

(11) Patent numeris: **4596**

(51) Int. Cl.⁶: **F02G 1/043**

(21) Paraiškos numeris: **97-204**

(22) Paraiškos padavimo data: **1997 12 31**

(41) Paraiškos paskelbimo data: **1999 07 26**

(45) Patent paskelbimo data: **1999 12 27**

(72) Išradėjas:

Tautvydas Antanas Aleksandravičius, LT

(73) Patent savininkas:

Tautvydas Antanas Aleksandravičius

S. Lozoraičio g. 3b-33, Garliava, 4316 Kauno r., LT

(54) Pavadinimas:

**Regeneratyvinės mašinos darbo būdas ir regeneratyvinė mašina,
dirbanti šiuo būdu**

(57) Referatas:

Išradimas gali būti panaudotas konstruojant ir gaminant regeneratyvines mašinas (regeneratyvinius variklius, šilumos siurblius, šaldytuvus).

Išradimo tikslas - naudingumo ir efektyvumo padidinimas.

Ant regeneratyvinės mašinos šalto (10) ir karšto (21) stūmoklių galų sumontuoti šilumą regeneruojantys elementai (41), o cilindry, stūmoklių ir regeneratorių korpusų sienelės gaminamos su termovaržų radialiniais įgilinimais (37). Darbo dujų, prapučiamų iš buferinės ertmės (33) ir atgal, aušinimui sumontuoti šaldytuvai (32). Įtekėdamos į karštą cilindrą (2) darbo dujos apteka šilumą regeneruojančius elementus (41), kurie atiduoda (pasiima) dalį. Tokiu būdu elementai (41) mažina darbo dujų temperatūros svyravimą ciklo metu, t.y. cilindruose vykstantį procesą izotermizuoja. Viršutinė cilindry, stūmoklių ir regeneratorių sienelių dalis dėl termovaržų radialinių įgilinimų tampa labiau izotermiška, ir proceso metu darbo dujų temperatūra dėl sienelės izotermiškumo mažiau svyruoja, ir jos, tekėdamos iš buferinės ertmės (33) ir atgal, ataušta, sumažėja darbo dujų slėgis ir temperatūra, o tuo pačiu ir darbas, sunaudojamas darbo dujų perpūtimui iš ertmės (33) į ertmės (31) ir atgal.

Regeneratyvinės mašinos darbo būdas ir mašina priklauso mašinų gamybai ir gali būti panaudota konstruojant ir gaminant regeneratyvines mašinas, (regeneratyviniai varikliai, šilumos siurbiai, šaldytuvai).

Žinomas dviejų cilindų V-160 tipo variklis (regeneratyvinė mašina) turintis karštą ir šaltą cilindrų, tarpusavyje sujungtus regeneratorių, jungiamuosius kanalus ir buferinę darbo dujų ertmę (L. Johanson and all .. "V-160 Stirling Engine Program Update. SAE. Techn. Paper Ser. Warrendale, USA, 1988, 1-9 psl.).

Tokios regeneratyvinės mašinos svarbiausias trūkumas yra žemas efektyvumas.

Žinoma, kad darbo dujoms perpūsti į buferinę ertmę ir iš jos yra sunaudojamas darbas. Šioje regeneratyvinėje mašinoje darbo dujos pučiant jas iš buferinės ertmės į postūmoklines ertmes nėra aušinamos, todėl sunaudojamas darbas prapūtimui yra didesnis. Kadangi esančių regeneratyvinių mašinų stūmoklių, regeneratorių ir cilindų sienelės išilgai ašies turi vienodą laidumą, todėl didžiausi šilumos srautai netrukdomai teka per regeneratoriaus, karšto cilindro ir karšto stūmoklio sienelės į regeneratyvinės mašinos korpuso šaltesnes vietas, tuo būdu blogėja mašinos naudingumas.

Dėl šios priežasties blogėja bendras regeneratyvinės mašinos naudingumas, o mašinos darbo ciklas tolsta nuo izoterminio proceso, t. y. tampa mažiau efektyvus.

