurul axei balansierului.

În cazul în care o roată s-a prăbușit în groapă (fig. 8, a), balansierul cu roți se rotește din nou până una din roți se atinge de sol și vehiculul cross-country își continuă calea.

Următorul pas îl constituie nu doar excluderea camerei, dar și pomparea șinelor. La confecționare, o astfel de șină se umple cu elastomer poros și nu necesită preocupări suplimentare în timpul exploatarei. Epruvetele experimentale permit micșorarea masei și avansarea durabilității. Distanța parcursă va depăși 100 mii de kilometri. Unele firme propun confecționarea roților în ansamblu cu șinele, durata de exploatare a acestora fiind deci egală cu durata de utilizare a automobilului.

Pentru așa-zisele vehicule cross-country (rus.: vezdehod) au fost propuse propulsoare care îmbină pășirea și rotirea. La capătul pârghiei-balansier sunt instalate trei roți, fixate pe axe la intervale de 120°, având un butuc-montură comună. Fiecare balansier cu trei roți formează câte un reazem. Autovehiculul are patru reazeme cu câte trei roți conducătoare (fig. 8).

Pe lângă capacitatea roților de a păși, atunci când o cere situația, autocamionul este avantajat în străbaterea drumurilor cu dificultate sporită și de faptul că are toate roțile conducătoare. Astfel, în contact cu solul se află permanent șapte-opt din cele douăsprezece roți. Fiecare reazem are acționare individuală. Aceasta înlesnește conducerea vehiculului: roțile dintr-o parte sunt frânate și automobilul se rotește pe loc, schimbându-și direcția de mișcare.

Pentru o adaptare mai sigură a vehiculului cross-country la neregularitățile drumului, carcasa acestuia se secționează în două părți, care se pot întoarce una față de alta în plan perpendicular deplasării. Carcasa vehiculului este realizată articulat. Vehiculele articulate, adică sistemele de roți, capătă o ră-

pândire tot mai largă. O secție a acestei mașini poate avea două sau patru roți, la care se adaugă încă una sau două părți cu două roți. Îmbinarea acestora se realizează în asemenea mod încât vehiculul, la comandă, își poate schimba configurația față de remorcă în orice plan. Ridicând partea frontală, autovehiculul poate învinge orice obstacol: pietre, ridicături, canale etc.

Sunt executate autotrenuri asamblate din secții cu câte două roți (fig. 9). Un astfel de autotren poate avea de la două până la zece secții. El ușor se acomodează la toate neregularitățile terenului și trece cu ușurință peste gropi. Toate roțile merg pe aceeași urmă, adică suportă o rezistență minimală. O asemenea construcție corespunde completamente cunoscutei teorii, potrivit căreia autovehiculul cross-country trebuie să fie îngust și lung.

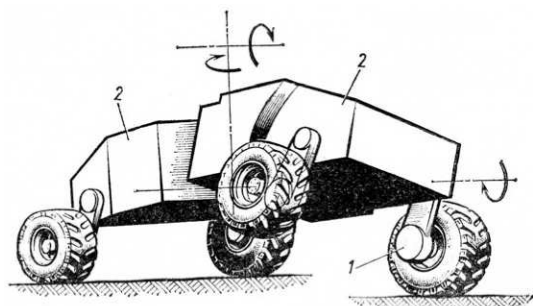


Fig. 9. Autovehicul cross-country cu două secții:
1 – balansier cu roți; 2 – semicarsă.

În ultimul timp se acordă o atenție sporită roților motoare, având în vedere necesitatea elaborării mijloacelor de transport (tractoarelor, mașinilor de construcții etc.) de mare capacitate (1-2 MN) care, din cauza normativelor rutiere limitate, sunt în exclusivitate constituite din mai multe elemente. Roțile motoare permit transmiterea cu ușurință a energiei la elementele remorcabile, care se găsesc la distanțe relativ mari unul față de altul (lungimea lor atinge 150...300 cm), și efectuarea comparării raționale a autotrenurilor. Folosirea transmisiilor cardanice și a transmisiei mecanice clasice este nerentabilă din cauza gabaritelor mari, complexității și fiabilității scăzute.

