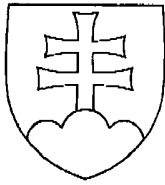


SLOVENSKÁ REPUBLIKA

(19) SK



ÚRAD
PRIEMYSELNÉHO
VLASTNÍCTVA
SLOVENSKEJ REPUBLIKY

ZVEREJNENÁ PRIHLÁŠKA VYNÁLEZU

(21) Číslo dokumentu:

719-95

(13) Druh dokumentu: A3

(51) Int. Cl.⁶ :

F 02G 1/044

- (22) Dátum podania: 01.12.93
(31) Číslo prioritnej prihlášky: 9225103.2
(32) Dátum priority: 01.12.92
(33) Krajina priority: GB
(40) Dátum zverejnenia: 04.12.96
(86) Číslo PCT: PCT/GB93/02472, 01.12.93

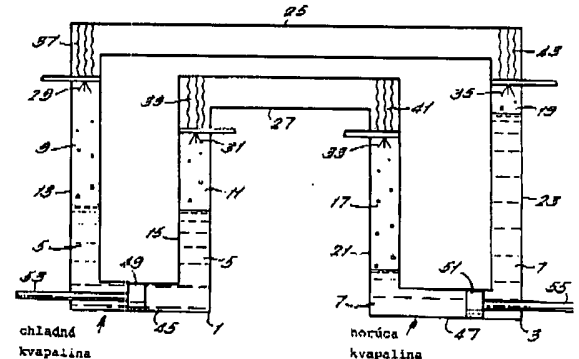
(71) Prihlasovateľ: NATIONAL POWER PLC, London, GB;

(72) Pôvodca vynálezu: Coney Michael, Willoughby, Essex, Swindon, GB;

(54) Názov prihlášky vynálezu: **Zariadenie na vzájomnú premenu tepla a práce**

(57) Anotácia:

Pracuje vo funkcii tepelného motora alebo tepelného čerpadla. Obsahuje kompresnú komoru (9, 11) s obsahom stláčaného plynu a prvý piest na stláčanie plynu pohybom tohto prvého piesta (5) do kompresnej komory (9, 11), spojený s hnacím ústrojenstvom upraveným na pohon prvého piesta (5) do kompresnej komory (9, 11) na stláčanie plynu. Ďalej obsahuje expanznú komoru (17, 19) s druhým piestom (7) na umožnenie rozpínania plynu pohybom druhého piesta von z expanznej komory (17, 19), ústrojenstvo na privod stlačeného plynu z kompresnej komory (9, 11) do expanznej komory (17, 19) a tepelné ústrojenstvo na ohrievanie stlačeného plynu z kompresnej komory (9, 11). S druhým piestom je operatívne spojené prenosové ústrojenstvo, spriahnuté s druhým piestom na odoberanie výkonu motora a v kompresnej komore je umiestnené ústrojenstvo na postrekovanie kvapaliny určenej na ochladzovanie plynu pri stláčaní.



Zariadenie na vzájomnú premenu tepla a práce

Oblasť techniky

Vynález sa týka zariadenia na vzájomnú výmenu tepla a práce pracujúceho alternatívne ako tepelný motor alebo tepelné čerpadlo, upraveného najmä pre zásobovanie domácností, služieb, administratívnych a výrobných objektov energiou a/alebo teplom.

Doterajší stav techniky

Temer vo všetkých prípadoch je v oblasti výroby energií dôležitým hľadiskom pri posudzovaní jednotlivých technológií dosiahnutie čo najvyššej tepelnej účinnosti zariadenia na výrobu energie predovšetkým z toho dôvodu, že ceny palív sa asi z dvoch tretín podieľajú na celkových výrobných nákladoch výroby energie. Okrem toho ohľady na životné prostredie, ktoré tiež zvyšujú náklady, vyžadujú väčšie zameranie pozornosti na dosiahnutie čo najvyššej účinnosti, aby sa čo najviac obmedzila tvorba oxidu uhličitého a iných nežiadúcich emisií.

Vyššiu tepelnú účinnosť a nižšiu produkciu škodlivých emisií je možné všeobecne dosiahnuť skôr vo väčších výrobných jednotkách ako v malých zariadeniach. To je spôsobené skutočnosťou, že tepelné straty, trenie medzi pohyblivými časťami zariadenia a úniky pracovných tekutín sú v pomere k jednotke výkonu nižšie vo veľkých výrobných jednotkách ako v malých výrobných zariadeniach. Veľké výrobné jednotky si môžu tiež dovoliť použitie zložitejších zariadení, zatiaľ čo v menších výrobných jednotkách by použitie takých ďalších zariadení nebolo možné.

Z tohto hľadiska však nie je možné prehliadnuť, že sa objavujú niektoré podmienky, v ktorých je výhodné použitie len malých výrobných jednotiek, pričom je dôležité, aby tiež tieto zariadenia boli čo najúčinnnejšie a čo najšetrnejšie k životnému prostrediu. Táto situácia sa vyskytuje v mnohých častiach sveta, kde nie je k dispozícii elektrická sieť na zásobovanie elektrinou. Môže sa tiež stať, že konštrukcia elektrárne na

dodávku elektrickej energie je už mimo finančných možností miestnych obyvateľov alebo je možné, že dopyt po elektrickej energii bude taký nízky, že by sa už nedalo zdôvodniť budovanie ďalších výrobných zariadení na výrobu energií. Táto situácia sa objavuje vo väčšom počte menej vyspelých krajín a tiež v odľahlejších alebo riedko osídlených oblastiach alebo na ostrovoch vzdialených od pobrežia.

Ďalšia možnosť uplatnenia malých, ale účinných motorov sa prejaví v kombinovaných výrobných jednotkách na výrobu tepla a energie (CHP). Využívanie tepla spoločne s energiou vedie spravidla k vyššej celkovej energetickej účinnosti, ako by bola dosiahnuteľná pri odbere elektrickej energie z elektrickej siete. Pretože teplo nemôže byť prenášané hospodárne na väčšie vzdialenosti, je treba v systéme na súčasnú výrobu energie a tepla zabezpečiť ich správne dimenzovanie, zodpovedajúce miestnym požiadavkám na dodávku tepla. Tieto skutočnosti vedú často k návrhu výrobných jednotiek s malou veľkosťou.

Riešenia podľa vynálezu môžu byť využité jednak ako tepelné motory a jednak po určitých úpravách ako tepelné čerpadlá. Tepelné čerpadlá prenášajú teplo z nízkoteplotných zdrojov tepla do tepelných nádrží obsahujúcich látku s vysokou teplotou. Napríklad pri chladnom počasí môže tepelné čerpadlo odobrať teplo z atmosferického vzduchu a pretransformovať ho na vyššiu teplotu, aby ním bolo možné vykurovať vnútorný priestor budovy. V alternatívnom vyhotovení pri teplom počasí môže tepelné čerpadlo pracovať ako klimatizačná jednotka, ktorá odberá teplo z vnútorného vzduchu budovy a odvádza ho do okolitej atmosféry, i keď je vonkajšia teplota vyššia ako teplota vo vnútri budovy. Tepelné čerpadlo môže byť okrem toho použité na chladenie vzduchu, aby v ňom dochádzalo ku kondenzácii vodných pár. Teplo odvedené z tepelného čerpadla môže byť potom využité na obnovenie teploty vzduchu, takže v tomto prípade môže byť využívané tepelné čerpadlo na vysušanie vzduchu. Podobne ako v kombinovaných výrobných jednotkách na výrobu tepla a energie (CHP) je treba, aby veľkosť týchto tepelných čerpadiel bola navrhovaná v súlade s konkrétnymi miestnymi požiadavkami a konkrétnou miestnou potrebou tepla. V dôsledku toho

bude väčšina kapacít tepelných čerpadiel využívaná vo forme skôr malých ako veľkých jednotiek.