Žinomas daugiacylinдрinis regeneratyvinis variklis, turintis karštą ir šaltą cilindrų, karštus ir šaltus stūmoklius, jungiamuosius kanalus ir regeneratorių. Tačiau tokios regeneratyvinės mašinos (variklio) cilindų, karštų stūmoklių ir regeneratorių korpusų paviršiai yra vienodos terminės varžos visame jų ilgyje (SSSR autorinio liudijimo Nr. 1108819).

Dėl šios priežasties šilumos nuostoliai išilgai cilindų, regeneratoriaus ir stūmoklio sienelių yra dideli, o tai mažina regeneratyvinės mašinos (variklio) efektyvumą. Jeigu ciklo metu žymiai žemėja darbo dujų temperatūra, žinome, kad toks ciklas nėra efektyvus. Yra ištirta, kad dujų temperatūrai, o taip pat ir cilindų bei stūmoklių sienelių temperatūrai mažiau svyruojant, mažiau svyruoja ir darbo dujų temperatūra ciklo metu. Procesas tampa labiau

izotermiškas. (T.A. Aleksandravičiaus straipsnyje "Double - Acting Stirling Engine with the Inner Heat Exchangers";
27-th IECEC, San Diego, USA, 1992. 5 449-5 454 psl).

Nurodytas tikslas pasiekiamas tuo, kad regeneratyvinėse mašinose, turinčiuose karštą ir šaltą

cilindrus, regeneratorių, stūmoklius ir jungiamuosius kanalus padaryti šie pakeitimai:

- turint tikslą padidinti regeneratyvinės mašinos efektyvumą dujos prapučiamos iš po stūmoklinių ertmių į buferinę ertmę ir atgal, yra nukreipiamos per šaldytuvus ir tuo būdu yra atšaldomos, o darbo dujos, įtekančios ir ištekančios iš cilindro, paima arba atiduoda dalį šilumos šilumą regeneruojantiems elementams.
- turint tikslą padidinti naudingumą, stūmoklių, cilindro ir regeneratoriaus sienelės gaminamos su termovaržų radialiniais įgilinimais, kurie stūmoklių, cilindro ir regeneratorių išoriniame paviršiuje išdėstomi šachmatiškai ir sumažina šilumos nuostolius.
- ant šalto ir karšto stūmoklių galų sumontuoti šilumą regeneruojantys elementai.
- slankiklių guoliai montuojami iš metalo polimerų.
- karšto stūmoklio viduje sumontuoti šilumą atspindintys ekranai.
- regeneratyvinės mašinos karteris gaminamas sausas (be tepalo).

Fig. 1 yra pavaizduotas bendras regeneratyvinės mašinos vaizdas skersiniame pjūvyje. Fig. 2

- regeneratyvinės mašinos, sujungtos su elektros generatorium, vaizdas iš viršaus. Fig. 3 - termovaržos įgilinimų geometrija ir išdėstymas ant regeneratyvinės mašinos cilindro, stūmoklio arba regeneratoriaus korpusų sienelių. Fig. 4 - termovaržos radialinių įgilinimų įtaka skaičiuotiems šilumos nuostoliams per cilindro, stūmoklio ar regeneratoriaus sieneles.

Regeneratyvinę mašiną sudaro stūmoklių pavaros korpusas 1, kuriame sumontuotas alkūninis velenas 2, su švaistikliais 3 ir 4. Šaltas cilindras 5, slankiklio 6 korpusas 7, pirštas su guoliu 8 jungiantis slankiklį 6 su švaistikliu 4, šaltas cilindras 5 uždengtas dangčiu 9, slankiklis 6 sujungtas su stūmokliu 10, judantis metalo polimeriniame guolyje 11, ant šalto 10 ir karšto 21 stūmoklių žiedų dalies sumontuoti sandarinimo žiedai 12. Šaltas cilindras 5 sujungtas kanalu 13 per šaldytuvą 14 su regeneratorium 15. (Fig. 2). Regeneratorius 15 sujungtas kanalu 16 su kaitintuvu 17, kuriame įrengtas dujinis degiklis 18 (Fig. 2), o kaitintuvas 17 kanalu 19 (Fig. 1), sujungtas su karštu cilindru 20, viduje karšto cilindro 20 sumontuotas karštas stūmoklis 21, kuris sudarytas iš dviejų dalių atskirtų