În ceea ce privește construcția și exploatarea roților motoare ale autovehiculelor de mare capacitate, un interes deosebit îl prezintă transmisiile planetare cu mișcare de precesie cu angrenaj multiplu,

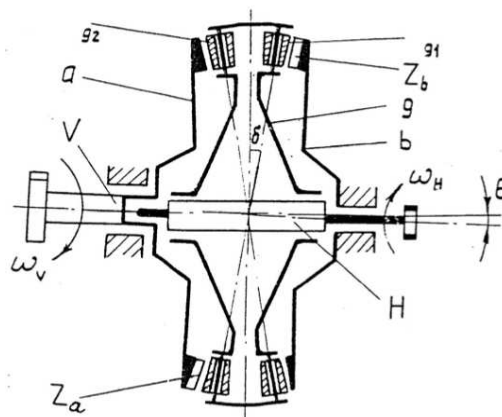


Fig. 10. Schema transmisiei planetare cu mișcare de precesie

elaborate la catedra „Teoria mecanismelor și organe de mașini” a Universității Tehnice din Moldova, care au obținut până în prezent mai mult de 70 brevete de invenție.

Caracterizându-se prin construcție compactă, rapoarte de transmitere mari, funcționare silențioasă și valori reduse ale maselor, transmisiile planetare cu mișcare de precesie au perspective largi în acționarea roților motoare. Avantajele principale ale acestor transmisiuni sunt:

- capacitatea portantă înaltă datorită multiplicității angrenajului;
- gabarit și masă proprie reduse, asigurate de consumul specific de materiale scăzut (0,02...0,05 Nm/kg);
- apoarte de transmitere mari ($i=8...3600$);
- nivelul scăzut al zgomotului produs (35...70 dB), fapt ce se datorează preciziei profilului dinților, fiind corectat corespunzător specificului mișcării sferice a satelitelui.

Luând în considerare cele expuse mai sus, au fost elaborate o serie de roți motoare cu transmisiuni cu mișcare de precesie. La baza tuturor roților motoare elaborate se află transmisia planetară cu mișcare de precesie [1], a cărei schemă este prezentată în fig. 10. Ea include 4 elemente principale: excentricul „H”, satelitul „g” cu două coroane dințate, „g₁” și „g₂”, roțile conice centrale „a” și „b” și batiul.

Coroanele danturate „g₁” și „g₂” și roțile conice „a” și „b” se află în angrenare interioară, iar generatoarele lor se intersectează în punctul de intersecție a axelor arborelui condus „V” și ex-

centricului „H”, numit centru de precesie. Satelitul „g” este instalat pe excentricul „H”, a cărui axă formează cu axele roților centrale „a” și „b” un unghi θ . Excentricul înclinat „H” rotindu-se, comunică satelitelui o mișcare spațial sferică față de centrul de precesie. Drept rezultat al angrenării coroanelor danturate „g₁” și „g₂” ale satelitelui „g” corespunzător cu roțile centrale dințate, nemișcată „b” și condusă „a”, ultima se va roti cu un raport de transmitere

$$U = - \frac{Z_{g_1} Z_b}{Z_a Z_{g_2} - Z_{g_1} Z_b}, \text{ unde:}$$

Z_{g_1}, Z_{g_2} - numărul de dinți ai coroanelor danturate „g₁” și „g₂” ale satelitelui „g”,

Z_a, Z_b - numărul de dinți ai roților centrale conice.

Efectul cinematic maximal se obține în cazul corelației dinților $Z_{g_1} = Z_a \pm 1, Z_{g_2} = Z_b \pm 1$.

Multiplicitatea angrenării reprezintă cea mai importantă caracteristică, care determină capacitatea portantă a transmisiei, precizia cinematică, masa și gabaritele, cerințele privind materialul roților dințate ș. a. Multiplicitatea angrenării dinților poate fi evaluată analitic prin analiza graficelor funcțiilor $\zeta_1 = \zeta_1(\xi)$ și $\zeta = \zeta(\xi)$ (fig. 11, a, b) [2].