Väčšina doteraz známych druhov tepelných čerpadiel, klimatizačných jednotiek alebo chladiacich systémov vyžaduje pre svoju činnosť vyparujúcu sa a kondenzujúcu látku, ktorá vrie pri vhodnej teplote, napríklad chlóro-fluórované uhľovodíkové zlúčeniny (CFC). O týchto látkách je známe, že ničia zemskú ozónovú vrstvu, ktorá chráni život ľudí a zvierat pred škodlivým ultrafialovým žiarením. I keď sú už známe niektoré náhrady CFC, niektoré z nich tiež poškodzujú ozónovú vrstvu, i keď v menšej miere. Iné alternatívne látky majú zas nevýhodu spočívajúcu v ich horľavosti, jedovatosti, vysokej cene, nedostatočných termodynamických vlastnostiach alebo v tendencii zvyšovať globálne zohrievanie.

Sú tiež dobre známe motory a tepelné čerpadlá, založené na využití Stirlingovho cyklu. Jeden druh Stirlingovho motora má kompresnú komoru a expanznú komoru, ktoré sú medzi sebou prepojené cez rekuperačný výmenník tepla, tvoriaci plynový priestor, v ktorom sa nachádza pracovný plyn. Pri ideálnom priebehu Stirlingovho cyklu sa pracovný plyn v kompresnej komore stlačuje piestom a prebieha v ňom izotermická kompresia, pričom kompresné teplo sa odvádza do nízkotepelného zberača na zachytávanie tepla. Po ukončení tohto procesu sa chladný pracovný plyn vháňa do regenerátora, v ktorom sa pred svojím vstupom do expanznej komory predhreje. V expanznej komore sa nechá horúci stlačený pracovný plyn expandovať vytlačáním piestom z expanznej komory. V priebehu expanzie sa do pracovného plynu dodáva teplo, takže plyn expanduje izotermicky. Teplý stlačený vzduch sa potom pretláča v opačnom smere regenerátorom, v ktorom odovzdáva teplo ešte pred svojím prevedením do kompresnej komory pred začiatkom nového pracovného cyklu.

US-PS 4 148 195 opisuje tepelné čerpadlo ovládané teplom, ktoré vyžaduje zdroj tepla s vysokou teplotou, získavaného napríklad spaľovaním paliva, prípadne zdroj tepla s nízkou teplotou, napríklad atmosferický vzduch. Výstupný tepelný vý-

kon je získavaný pri strednej medziľahlej teplote. Účelom tohto tepelného čerpadla je premena určitého množstva tepelnej energie s vysokou teplotou na väčšie množstvo tepelnej energie so strednou teplotou. To sa dosiahne odoberaním tepelnej energie z nízokoteplotného tepelného zdroja. Čerpadlo ovládané teplom podľa US-PS 4 148 195 má uzavretý pracovný cyklus bez ventilov, ktoré by inak tento cyklus výrazne približovali k Stirlingovmu cyklu. Pracovný plyn je premiestňovaný medzi susednými expanznými a kompresnými komorami, vytvorenými v ramenách rúrok tvaru U, pomocou kvapalinových piestov, obsiahnutých v skupine štyroch vzájomne prepojených rúrok tvaru U a zapojených do uzavretého obvodu. Kvapalinové piesty prenášajú silu celým uzavretým obvodom priamo z expandujúceho plynu v expanznej komore do stláčaného plynu v susednej kompresnej komore, pričom expanzná komora a kompresná komora sú vytvorené vo vzájomne protiľahlých ramenách rovnakej rúrky tvaru U. Štyri rúrky tvaru U sú spojené prostredníctvom plynového priestoru s regenerátormi. Dva zo štyroch regenerátorov a im priradených objemov plynu pracujú v teplotnom rozsahu medzi vysokou teplotou a strednou teplotou. Druhé dva regenerátory a s nimi spojené objemy plynu pracujú v teplotnom rozsahu medzi nízkou teplotou a strednou teplotou. Cyklus pracuje takým spôsobom, že sila sa prenáša látkou kvapalinových piestov z objemov plynov, pracujúcich v rozsahu vysokých teplôt, do objemov plynov pracujúcich v rozsahu nízkych teplôt.

V materiáloch z 21. Inter-society Energy Conversion Engineering Conference je v časti 1 (1986) na str. 377 až 382 opísané Stirlingovo tepelné čerpadlo s tepelným ovládaním, ktoré má podobné konštrukčné riešenie ako tepelné čerpadlo podľa US-PS 4 148 195 a ktorého pracovný plyn je zohrievaný alebo ochladzovaný odoberaním kvapaliny z kvapalinového piestu, ohrievaním alebo chladením mimo čerpadla a opätovným vstrekovaním kvapaliny do expanznej komory alebo do kompresnej komory vo forme aerosolu.

Jednou z nevýhod týchto známych tepelných čerpadiel je skutočnosť, že maximálna pracovná teplota vysokoteplotného zdroja tepla je veľmi nízka v porovnaní s teplotou, ktorú mož-

no dosiahnuť modernými najpokrokovejšími technológiami na výrobu energií, napríklad plynovými turbínami s kombinovaným cyklom. Napríklad teplota tepla dodávaného do tepelného čerpadla je zrejme obmedzená na asi 400°C , zatiaľ čo vstupná teplota plynu moderných plynových turbín je o niečo vyššia než $1\ 300^{\circ}\text{C}$. V dôsledku toho je účinnosť premeny vysokoteplotnej tepelnej energie na vnútornú prácu vo vnútri tepelného čerpadla s tepelným ovládaním nižšia, ako by bolo možné predpokladať z úvah založených na Carnotovej rovnici. Výsledkom toho je, že celkový koeficient výkonu je veľmi nízky.

Ďalšia nevýhoda tepelne ovládaného tepelného čerpadla podľa US-PS 4 184 195 spočíva v tom, že kvapalinové piesty musia byť príliš dlhé, aby sa dosiahol nízky vlastný kmitočet piestu. Vlastný kmitočet musí byť nízky, aby bol k dispozícii dostatok času na prenos tepla medzi kvapôčkami kvapaliny a plynom. Potrebná dĺžka kvapalinového piestu sa zvlášť obtiažne zabezpečuje v malých zariadeniach pracujúcich s vysokými tlakmi. Tiež straty trením, ktoré vznikajú pri dlhých kvapalinových piestoch, sú považované za neprijateľne vysoké pri malých zariadeniach. Okrem toho je požadovaná vysoká hodnota pomeru dĺžky piestu k jeho zdvihu na odstránenie takzvanej kyvadlovej straty, ktorá vzniká z prenosu tepla z jedného konca kvapalinového piestu na jeho druhý koniec. Kyvadlové straty vznikajú preto, že oba konce každého kvapalinového piestu majú vzájomne rozdielnu teplotu a v dôsledku toho dochádza k určitému premiešavaniu kvapaliny a prenosu tepla.

US-PS 3 608 311 opisuje motor, ktorého činnosť je založená na Carnotovom cykle, v ktorom sa plyn postupne stláča a expanduje v jedinom valci kvapalinovým posuvným telesom. Horúca a studená kvapalina z kvapalinového premiestňovacieho telesa sa striedavo vstrekuje do valca na ohrievanie plynu v priebehu časti expanzného procesu a na ochladenie plynu v priebehu časti kompresného procesu.

Jednou z nevýhod tohto známeho tepelného motora je skutočnosť, že výkon motora v jednom cykle je pomerne nízky, pretože motor pre svoj chod vyžaduje vysoký kompresný pomer na

zvýšenie teploty pracovného plynu na racionálnu hodnotu v priebehu adiabatického stláčania, pričom tento kompresný pomer je prakticky nedosiahnuteľný. Ďalšia nevýhoda tohto motora spočíva v tom, že pracovný plyn mení plynule svoju teplotu z vysokej na nízku hodnotu a ostáva pritom v rovnakom valci počas celého procesu. Preto tiež steny valca menia svoju teplotu od nízkych po vysoké teploty, čo vyvoláva značné entropické zmeny a znižuje termodynamickú účinnosť motora.