izoliatoriumi 22. Stūmoklyje 21 sumontuoti atspindėtuvai 24. Ant stūmoklių 10 ir 21 šalia žiedų dalies įpjauti labirintiniai kanalai 25. Karštą cilindą 20 su slankiklio korpusu 26 jungia tarpinė, aušinama karšto cilindro žiedų dalis 27, o karštą stūmoklį 21 su švaistikliu 3 jungia slankiklis 6 per kotą 28. Karšto cilindro dalies 27 ir šalto cilindro 5 aušinimo marškiniai tarpusavyje sujungti kanalu 29, slankiklių 6 tepimui sumontuotos tepalinės 30.

Ertmės 31, esančios po karštu 21 ir šaltu 10 stūmokliais, sujungtos per dujų aušinimo šaldytuvo vamzdelius 32 su buferine ertme 33, esančia korpusu 1. Slankiklių 6 korpusai 7 ir 26 turi aušinimo marškinius 34. Kanalas 16 (Fig.2) aprūpintas šiluminio plėtimosi kompensatorium 35, o prie

korpuso 1 prijungtas elektros generatorius 36 (Fig.2).

Ant karšto cilindro 20, stūmoklio 21 (Fig.1) ir regeneratoriaus 15 (Fig.2) išorinių paviršių yra padaryti termovaržos įgilinimai, mažinantys šilumos pratekėjimą ašine kryptimi (Fig.3), kurie yra išdėstyti žingsniu 38, o atskirti tarpusavyje pertvaromis 39. Termovaržų radialinių įgilinimų parametrai paskaičiuoti taip, kad cilindro 20, regeneratoriaus 15 ir stūmoklio 21 korpusai neprarastų mechaninio atsparumo, o pertvarų 39 centras sutaptų su esančiu gretimose eilėse termovaržos įgilinimo 37 centru. Sienelės 40 storis priklauso nuo mechaninio sienelės medžiagos atsparumo. Ant šalto 10 ir karšto 21 stūmoklių viršutinių galų sumontuoti šilumą regeneruojantys elementai 41.

Regeneratyvinės mašinos darbas.

Kadangi darbo dujomis užpildytas regeneratyvinės mašinos ertmės 33, 31, jungiamieji kanalai 13,16,19, šaldytuvai 11 ir 32, bei regeneratorium 15, tai regeneratyvinės mašinos darbo būdas, pradiniu momentu esant stūmokliams 10 ir 21 išeities padėtyje, vykdomas taip:

I. Suspaudimas. Šiuo atveju vyksta dujų suspaudimas šaltame cilindre 5, o šiuo momentu karštas stūmoklis 21 eina per viršutinį mirties tašką, ir dujos patekti į karštą cilindą negali. Šaltame cilindre 5 virš stūmoklio 10 esančių dujų temperatūra dėl darbo dujų suspaudimo pakyla, jos dalis yra akumuliuojama šilumą regeneruojančių elementų 41, o kita šilumos dalis yra nuvedama per šaldytuvą 14. Darbo dujos, esančios korpuso 1 ertmėje 33, nukriaipiamos per šaldytuvo vamzdelius 32 ir atšalusios užpildo ertmę 31, esančią po šaltu stūmokliu 10.