Realizarea autovehiculelor de mare putere cu gabarite minime, funcționare economică, ușor manevrabile și fiabile presupune plasarea mecanismului de acționare în zona roților de rulare.

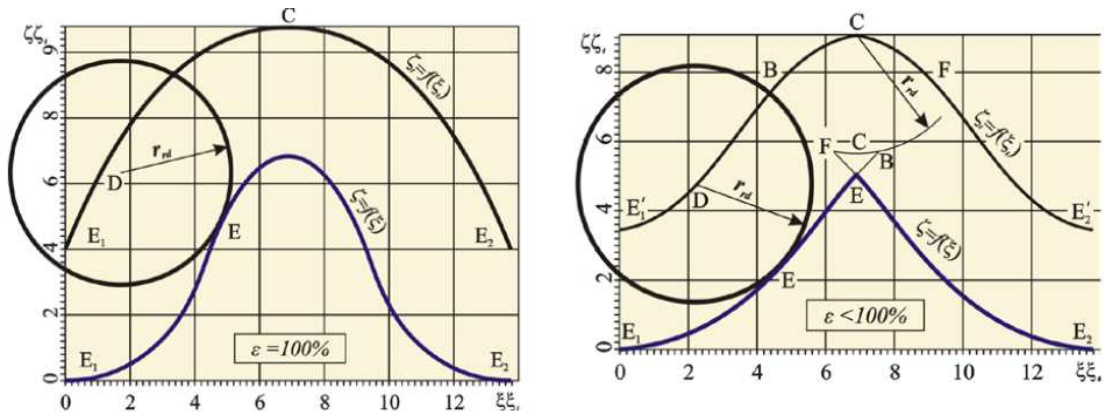


Fig. 11. Interacțiunea dinților la un ciclu de precesie: a) multiplicitatea angrenajului $\varepsilon = 100\%$; b) multiplicitatea angrenajului $\varepsilon = 60\%$

Roata-motoare cu acționare electrică [3,4] (fig. 12) include anvelopa 1, janta 2, electromotorul 3 și reductorul de mișcare de precesie 4. Satelitul 5 cu danturile 6 și 7 este situat pe excentricul înclinat 8, legat cu arborele 9 al electromotorului 3. De ambele părți ale satelitelui 5 se află roțile centrale conice 10 și 11 legate corespunzător cu rama 12 și janta 2. Mișcarea de rotație a arborelui 9 al electromotorului 3 este transformată, prin intermediul excentricului 8, în mișcare de precesie a satelitelui 5.

În cazul ilustrat în fig. 12, se obține o construcție compactă și simplă a roții motoare cu performanțe ridicate.

Pentru construcția și exploatarea autovehiculelor de mare putere, un interes deosebit îl prezintă roțile motoare cu acționare hidraulică. Schema unei