Podstata vynálezu

Nedostatky týchto známych tepelných motorov odstraňuje zariadenie podľa vynálezu, ktorého podstata spočíva v tom, že obsahuje kompresnú komoru s obsahom stláčaného plynu a prvý piest na stláčanie plynu pohybom tohto prvého piestu do kompresnej komory, spojený s hnacím ústrojenstvom upraveným na pohon prvého piestu do kompresnej komory na stláčanie plynu, expanznú komoru s druhým piestom na umožnenie rozpínania plynu pohybom druhého piestu von z expanznej komory, ústrojenstvo na prívod stlačeného plynu do expanznej komory a ohrievacie ústrojenstvo na ohrievanie stlačeného plynu z kompresnej komory, prenosové ústrojenstvo, spriahnuté s druhým piestom na odobranie výkonu motora a ústrojenstvo na vytváranie sprchy kvapaliny v kompresnej komore na ochladzovanie plynu pri stláčaní.

Jedna z výhod tohto riešenia podľa vynálezu spočíva v tom, že teplo je efektívne prevádzané do kvapaliny v kvapalinovej sprche pri najnižších teplotách celého pracovného cyklu tepelného motora. Okrem toho expanzia plynu prebieha v samostatnej expanznej komore, takže teploty každej komory a tým i rôznych častí komory a piestov sa nemenia cyklicky medzi vysokými a nízkymi hodnotami a tým sa zlepšuje účinnosť.

Vo výhodnom vyhotovení obsahuje motor podľa vynálezu zahrievacie ústrojenstvo na dodávanie tepla do plynu v priebehu jeho stláčania, umiestnené v expanznej komore. V tomto prevedení môže byť expanzný proces približne izotermický.

V inom výhodnom vyhotovení obsahuje motor podľa vynálezu zohrievacie ústrojenstvo tvorené výmenníkom tepla upraveným na predhrievanie stlačeného plynu z kompresnej komory teplom z plynu expandovaného v expanznej komore. Izotermickým expandovaním plynu v expanznej komore sa dosahuje spätné získanie časti tohto tepla v tepelnom výmenníku, ktorý je využívaný na predhrievanie stlačeného plynu privádzaného z kompresnej komory pred jeho expanziou. Výmenníkom tepla môže byť v tomto výhodnom vyhotovení napríklad regeneračný výmenník tepla, ak expandovaný plyn z expanznej komory prúdi pozdĺž rovnakej prietokovej dráhy ako privádzaný stlačený plyn z kompresnej komory, alebo rekuperačný výmenník tepla, ak plyny prúdia pozdĺž rôznych prietokových dráh. Rekuperačný výmenník tepla je zvlášť výhodný najmä v tých prípadoch, kde je požadované odovzdávanie tepla medzi dvoma kvapalinami a kde nie je žiadúce premiešavanie plynov a/alebo kde sa vyskytujú dva plyny majúce podstatne odlišné tlaky.

Ďalšie výhodné vyhotovenie motora podľa vynálezu obsahuje vratné ústrojenstvo na vracanie expandovaného plynu, opúšťajúceho expanznú komoru, späť do kompresnej komory na opätovné stláčanie. Vratné ústrojenstvo môže byť oddelené od prvkov zaisťujúcich prívod stlačeného plynu do expanznej komory, poprípade môže pracovný plyn prúdiť dopredu a dozadu medzi kompresnou komorou a expanznou komorou po rovnakej dráhe. Výhodné vyhotovenie motora, ktorý má rovnaký objem pracovného plynu plynule recyklovaný medzi kompresnou komorou a expanznou komorou, bude v ďalšom opise označovaný ako motor s uzavretým pracovným cyklom. Pretože celý objem pracovného plynu je utesnene uzavretý vo vnútri motora, môže byť plyn vopred stlačený, takže minimálny tlak, ktorý sa vyskytuje v pracovnom plyne v priebehu celého pracovného cyklu, je podstatne väčší ako atmosferický tlak.

V ešte inom výhodnom vyhotovení vynálezu má motor ústrojenstvo na dodávanie tepla, majúce rozstrekovacie ústrojenstvo na vytváranie sprchy horúcej kvapaliny v expanznej komore. Rozstrekovaná kvapalina použitá na vytváranie sprchy môže byť zohrievaná pomocou vonkajšieho výmenníka tepla a zdrojom tepla

môže byť odpadové teplo, napríklad priemyselné odpadové teplo, solárna energia alebo teplo z chladiaceho systému na chladenie spaľovacej komory. Využitie horúcej kvapalinovej sprchy na prenos tepla do expanznej komory je najmä výhodné, ak je použité v motoroch s uzavretým pracovným cyklom, ktoré majú tepelný zdroj s pomerne nízkou teplotou. Kvapalinové sprchy totiž nie sú vhodné na použitie pri príliš vysokých teplotách.

Alternatívne vyhotovenie motora podľa vynálezu obsahuje prvé ventilové prvky na ovládanie prívodu vzduchu alebo iného oxidačného plynu do kompresnej komory, druhé ventilové prvky na zamedzovanie vracania plynu z expanznej komory do kompresnej komory ústrojenstvom na prívod stlačeného plynu do expanznej komory a ústrojenstvo na dodávanie tepla zabezpečujúce prívod horľavého paliva do expanznej komory. V tomto výhodnom vyhotovení sa zmes paliva a horúceho stlačeného plynu v expanznej komore zapáli a po expanzii sa spaliny vyfukujú z motora cez tepelné výmenníkové prvky. Na začiatku každého cyklu je preto potrebný prívod čerstvého pracovného plynu. Výhodné vyhotovenie vynálezu, v ktorom je pracovný plyn v každom pracovnom cykle obnovovaný, je označované ako motor s otvoreným pracovným cyklom. Jedno z výhodných pracovných vyhotovení tohto druhu motora môže obsahovať ústrojenstvo na riadenie množstva dodávaného horľavého paliva za jednotku času do expanznej komory, aby sa zabezpečila v podstate izotermická expanzia.

Za všeobecne výhodné sa považuje, že prvý a druhý piest zabezpečujú dobré utesnenie pracovného plynu, čo je zvlášť dôležité v motoroch s uzavretým pracovným cyklom. Prvý piest a/alebo druhý piest môže obsahovať kvapalinu a tým sa odstraňujú problémy s tesnením, ktoré sa inak bežne vyskytujú v pevných piestoch. Výhodné vyhotovenie motora podľa vynálezu má dvojicu rúrok tvaru U, z ktorých každá obsahuje teleso kvapaliny ako piest, kompresnú komoru vytvorenú v každom ramene jednej rúrky, expanznú komoru vytvorenú v každom ramene druhej rúrky, ústrojenstvo na prívod stlačeného plynu z jednej z kompresných komôr do jednej z expanzných komôr a ústrojenstvo na prívod stlačeného plynu z inej kompresnej komory do ďalšej expanznej komory a samostatné prívodné ústrojenstvo na prívod

stlačeného vzduchu z ďalšej kompresnej komory do ďalšej expanznej komory. V tomto konkrétnom vyhotovení dochádza k expanzii a ku kompresii dvakrát v jednom pracovnom cykle a vzájomné nastavenie polôh kvapalinových piestov je vyhotovené najmä tak, že expanzný proces v jednej z expanzných komôr poháňa kompresný proces v jednej z kompresných komôr. Toto je možné dosiahnuť vhodným spriahnutím medzi hnacím ústrojenstvom a prenosovým ústrojenstvom. V ďalšom výhodnom vyhotovení obsahuje motor podľa vynálezu ďalšiu dvojicu rúrok tvaru U, pričom pri prevádzke je jeden z kvapalinových piestov v jednej z rúrok, obsahujúcich expanznú komoru, fázovo presadený v podstate o 90° voči kvapalinovému piestu v odpovedajúcej rúrke tvaru U, obsahujúcej ďalšiu expanznú komoru. V tomto riešení je treba oceniť, že motor poskytuje čistý pozitívny výkon v každom štádiu v priebehu kompletného pracovného cyklu motora a tým odpadá potreba použitia zotrvačníka alebo iných prostriedkov na udržiavania chodu motora medzi jednotlivými silovými zdvihmi.