II. Prapūtimas. Vyksta dujų prapūtimas iš šalto cilindro 5 į karštą cilindrą 20, esant pastoviam dujų tūriui. Dujos pratekėdamos per regeneratorių ir paimdamos šilumą, sukauptą regeneratoriuje, įkaista, pakyla jų temperatūra ir slėgis. Kartu pakyla ir šilumą regeneruojančių elementų 41 temperatūra. Darbo dujos esančios ertmėje 31 po karštu stūmokliu, perpučiamos per šaldytuvo vamzdelius 32 į ertmę 33, o iš ertmės 33 per šaldytuvo vamzdelius 32 į ertmę 31.

III. Išsiplėtimas. Darbas vyksta dėl darbo dujų įkaitimo regeneratoriuje 15 II ciklo metu, jų pašildymo kaitintuve 17 bei šilumos atidavimo iš šilumą regeneruojančių elementų 41, dėl padidėjusio dujų slėgio karštas stūmoklis 21 stumiamas link korpuso 1, ir juda atlikdamas darbą.

Dujos, esančios ertmėje 31, yra suspaudžiamos (kadangi šaltas stūmoklis stovi, o karštas stūmoklis slenka), temperatūra kyla, tačiau žymiai mažiau, kadangi dujos yra atšaldomos šaldytuve 32.

IV. Prapūtimas. Karštas stūmoklis 21 juda į cilindro 20 viršų, o šaltas 10, - į šalto cilindro 5 apačią, dėl tos priežasties, esant pastoviam tūriui, dujos iš karšto cilindro 20 teka per kaitintuvą 17, paima iš kaitintuvo 17 šilumą, kurios dalį palieka šilumą regeneruojančiuose elementuose 41 ir regeneratoriuje 15, tekėdamos per šaldytuvą 14 atšąla ir patenka į šaltą cilindrą 5. Dujos iš ertmės 33 per šaldytuvo vamzdelius 32 yra perpučiamos paskui šaltą stūmoklį 10 į ertmę 31. Šiuo atveju

dujų temperatūra palaikoma pastovesnė, lyginant su regeneratyvinės mašinos konstrukcija be šaldytuvo vamzdelių 32 ir šilumą regeneruojančių elementų 41. Ciklas kartojasi.

Į karštą cilindrą 20 patenkančios įkaitusios dujos kaitina cilindro sienelės ir šilumą regeneruojančius elementus 41, esančius ant stūmoklio 21. Tačiau šilumos srautas, laidumu perduodamas išilgai cilindro sienelės termovaržų radialinių įgilinimų, yra sumažinamas. Tokiu būdu yra mažinamas šilumos srauto tekėjimas ašine kryptimi. Dėl šios priežasties sienelės iki pirmos eilės termovaržos radialinių įgilinimų, esančių ant cilindrų, stūmoklių ar regeneratoriaus išorės paviršiaus tampa labiau izotermiškos. Žemiau pirmosios termovaržos įgilinimų eilės temperatūra staigiai krenta.

Tačiau cirkuliuojančios karštame cilindre dujos cilindro zoną, esančią virš termovaržos radialinių įgilinimų dėl sumažėjusio ašinio laidumo palaiko aukštesnės ir pastovesnės

temperatūros. Dėl viršutinės cilindro sienelės dalies izotermiškumo ir šilumą regeneruojančių elementų 41 dujų srautas cilindre tampa labiau izotermiškas. Tai yra, dujos, tekėdamos nuo cilindro sienelių ir šilumą regeneruojančių elementų, tolygiau įkaista visame tūryje ir dėl šios priežasties dujų temperatūra cilindre mažiau svyruoja. Šis procesas yra ištirtas ir aprašytas (T.A. Aleksandravičius, straipsnyje "Double - Acting Stirling Engine with the Inner Heat Exchangers").