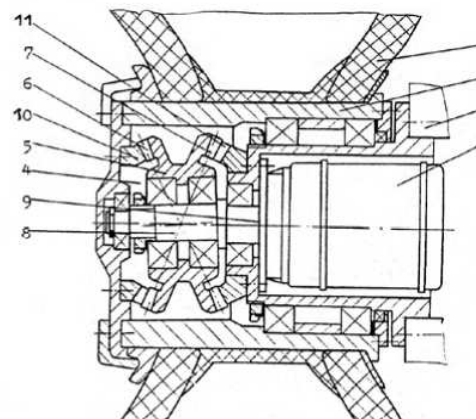


Fig. 12. Schema roții-motor cu acționare electrică

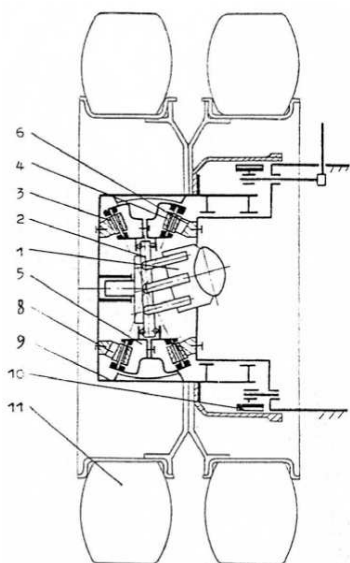


Fig. 13. Roată motor cu acționare electrică

astfel de roți, reprezentată în fig. 13, include hidromotorul 1 cu platoul înclinabil 2, instalat în butucul coroanelor danturate 3 și 4 ale satelitelui 5, roata centrală 6, legată rigid cu rama și roata centrală condusă 8, legată cu janta 9, frâna 10 și anvelopa 11. Mișcarea de rotație a platoului înclinabil 2, datorită suprafețelor laterale înclinate, se transformă în mișcare de precesie a satelitelui 5, astfel încât dinții coroanelor 3 și 4 angrenează cu dinții roților dințate centrale 6 și 8. În continuare, funcționarea roții motoare decurge similar cazului precedent.

Referințe

1. BOSTAN, I. *Zaczeplenie dlya precessionny'x peredach*. Chișinău: Știința, 1988. 132 p. ISBN 5-376-004848.
2. TRIFAN, N. *Determination of blank size manufacturing by plastic deformation analysis*. In: The 16th ModTech International Conference Modern Technologies, Quality and Innovation. Tezele conf. internaționale. Sinaia: Universitatea Tehnică Iași, 2012. Vol. II., p. 973-976. ISSN 2069-6736.
3. Brevet de invenție. CA 1383657 (SU), CIB B 60 K 7/00; 17/06. Motor-koleso. Bostan I., Glușco C., Dulgheru V. Inst. Politeh. din Chișinău. - Nr. 4098219/31-11; Decl. 23. 07. 86; Publ. B. I. 1988. - nr.11.
4. BOSTAN I., DULGHERU V., BOTEZ I. *Motor-koleso s precessionnoj peredachej*. In: Traktory I sel'skohozyajstvennye mashyny, 1993, nr. 4, p. 13-14.

5. <http://www.4tuning.ro/tehnica-auto/evolutia-rotilor-de-masina-de-la-spite-de-lemn-la-carbon-20491.html>.

6. <https://istoriiregasite.wordpress.com/2010/03/05/inventii-in-istorie-roata/>

7. http://www.letopis.info/themes/auto/istorija_kolesa.html

8. http://spb-carsonline.ru/relaksatsiya/istoriya_kolesa_/index.htm

9. <http://www.autoevolution.com/news/history-of-the-wheel-7334.html>.

REZUMAT

Roata: aspectele devenirii unei invenții. Articolul prezintă o descriere succintă a inventării și evoluției pe parcursul istoriei a uneia dintre cele mai cunoscute creații tehnice a omenirii – roata. De asemenea, sunt descrise schemele mai multor tipuri de roți utilizate în prezent: roți „pășitoare” pneumatice, roți „pășitoare” hidromecanice, propulsoare cu 12 roți, roți-motor cu acționare electrică, transmisii planetare cu mișcare de precesie etc.

ABSTRACT

The Wheel: Aspects of Becoming an Invention. The article presents a brief description of invention and evolution throughout the history of one of the most popular technical creations of mankind – the wheel. It also describes several types of currently used wheels: pneumatic “step” wheels, hydro-mechanical “step” wheels, 12-wheel propellers, electric drive motor wheels, planetary gears with precession motion, etc.

РЕФЕРАТ

Колесо: аспекты становления изобретения. В статье приводится краткое описание того, как изобреталось и развивалось на протяжении истории одно из самых популярных технических творений человечества, каким является колесо. Также описываются схемы нескольких типов колес, используемых в настоящее время: пневматические «шагающие» колеса, гидромеханические «шагающие» колеса, 12-колесные приводы, мотор-колеса с электрическим приводом, планетарные прецессионные передачи и т.д.