Ak je expandovaný plyn vytláčaný z expanznej komory pohybom druhého piestu do expanznej komory, zvyšuje sa tlak plynu. Výhodné konkrétne vyhotovenie motora podľa vynálezu obsahuje ústrojenstvo na zabezpečenie kvapalín s dvoma rôznymi teplotami na použitie v kvapalinovej sprche v expanznej komore a obsahuje tiež ústrojenstvo na vytváranie sprchy kvapaliny v priebehu stláčania plynu v expanznej komore na reguláciu teploty plynu. Teplota rozstrekovanej tekutiny je najmä taká, že teplota plynu zostáva konštantná v celom priebehu stláčania. Ak v ďalšom výhodnom vyhotovení druhý piest obsahuje kvapalinu, môžu byť prírodné prostriedky upravené na prívod kvapaliny z kvapalinového piestu priamo do ústrojenstva na rozstrekovanie kvapaliny.

Po stlačení plynu v kompresnej komore sa tlak plynu znižuje a plyn expanduje v dôsledku toho, že oba piesty sa pohybujú smerom von z príslušných komôr. Vo výhodnom vyhotovení vynálezu má motor ústrojenstvo na zabezpečenie kvapaliny s najmenej dvoma rôznymi teplotami v kvapalinovej sprche v kompresnej komore a obsahuje tiež ústrojenstvo na vytváranie sprchy kvapaliny v priebehu expanzie plynu v kompresnej komore

na reguláciu teploty plynu. Teplota rozstrekovanej kvapaliny v sprche je s výhodou taká, že teplota plynu je udržiavaná v priebehu expanzie na konštantnej hodnote. Prvý piest obsahuje v ďalšom výhodnom vyhotovení kvapalinu a motor môže mať ústrojenstvo na dodávanie kvapaliny z prvého piestu priamo do ústrojenstva na rozstrekovanie kvapaliny.

V prípadoch, keď prvý piest obsahuje kvapalinu, môžu hnacie prvky obsahovať člen upravený na spoluprácu s prvým piestom, takže pohyb tohto člena sa prenáša na uvádzanie piestu do pohybu v najmenej jednom smere. Člen môže obsahovať pevný piest a môže byť ponorený v kvapalinovom pieste alebo môže plávať na hladine kvapalinového piestu. Pevný piest môže byť spriahnutý s hriadeľom prechádzajúcim stenou rúrky obsahujúcej kvapalinový piest.

Podobne ak jeden z druhých piestov obsahuje kvapalinu, môže obsahovať prenosové ústrojenstvo člen upravený na spoluprácu s týmto druhým piestom v tom zmysle, že pohyb kvapalinového piestu sa prenáša najmenej v jednom smere na druhý piest. Člen môže obsahovať pevný piest, ktorý je ponorený v kvapalinovom pieste alebo je upravený na plávanie na hladine kvapalinového piestu. S pevným piestom môže byť spojený hriadeľ, ktorý prechádza stenou rúrky obsahujúcej pevný piest.

Motor podľa vynálezu môže obsahovať v inom konkrétnom vyhotovení prvý a druhý piest, ktoré obsahujú pevný materiál. Jedno z ďalších vyhotovení motora obsahuje dvojicu kompresných komôr a dvojicu expanzných komôr, pričom pri prevádzke sú piesty v kompresných komorách usporiadané pre pohyb v podstate vo vzájomnej protifáze. V alternatívnom vyhotovení motor obsahuje ďalšiu dvojicu kompresných komôr a ďalšiu dvojicu expanzných komôr, pričom pri prevádzke sú piesty jednej dvojice kompresných komôr usporiadané na činnosť v podstate s fázovým rozdielom 90° voči piestom druhej dvojice kompresných komôr a piesty v jednej dvojici expanzných komôr sú usporiadané na činnosť v podstate s fázovým rozdielom 90° voči piestom v druhej dvojici expanzných komôr.

Motor pracujúci v uzavretom cykle má tepelné výmenníkové prvky tvorené regenerátorom. Úlohou tohto regenerátora je zaistiť účinný prenos tepla do pracovného plynu a z pracovného plynu.

Motor podľa ďalšieho konkrétneho vyhotovenia obsahuje separačné ústrojenstvo upravené na oddeľovanie kvapaliny od plynu opúšťajúceho kompresnú komoru alebo každú z kompresných komôr. Pri vyhotovení pracujúcom s uzavretým cyklom môže byť separačné ústrojenstvo upravené tiež na oddeľovanie kvapaliny z plynu opúšťajúceho expanznú komoru alebo každú z expanzných komôr.

Tam, kde prvé piesty a/alebo druhé piesty obsahujú kvapalinu, je motor s výhodou vybavený ústrojenstvom na napájanie rozstrekovacieho ústrojenstva alebo každého rozstrekovacieho ústrojenstva na vytváranie sprchy kvapalinou z kvapalinových piestov. Toto napájacie ústrojenstvo môže byť s výhodou tvorené čerpadlom upraveným na pohon príslušným piestom.

V ďalšom konkrétnom vyhotovení obsahuje hnacie ústrojenstvo spojovacie prostriedky spojené s prenosovým ústrojenstvom, takže pri prevádzke sa prvé a druhé piesty pohybujú vo vopred určenom fázovom vzťahu. Je vhodné, aby toto spojenie prvých a druhých piestov bolo urobené napríklad mechanickými prostriedkami, najmä kľukovým hriadeľom, ktorý umožňuje dosiahnutie veľkých kompresných pomerov a pritom ešte súčasne je schopný spoľahlivo zaistiť fázové nastavenie piestov. Fázový uhol medzi prvými a druhými piestami môže byť nastavený tak, že druhý piest predbieha prvý piest najmenej o 90° . V alternatívnom vyhotovení by mohli byť piesty poháňané na sebe nezávisle a môžu byť usporiadané spoločne na spojenie akýmikoľvek spojovacími prvkami s vonkajším pohonom, ktorý by bol schopný vyvíjať značné sily proti tlaku vo vnútri príslušnej komory.

V ďalšom výhodnom vyhotovení môže motor podľa vynálezu obsahovať spaľovaciu komoru na spaľovanie paliva, pričom ohrievacie ústrojenstvá obsahujú ohrievacie prvky na zohrievanie stlačeného plynu vychádzajúceho z kompresnej komory teplom

vedeným naprieč najmenej jednou plochou vymedzujúcou spaľovaciu komoru motora. Tým je možné motor podľa vynálezu ľahko upraviť na chladiace zariadenie pre konvenčné spaľovacie motory, v ktorých je spaľovaný benzín, nafta alebo plyn, súčasne so spätným získavaním tepla, ktoré je inak pri bežných spaľovacích motoroch odpadovým teplom, ktoré sa stráca v chladiči, pričom v tomto prípade je teplo premenené na využiteľnú energiu. V kompresnej komore sa produkuje chladný stlačený plyn a teplo stratené v stenách spaľovacej komory sa prevádza do stlačeného plynu a tým sa zaisťuje chladenie motora. Rovnaké metódy je možné využiť pre spätné získanie tepla z výfukových plynov konvenčného spaľovacieho motora, napríklad vytvorením chladiacich kanálikov, pre vedenie stlačeného vzduchu vo výfukovom zberači alebo vybavením motora výmenníkom tepla, ktorým by výfukové plyny motora mohli prechádzať. Predohriaty stlačený plyn sa potom vháňa do expanznej komory, v ktorej expanduje a vytláča piest von z expanznej komory a tým produkuje využiteľnú mechanickú prácu. V jednom z výhodných vyhotovení môže byť expanzný piest spojený s vonkajším výstupným pohonom motora. Toto usporiadanie má výhodu spočívajúcu vo zvýšení účinnosti konvenčných spaľovacích motorov.