Būdo aprašymas. Lyginant su prototipu siūloma regeneratyvinė mašina pasižyminti didesniu naudingumu:

- kai dujos nukreipiamos aušinimui, o po to į buferinę ertmę ir priešingai, sumažėja darbas, reikalingas dujoms perpūsti pro šilumokaičius.

dujos įtekėjusios į cilindrą, yra pašildomos (atsaldomos) šilumą regeneruojančių elementų sumontuotų ant stūmoklių galų, tuo būdu sumažėja temperatūros svyravimas cilindre, ir procesas tampa izotermiškesnis.

pagaminti termovaržų radialiniai įgilinimai ant stūmoklio, cilindro ir regeneratoriaus sienelių šilumos srautą, tekantį išilgai stūmoklio, cilindro ir regeneratoriaus korpusų sienelių, sumažina

4,37 karto, kai yra padarytos nors dvi termovaržų radialinių įgilinimų eilės. Iš grafiko Fig. 4 matome, kad ekonomiškai tikslinga daryti dvi termovaržų radialinių įgilinimų eiles. Šiuo atveju ekonominis efektyvumas yra didžiausias. Šilumos nuostoliai skaičiuoti per regeneratyvinės mašinos (variklio), turinčios 123 cm³ darbo tūrį regeneratoriaus sienelę. Kadangi termovaržos radialiniai įgilinimai sumažina šilumos tekėjimą išilgai sienelių, o sumontuoti ant stūmoklių 10 ir 21 šilumą regeneruojantys elementai 41 sumažina darbo dujų temperatūros svyravimą cilindruose ciklo metu, todėl darbo dujų temperatūra cilindre mažiau svyruoja, o regeneratyvinės mašinos darbo procesas tampa labiau izotermiškas, negu regeneratyvinės mašinos be termovaržų radialinių įgilinimų 37 ir šilumą regeneruojančių elementų 41. Regeneratyvinės mašinos (variklio) efektyvumas tirtas ir aprašytas (T.A. Aleksandravičiaus straipsnyje, "Double - Acting Stirling Engine with the Inner Heat Exchangers").

IŠRADIMO APIBRĖŽTIS.

1. Regeneratyvinės mašinos darbo būdas, apimantis šilumos tiekimą darbo dujoms išsiplėtimo procese, dujų šilumos nuvedimą suspaudimo procese, šilumos akumuliaciją, dujas perpučiant iš karšto cilindro į šaltą cilindrą ir sukaupus šilumos atidavimu po dujų suspaudimo, dujų perpūtimo iš po stūmoklinės ertmės į buferinę ertmę ir atgal, b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad dujas, prapučiamas iš po stūmoklinių ertmių į buferinę ertmę ir atgal, nukreipia per šaldytuvus ir tuo būdu atšaldo, ir darbo dujos, įtekančios ir ištekančios iš cilindrų, paima arba atiduoda dalį šilumos šilumą regeneruojantiems elementams.
2. Regeneratyvinė mašina, turinti regeneratorių, šaltą ir karštą cilindrą su stūmokliais, ertmės, esančias po karštu ir šaltu stūmokliu, b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad dujų, prapučiamų iš po stūmoklinių ertmių, šaldymui sumontuoti šaldytuvai, o šilumos akumuliacijos elementai sumontuoti viršutinėse stūmoklių dalyse.
3. Regeneratyvinė mašina pagal 2 punktą, b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad stūmoklių, cilindrų ir regeneratoriaus sienelės pagamintos su termovaržų radialiniais įgilinimais, kurie stūmoklių, cilindrų ir regeneratorių išoriniame paviršiuje išdėstomi šachmatiškai.
4. Regeneratyvinė mašina pagal 2 ir 3 punktus, b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad slankiklių guoliai montuojami iš metalo polimerų.
5. Regeneratyvinė mašina pagal 2, 3 ir 4 punktus, b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad karšto stūmoklio viduje sumontuoti šilumą atspindintys ekranai.
6. Regeneratyvinė mašina pagal 2, 3, 4 ir 5 punktus, b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad regeneratyvinės mašinos karteris yra be tepalo (sausas).

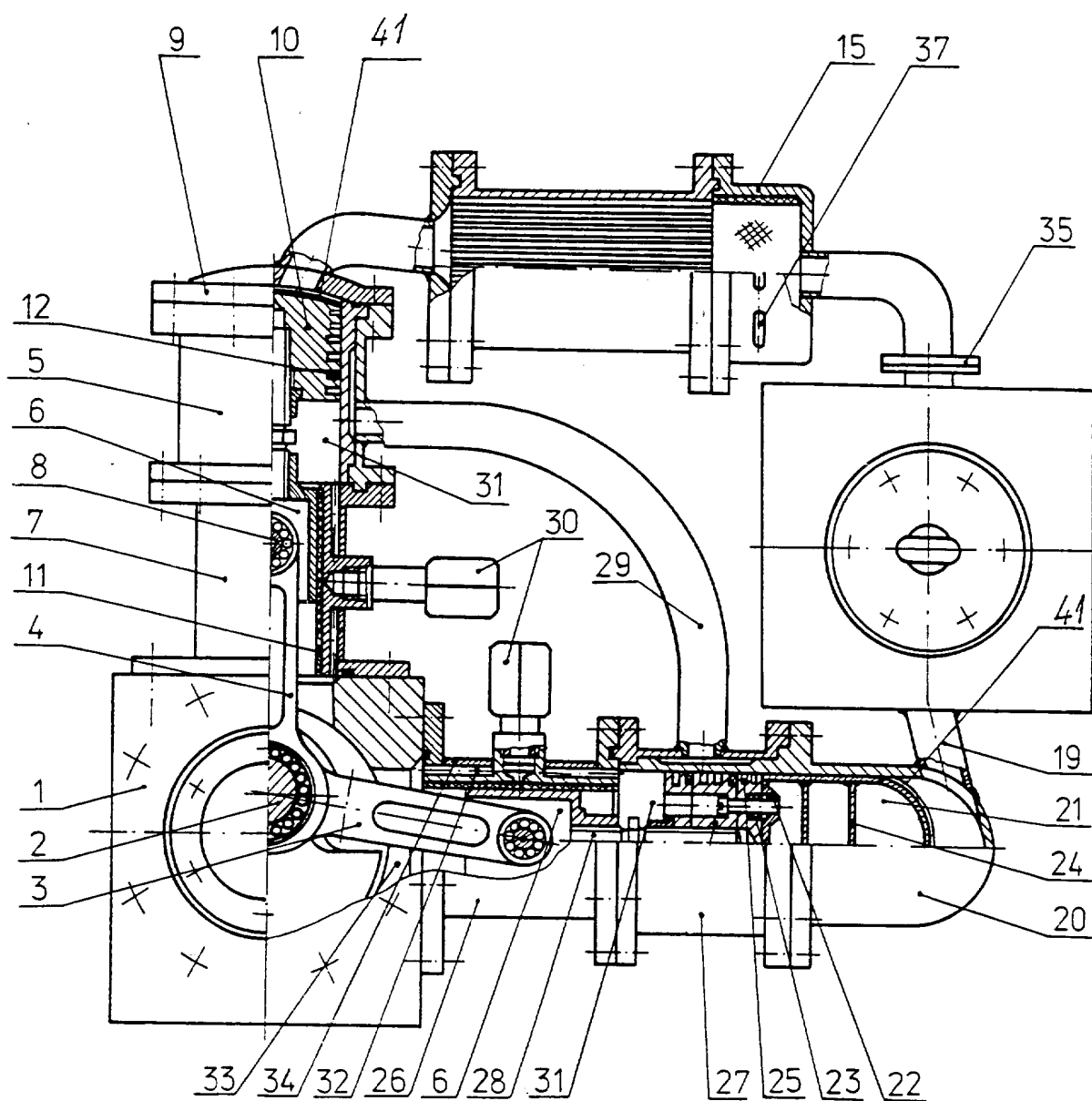


Fig.1