Vynálezom je vyriešená tiež konštrukcia tepelného čerpadla, ktoré obsahuje expanznú komoru na expandujúci plyn a prvý piest umožňujúci expanziu plynu pohybom piestu von z expanznej komory, kompresnú komoru na stlačovaný plyn a druhý piest na stláčanie plynu pohybom druhého piestu do kompresnej komory, ústrojenstvo na prívod plynu z jednej z expanzných komôr a z kompresných komôr do ďalšej komory a ústrojenstvo na vytváranie sprchy kvapaliny v kompresnej komore na pohlcovanie tepla z plynu z priebehu kompresie, pričom druhý piest je upravený na pohon vonkajším zdrojom energie do kompresnej komory na stláčanie plynu.

Toto vyhotovenie tepelného čerpadla umožňuje, aby dopravované teplo bolo prevedené do vonkajšej tepelnej nádrže mimoriadne účinne prostredníctvom látky použitej v rozprášenej sprche v horúcej kompresnej komore a súčasne môže byť poháňané vonkajším zdrojom energie, najmä elektromotorom, pomocou

napríklad mechanického spojovacieho ústrojenstva, aby sa získalo tepelné čerpadlo s vyšším koeficientom výkonu, ako je možné dosiahnuť známymi tepelnými čerpadlami.

Je výhodné, že tento druh tepelného čerpadla môže zaistovať ako kúrenie, tak i chladenie buď v uzavretom pracovnom cykle alebo v otvorenom pracovnom cykle. Jedno z takých výhodných príkladných vyhotovení môže byť upravené na klimatizáciu, pri ktorej sa vzduch nasáva do kompresnej komory z vonkajšieho zdroja, stláča sa v podstate izotermicky pomocou kvapalinovej sprchy a prevádza sa potom do expanznej komory, v ktorej expanduje, takže vykonáva prácu a vracia časť energie použitej na kompresiu. Expanzia môže byť adiabatická, takže plyn sa ochladzuje a chladný vzduch potom môže byť vyfukovaný z tepelného čerpadla, aby ochladzoval atmosféru v miestnosti. Alternatívne výhodné vyhotovenie tepelného čerpadla môže obsahovať prostriedky zaistujúce dodávanie tepla do plynu v priebehu jeho expanzie v expanznej komore, takže expanzia je v podstate izotermická. Tento výsledok je možné výhodne docieľiť využitím kvapalinovej sprchy v expanznej komore. Teplo je absorbované z kvapôčok kvapaliny, ktoré sa tak ochladzujú a chladná kvapalina zo sprchy môže byť využitá na chladenie, napríklad pre klimatizáciu. Vstrekovanie kvapalinovej sprchy do expanznej komory tiež predstavuje účinný prenos tepla z nízkoteplotného zdroja tak, že tepelné čerpadlo môže prečerpávať toto teplo do tepelnej nádrže s vyššou teplotou, ktorá potom môže byť už využitá na vykurovanie. Tepelné čerpadlo môže byť modifikované ako pre otvorený, tak aj pre uzavretý prevádzkový cyklus.

V ešte inom výhodnom vyhotovení obsahuje tepelné čerpadlo tepelné výmenníkové prvky na predhrievanie expandovaného plynu teplom zo stlačeného plynu opúšťajúceho kompresnú komoru. Táto úprava je obzvlášť výhodná v uzavretom prevádzkovom cykle, v ktorom je rovnaký plyn čerpaný v dvoch vzájomne opačných smeroch medzi expanznou komorou a kompresnou komorou.

Výhodné konkrétne vyhotovenie tepelného čerpadla obsahuje spojovacie prvky pre spriahnutie druhého piestu s vonkajším zdrojom energie, pričom tieto spojovacie prvky sú upravené na

odolávanie značnej sile pôsobiacej proti tlaku plynu v kompresnej komore. Spojenie tepelného čerpadla s vonkajším zdrojom energie týmto spôsobom umožňuje pracovať s omnoho väčšími tlakmi a tým tiež je možné dosiahnuť omnoho väčší kompresný pomer v kompresnej komore, čo znamená možnosť čerpania väčšieho množstva tepla v jednom pracovnom cykle než to bolo pri dosiaľ známých čerpadlách. Použitie týchto spojov umožňuje zmenšiť rozmery čerpadla, ktoré je potom kompaktnjšie, pretože dosiahnutie vysokých tlakov a tým tiež veľkého výkonu nie je závislé na zotrvačnosti piestov, ktoré by mali byť pomerne masívne a z tohto dôvodu tiež by mali mať väčšie rozmery. Spojovacími prvkami môže byť napríklad kľukový hriadeľ.

V ďalšom výhodnom prevedení tepelného čerpadla podľa vynálezu je prvý piest spojený s druhým piestom mechanickými spojovacími prvkami, napríklad kľukovým hriadeľom tak, že vzájomné fázové polohy oboch piestov môžu byť ľahko riadené a kontrolované.

Ďalšou dôležitou výhodou tepelného čerpadla podľa vynálezu je skutočnosť, že čerpadlo nepotrebuje pre svoju činnosť vyparujúce sa a kondenzujúce látky a môže byť používané s plynom, ktorý nekondenzuje a s kvapalinou, ktorá sa vo väčšom rozsahu neodparuje, takže pri navrhovaní prevádzkových podmienok nie je nutné dbať na určitú hodnotu bodu varu. Okrem toho je možné voliť pracovný plyn, napríklad hélium, a kvapalinu, napríklad vodu, ktoré nemajú nepriaznivý vplyv na okolité prostredie a môžu byť preto voľne vypúšťané. To je tiež jedna z dôležitých výhod riešenia tepelného čerpadla podľa vynálezu. Ďalšia výhoda vyplývajúca z toho, že jeho prevádzka nie je nijako viazaná na hodnotu bodu varu, spočíva v možnosti prevádzky tepelného čerpadla vo väčšom rozsahu prevádzkových teplôt než aký bol pri konvenčných tepelných čerpadlách.

Tepelné čerpadlo môže okrem toho obsahovať ktorýkoľvek zo znakov základného alebo alternatívnych vyhotovení tepelného motora, opísaných v predchádzajúcej časti.

Praktické vyhotovenia tepelného motora a tepelného čer-

padla môžu obsahovať ľubovoľný počet kompresných komôr a expanzných komôr, pričom počet kompresných komôr nemusí byť nutne rovný počtu expanzných komôr.

Prehľad obrázkov na výkresoch

Vynález bude bližšie objasnený pomocou príkladov vyhotovenia zobrazených na výkresoch, kde znázorňujú

- obr. 1 schematické zobrazenie prvého príkladného vyhotovenia vynálezu, ktoré obsahuje kvapalinové piesty a pracuje v uzavretom cykle,
- obr. 2 schematické zobrazenie druhého príkladného vyhotovenia vynálezu, ktoré obsahuje kvapalinové piesty a pracuje v otvorenom cykle,
- obr. 3 schematické zobrazenie tretieho príkladného vyhotovenia vynálezu, ktoré obsahuje pevné piesty a pracuje v otvorenom cykle, a
- obr. 4 schematické zobrazenie štvrtého príkladného vyhotovenia vynálezu, ktoré obsahuje pevné piesty a pracuje v otvorenom cykle.