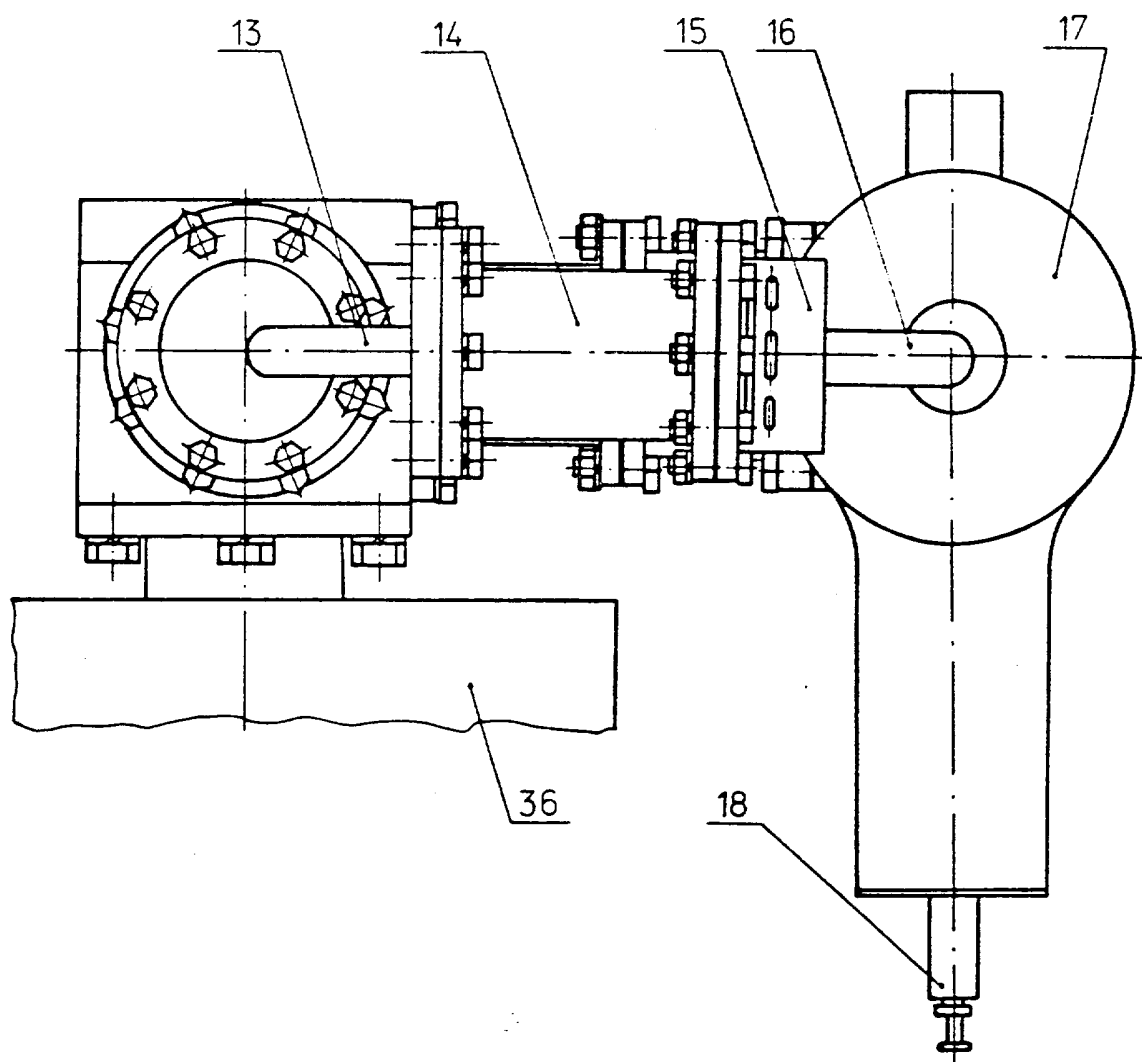


Fig. 2

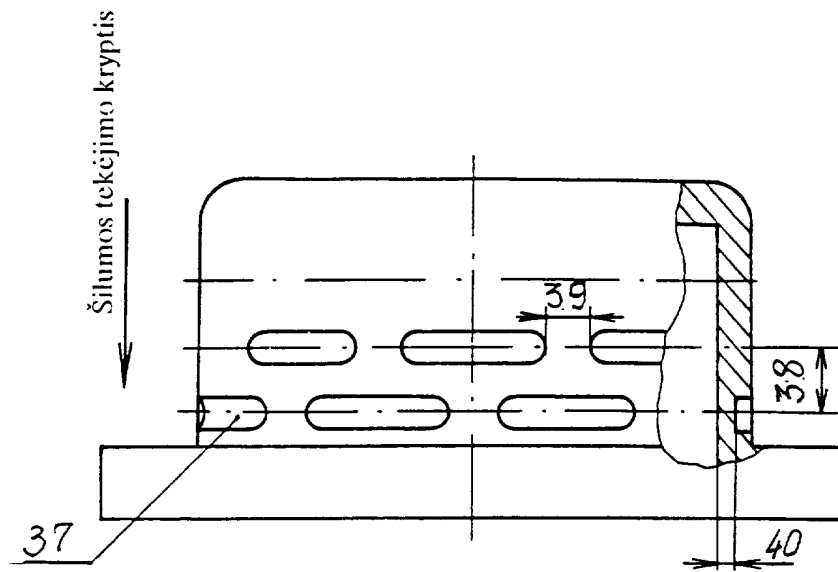