Príklady vyhotovenia vynálezu

V príklade zobrazenom na obr. 1 je zariadenie tvorené dvojicou rúrok 1, 3 tvaru U, z ktorých každá obsahuje stĺpec kvapaliny 5, 7. V každom z ramien 13, 15 prvej rúrky 1 tvaru U je vytvorená kompresná komora 9, 11 a v každom z ramien 21, 23 druhej rúrky 3 tvaru U je vytvorená expanzná komora 17, 19. Prvá kompresná komora 9 je prepojená cez prvý regenerátor 25 s prvou expanznou komorou 19 a druhá kompresná komora 11 je prepojená cez druhý regenerátor 27 s druhou expanznou komorou 17. V praktickom vyhotovení sú rúrky 1, 3 tvaru U natočené oproti polohe zobrazenej na obr. 1 o 90° voči sebe, aby oba regenerátory 25, 27 mali rovnakú dĺžku. Tieto dve rúrky 1, 3 tvaru U tak vytvárajú spoločne s oboma regenerátormi 25, 27 priestorový útvar pripomínajúci sedlo, takže sa tento útvar nazýva "sedlová slučka". Motor alebo tepelné čerpadlo, ktoré

pozostáva z jedného prepojeného objemu plynu s jediným regenerátorom, s jednou kompresnou komorou a jednou expanznou komorou, z ktorých každá obsahuje tekutinový alebo pevný piest a každá je vybavená ústrojenstvami na dodávanie alebo odoberanie tepla, je preto označovaný ako "polovičná sedlová slučka".

V oboch kompresných komorách 9, 11 a tiež v oboch expanzných komorách 17, 19 sú umiestnené rozstrekovacie ústrojenstvá na rozprašovanie kvapaliny. Kvapalina rozstrekovaná rozstrekovačmi 29, 31 v kompresných komorách 9, 11 je odoberaná najmä z objemu kvapaliny v prvej rúrke 1 tvaru U a kvapalina rozstrekovaná rozstrekovačmi 33, 35 v expanzných komorách 17, 19 je odoberaná najmä z objemu kvapaliny obsiahnutej v druhej rúrke 3 tvaru U. Kvapalina odoberaná z prvej rúrky 1 tvaru U môže byť pred vstrekaním do kompresných komôr 9, 11 vedená neznázorneným chladičom a kvapalina odoberaná z druhej rúrky 3 tvaru U môže byť vedená pred vstrekaním do expanzných komôr 17, 19 ohrievačom. Priestory tvorené kompresnými komorami 9, 11 a im zodpovedajúcimi expanznými komorami 19, 17, ktoré sú navzájom prepojené prostredníctvom príslušných regenerátorov 25, 27, sú vyplnené pracovným plynom. Medzi kompresnými komorami 9, 11 a expanznými komorami 17, 19 na jednej strane a príslušnými regenerátormi 25, 27 na druhej strane sú umiestnené separátory 37, 39, 41, 43, ktoré odstraňujú všetku kvapalinu z pracovného plynu ešte pred prechodom týchto látok regenerátormi 25, 27.

Každá z rúrok 1, 3 tvaru U je vybavená priamym úsekom 45, 47, ktorý spája navzájom vždy príslušnú dvojicu ramien 13, 15, 21, 23. Ku každému z kvapalinových piestov sú pripojené mechanické prostriedky na prenos sily do piestov alebo odvádzanie sily z piestov. V tomto príkladnom vyhotovení je v každom priamom úseku 45, 47 rúrok 1, 3 tvaru U uložený pevný piest 49, 51, ktorý sa môže voľne posúvať po priamej dráhe po dĺžke priameho úseku 45, 47, pričom po oboch jeho stranách je vytvorený kvapalinový piest. Ku každému pevnému piestu 49, 51 je pripojený hnací hriadeľ 53, 55, ktorý prechádza stenou príslušnej rúrky 1, 3 tvaru U a ktorý predstavuje prvok na pohon alebo prenos energie z kvapalinových piestov.

Dva hnacie hriadele 53, 55 sú spolu spriahnuté prostredníctvom vonkajšieho hnacieho mechanizmu tak, že posuv každého z piestov môže byť vyjadrený v priebehu času približne sinusoidou, pričom v oboch rúrkach 1, 3 tvaru U je medzi oboma piestami udržiavaný vopred určený fázový vzťah. To je možné dosiahnuť napríklad spojením oboch hnacích hriadeľov 53, 55 s kľukovým hriadeľom, podobne ako je to pri benzínových alebo naftových spaľovacích motoroch.

Motor pracuje na princípe prechodu pracovného plynu termodynamickým cyklom, pri ktorom dochádza k opakovaným kompresiam a expanziám. Ku kompresiam dochádza, ak sa väčšina pracovného plynu dostala do kompresnej komory 9, 11 zatiaľ čo k expanzii dochádza, ak sa väčšina pracovného plynu dostala do expanznej komory 17, 19. To je možné dosiahnuť takým usporiadaním piestov v kompresných komorách 9, 11, pri ktorých sú tieto piesty vo fázovom uhle 90° . Fázový uhol medzi piestami v expanzných komorách 17, 19 alebo v kompresných komorách 9, 11 je 180° . Pri tomto konštrukčnom usporiadaní bude tvoriť expanzný proces v jednej z expanzných komôr 17, 19 pohon kompresného procesu v inej kompresnej komore 9, 11. Napríklad expanzia vo vnútri druhej expanznej komory 19 bude ovládať kompresiu v druhej kompresnej komore 11 a expanzia v prvej expanznej komore 17 bude ovládať kompresiu v prvej kompresnej komore 9.

V nasledujúcej časti opisu bude opísaný jeden celý cyklus motora len vo vzťahu k jednej kompresnej komore a k jednej expanznej komore, pričom počiatočnou operáciou je kompresia v prvej kompresnej komore 9. Na začiatku stláčania je kvapalinový piest v prvej kompresnej komore 9 na spodnej úvratí svojej zdvihovej dráhy a piest v prvej expanznej komore 19 je v stredovom bode svojej zdvihovej dráhy a pohybuje sa smerom nahor. Väčšia časť objemu pracovného plynu, ktorá sa nachádza medzi prvou kompresnou komorou 9 a druhou expanznou komorou 19, je vo vnútri prvej kompresnej komory 9. Stláčací piest sa pohybuje do prvej kompresnej komory 9 a stláča pracovný plyn proti tlaku plynu, ktorý vzniká pri pohybe expanzného piestu do druhej expanznej komory 19. Do kompresnej ko-

mory sa vstrekuje studená kvapalina, ktorá v priebehu kompresie ochladzuje pracovný plyn. Kvapalina môže byť získavaná odoberaním kvapaliny zo studeného kvapalinového piestu (to znamená z kompresného piestu) a nasledovným priechodom neznázorneným vonkajším chladičom pred vstrekaním do kompresnej komory. Ak je stláčací piest v prvej kompresnej komore 9 umiestnený v strednej polohe svojho zdvihu, bude expanzný piest v druhej expanznej komore 19 v hornej úvrati svojho zdvihu a bude sa vracat' do pohybu v opačnom smere. Počas pohybu kompresného piestu nahor do kompresnej komory pokračuje stláčanie pracovného plynu, avšak v rovnakom čase začína studený stláčaný plyn prúdiť regenerátorom smerom k druhej expanznej komore 19 bezprostredne po začatí pohybu expanzného piestu smerom dole. Studený stlačený plyn, opúšťajúci prvú kompresnú komoru 9, je predhrievaný teplom z expandujúceho plynu, ktorý opúšťa expanznú komoru na konci predchádzajúceho cyklu.

Ak dosiahne kompresný piest v prvej kompresnej komore 9 spodnú úvrat' svojho zdvihu, expanzný piest v druhej expanznej komore 19 je v strednej časti svojho zdvihu a pohybuje sa smerom nahor do expanznej komory, pričom stláčací piest potom zmení smer svojho pohybu a celý cyklus sa opakuje.