Fig. 3.

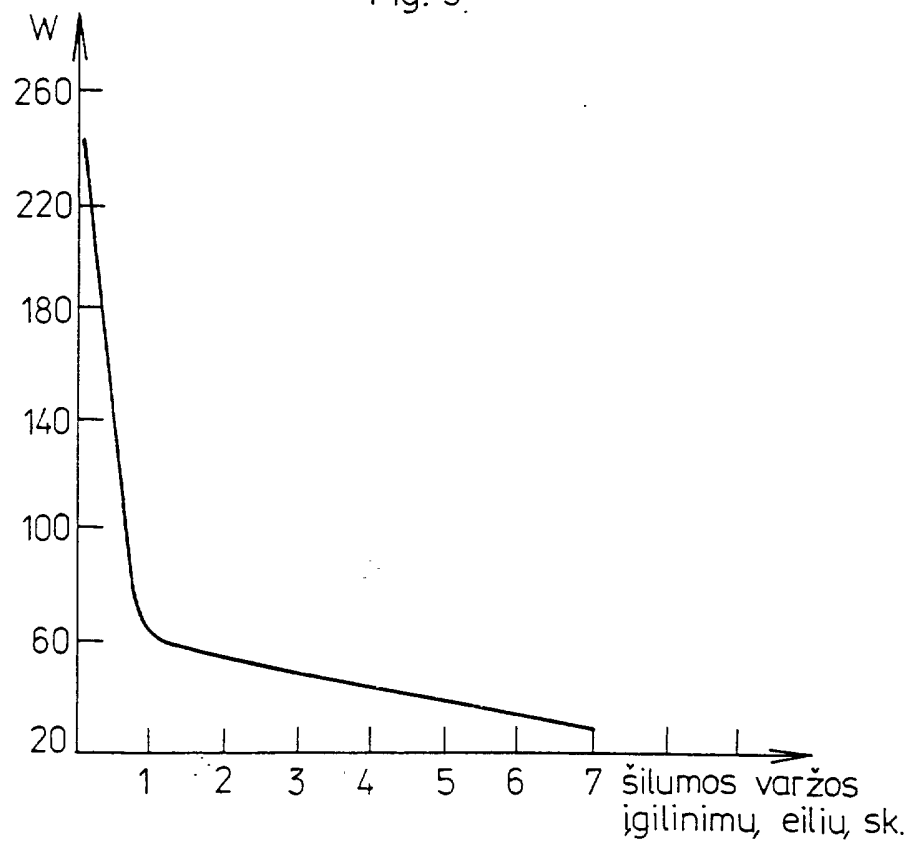


Fig. 4