Ako už bolo uvedené v predchádzajúcej časti, termodynamický cyklus v prvej kompresnej komore 9 a v druhej expanznej komore 19 je presadený o 180° oproti priebehu cyklu v druhej kompresnej komore 11 a v prvej expanznej komore 17. Pri tomto riešení poháňa expanzný zdvih v druhej expanznej komore 19 kompresný zdvih v druhej kompresnej komore 11 a expanzný zdvih v prvej expanznej komore 17 ovláda kompresný zdvih v prvej kompresnej komore 9. V priebehu celého pracovného cyklu sa však vyskytujú body medzi kompresnými a expanznými zdvihmi, v ktorých sa na výstupe motora neobjavuje žiadny užitočný výkon. Aby sa udržal chod motora v priebehu jedného celého pracovného cyklu, je možné použiť zotrvačnik alebo je možné spoľiehať na vlastnú zotrvačnosť piestu, pokiaľ tieto piesty majú dostatočnú hmotnosť. Potreba použitia zotrvačníka môže odpadnúť vytvorením druhej sedlovej slučky, ktorej pracovný cyklus

je fázovo presadený o 90° oproti pracovnému cyklu prvej sedlovej slučky. Tento výsledok je možné dosiahnuť pripojením vhodného vonkajšieho hnacieho mechanizmu. Toto príkladné vyhotovenie tepelného motora je potom schopné dodávať užitočný energetický výkon vo všetkých fázach pracovného cyklu.

Jedným z najdôležitejších znakov motora opísaného v predchádzajúcej časti opisu je použitie horúcich a studených postrekovacích kvapalín na udržiavanie teploty pracovného plynu vo vnútri každej komory na požadovanej úrovni. Ako už bolo uvedené v predchádzajúcej časti opisu, rozprašovanie kvapaliny môže byť robené v priebehu celého pracovného cyklu, aj keď kvapalina prechádza výmenníkmi tepla len v priebehu časti vstrekovacieho cyklu. Dôvod tohto priebehu môže byť objasnený v spojitosti s každou komorou samostatne.

Pri kompresii spočíva funkcia rozprašovania kvapaliny v udržiavaní teploty pracovného plynu v kompresnej komore na čo najnižšej hodnote. Kvapalina by preto mala v priebehu tejto časti pracovného cyklu prechádzať vonkajším chladičom. Po expanzii pracovného plynu v neskoršej fáze pracovného cyklu má rozstrekovanie kvapaliny zamedziť prílišnému ochladzovaniu pracovného plynu. V priebehu tejto fázy pracovného cyklu je lepšie odoberať kvapalinu priamo z kvapalinového piestu a neochladzovať ju.

Pre expanznú komoru platia celkom opačné argumenty. V priebehu expanzie musí mať plyn čo najvyššiu teplotu a z tohto dôvodu by mala byť vedená rozstrekovaná kvapalina vonkajším ohrievačom. V priebehu kompresie je dôležité zamedziť ohriatiu plynu na príliš vysokú teplotu. V tejto fáze pracovného cyklu by teda mala byť kvapalina odoberaná priamo z kvapalinového piestu.

V jednom z príkladných vyhotovení vynálezu môže byť dosiahnuté čerpanie kvapaliny používanej na rozstrekovanie priamym využitím vratne posuvného pohybu piestu a hnacieho hriadeľa. Vo vnútri potrubia môže byť umiestnené čerpadlo, ktoré obsahuje malý piest, poháňaný kvapalinovým piestom, pevným pies-

tom alebo hnacím hriadeľom, a ktoré je upravené na posúvanie vo vnútri valca vybaveného spätnými ventilmi. V každom potrubí môže byť uložené jediné čerpadlo, ak sa jedná o čerpadlo s oboma vstupnými koncami rovnakými, to znamená ak sa plniaci a výtlačný vstup nachádzajú na oboch koncoch čerpadla. Tým je možné privádzať kvapalinu striedavo z oboch strán, pričom druhá strana je plniacou stranou. Jedno obojstranné čerpadlo môže obsluhovať dva injektory na vstrekovanie kvapaliny, spriahnuté s príslušnými dielčiami potrubiami. Každý koniec čerpadla môže mať dva výstupy, z ktorých jeden vedie k rozstrekovacej dýze v jednej z komôr, spojenej s dielčím potrubím, zatiaľ čo druhý výstup vedie priamo k rozstrekovacej dýze v druhej komore. V tomto konštrukčnom usporiadaní môže byť síce rozstrekovanie kvapaliny udržiavané ako takmer kontinuálny proces, teplota vstrekovanej kvapaliny sa môže v priebehu jedného pracovného cyklu meniť podľa toho, či prechádza výmenníkom tepla alebo ním neprechádza.

Separátory umiestnené nad vstrekovacími dýzami na vytváranie postrekovacej sprchy, ktoré môžu obsahovať vlnité dosky, hrajú dôležitú úlohu v prenose tepla medzi rozstrekovanou kvapalinou a pracovným plynom, pretože vlnité povrchy sú ochladzované alebo ohrievané kontaktom s rozstrekovanou kvapalinou a prebiehajú cez celú kontaktnú plochu medzi pracovným plynom a kvapalinou. Ak je prúd plynu smerovaný v príslušnej komore nahor, potom je väčšina rozstrekovaných kvapôčok unášaná v danom čase nahor do separátora. V spodnom plynovom priestore bude ešte veľké množstvo kvapôčok, ktoré sa vytvorili predchádzajúcim vstrekováním. Ak prúd smeruje dole, väčšina kvapaliny, ktorá sa oddelila na zvlnených doskách, bude stekať dole do komory. Tak sa predpokladá, že separátory budú opakovane zhromažďovať a potom vydávať kvapalinu, ktorá je na ňu nanášaná. Separátory môžu byť navyše alebo v alternatívnom príklade vyhotovené upravené na vyvolávanie vírenia pracovného plynu, aby sa uľahčilo oddeľovanie kvapôčok kvapaliny pri súčasnom minimalizovaní tlakových strát v prúde plynu.

Separátory majú zaistiť potrebnú zmenu teploty pracovného plynu z horúceho plynu na studený a naopak termodynamicky

účinným procesom. Regenerátory môžu obsahovať sústavu úzkych kanálikov s rôznymi tvarmi svojho priečného prierezu, upravených na vytvorenie veľkých prenosových plôch na prenos tepla medzi plynom a materiálom regenerátora. Úzke kanáliky môžu byť vytvorené napríklad pomocou dosiek alebo rúročiek. Regenerátory uchovávajú teplo získavané z pracovného plynu, pokiaľ pracovný plyn v nich obracia smer svojho prúdenia, pričom v ďalšej fáze sa teplo vracia do pracovného plynu. Regenerátory by mali byť taktiež navrhnuté tak, aby sa čo najviac znížil pokles tlaku pozdĺž ich dĺžky.

Výber pracovného plynu a kvapaliny prenášajúcej teplo v kvapalinovom pieste je závislý na oblasti použitia motora a na rozsahu teplôt, ktorý motor potrebuje na svoju činnosť. Pretože motor pracuje v uzavretom cykle a kvapalinový piest tvorí dokonalé tesnenie, nie je voľba pracovného plynu obmedzená nutne dostupnosťou a cenou a môže byť vyberaná podľa svojich termodynamických vlastností. Pracovným plynom tak môže byť napríklad hélium alebo vodík, ktoré majú vynikajúce charakteristiky prenosu tepla. Prednostne môže byť volené hélium pred vodíkom najmä z bezpečnostných dôvodov, i keď je tento plyn drahší ako vodík. Inou výhodou motorov s uzavretým cyklom je skutočnosť, že prevádzkové tlaky pracovného plynu môžu byť pomerne vysoké a môžu sa pohybovať v rozsahu od 1 MPa do 20 MPa.

Pri prevádzkových teplotách vyšších ako asi 200° C môže byť ako látka prenášajúca teplo použitá voda. Pri vyšších teplotách by však voda nebola vhodnou látkou, pretože by bolo nutné použiť vysoké tlaky, aby sa voda udržala v kvapalnom stave. Pre prevádzkové teploty do asi 400° C je možné použiť komerčné tekutiny na prenos tepla, ktoré sú tekuté taktiež pri nízkych teplotách. Je pravdepodobné, že pre tento rozsah vyšších pracovných teplôt bude ako pracovná tekutina opäť vybraté hélium. Pre prevádzkové teploty vyššie ako 400° C je možné ako pracovný plyn použiť kvapalné kovy, napríklad eutektické zmesi sodíka a draslíka (NaK), spoločne s héliom. Eutektická zmes NaK zostáva kvapalná až do teploty -12° C a jej bod varu je 785° C pri atmosferickom tlaku. Roztavené soli tvoria možné

alternatívy kvapalných kovov pre vyššie teploty. Kvôli možným technickým problémom, spojeným s konštrukčným návrhom motorov vhodných na použitie s horúcimi kvapalinami, ktoré majú teplotu vyššiu ako 400°C , môže byť výhodnejšie nepoužívať príliš horúce kvapaliny. Teplo môže byť prevádzané do motora miesto kvapalinou stenami tepelného výmenníka, čo umožňuje pohon motora zo zdrojov tepla, ktoré majú oveľa vyššiu teplotu, vrátane spaľovania paliva. Palivom môže byť v tomto prípade ťažký vykurovací olej, uhlie, biomasa alebo domáci odpad, pretože produkty spaľovania sa nedostávajú dovnútra motora. Z tohto dôvodu je konštrukčné vytvorenie tepelného motora, ktoré využíva vstrekovanie horúcej kvapaliny, veľmi vhodné na generovanie energie zo zdrojov tepla, majúcich pomerne nízku teplotu, napríklad z priemyselného odpadového tepla alebo zo slnečnej energie.

Tepelný motor s uzavretým cyklom môže byť modifikovaný tak, že pracuje ako tepelné čerpadlo, v ktorom je mechanická energia využívaná na čerpanie tepla zo zdroja s nízkou teplotou do vysokoteplotného kondenzátora. V tomto prípade dochádza na rozdiel od tepelného motora ku kompresii pracovného plynu, keď je tento plyn horúci a expanzia prebieha, ak je pracovný plyn studený. Jedno z príkladných vyhotovení tepelného čerpadla môže byť opísané na príklade znázornenom na obr. 1. V tomto príkladnom vyhotovení je mechanická energia, potrebná na pohon tepelného čerpadla, dodávaná pevným piestom 49, 51 prostredníctvom hnacích hriadeľov 53, 55. Na rozdiel od tepelného motora vedie kvapalinový piest v kompresnej komore piest v priradenej expanznej komore vo vopred určenom fázovom uhle, napríklad v uhle 90° , miesto opačného vyhotovenia. V príkladnom konštrukčnom vyhotovení tepelného čerpadla podľa obr. 1 sú v komorách 9, 11 využívané rozstrekovače 29, 31 na prenos tepla zo zdroja tepla s nízkou teplotou do tepelného čerpadla. Chladná kvapalina sa vstrekuje v priebehu expanzie pracovného plynu v komorách do komôr 9, 11, pričom expanzia je podporovaná kvapalinovými piestami. V priebehu tejto expanzie sa prevádza teplo z rozstrekovanej kvapaliny do pracovného plynu a expanzný proces môže byť približne izotermický. Akonáhle je teplo odobrané kvapôčkam rozstrekovanej kvapaliny, zlúčia sa

ochladené kvapôčky s kvapalinou kvapalinového piestu, ktorého teplota sa v dôsledku toho zníži. Chladná kvapalina z kvapalinového piestu sa prevádza do vhodného neznázorneného výmenníka tepla, v ktorom sa zo zdroja tepla dodá kvapaline potrebné množstvo tepla. Zdrojom tepla pre chladnú kvapalinu môže byť napríklad atmosferický vzduch, pôda, voda v rieke, v mori, alebo inom vodnom zdroji. Inou možnosťou na získavanie tepla z tepelného zdroja je využitie odsávaného výstupného vzduchu klimatizačných zariadení. Zdrojom tepla môže byť taktiež odpadová voda z kúpeľní a podobných zariadení. Toto riešenie predstavuje obrátenie činnosti výmenníka tepla v tepelnom motore, v ktorom výmenníky tepla prevádzajú teplo z kvapaliny do zásobníka s nízkou teplotou obsahu.

Rozstrekovače 33, 35 kvapaliny v komorách 17, 19 rozstrekujú horúcu kvapalinu do komôr v priebehu kompresie pracovného plynu, ktorá je vyvodzovaná kvapalinovým piestom. Rozstrekovanie horúcej kvapaliny má zaistiť pohlcovanie tepla v pracovnom plyne, ktorý absorbuje teplo produkované prácou pri stláčaní. Po kompresii dochádza k odovzdávaniu tepla medzi kvapôčkami kvapaliny, ktoré sa pri rozstrekovaní zohriali, a kvapalinovým piestom, ktorého teplota sa tým zvyšuje. Horúca kvapalina z kvapalinového piestu sa prevádza do neznázorneného vhodného výmenníka tepla, v ktorom sa teplo prevádza z kvapaliny do miesta jeho využitia. Tento priebeh je opakom činnosti výmenníka tepla v tepelnom motore, v ktorom výmenník tepla prevádza teplo zo zdroja tepla do kvapaliny. Teplo môže byť dodávané napríklad horúcovodným systémom, podobným systému používanému na dodávanie horúcej vody v mnohých domácnostiach. V alternatívnom vyhotovení môže byť teplo dodávané vzduchovým potrubným systémom.

Jeden cyklus tepelného čerpadla vo vzťahu k jednej z komôr 9 a k jednej z priradených komôr 19 prebieha nasledovne, začínajúc od hornej úvrate kvapalinového piestu v horúcej komore 19, v ktorej sa kvapalinový piest začína pohybovať v opačnom smere.

Akonáhle dosiahne kvapalinový piest svoju hornú úvrat

v horúcej komore 19, dosiahne kvapalinový piest v studenej komore 9 stredný bod svojho zdvihu a pohybuje sa von zo studenej komory 9. Pri pokračujúcom pohybe kvapalinového piestu von zo studenej komory 9 dochádza k expanzii chladného plynu a súčasne je do tejto studenej komory 9 vstrekovávaná chladná kvapalina pomocou prvého rozstrekovača 29. Pracovný plyn v komore 9 absorbuje teplo z rozstrekovanej kvapaliny a plyn expanduje približne izotermicky. Ak dosiahne kvapalinový piest v studenej komore 9 spodnú úvrat' svojho zdvihu a obráti smer svojho pohybu, príde kvapalinový piest v horúcej komore 19 do stredného bodu svojho zdvihu a pohybuje sa von z komory, pričom chladný pracovný plyn je vytláčaný z komory a prechádza regenerátorom, v ktorom je predhriaty teplom z pracovného plynu, ktorý opúšťa horúcu komoru na konci predchádzajúceho cyklu a ktorý vstupuje do horúcej komory 19. Ak dosiahne kvapalinový piest v horúcej komore 19 spodnú úvrat' svojho zdvihu a obracia smer svojho pohybu, je do horúcej komory 19 vstrekovávaná horúca kvapalina z dýz rozstrekovača 35. V tomto bode dosiahne kvapalinový piest v komore 9 svoju strednú polohu uprostred dĺžky svojho zdvihu a väčšina pracovného plynu je v horúcej komore 19. Kvapalinový piest v komore 19 sa pohybuje smerom hore do komory a stláča pracovný plyn. Teplo vznikajúce pri kompresii sa prevádza do kvapôčok kvapaliny v horúcej sprche, pričom kompresný proces môže byť približne izotermický. Akonáhle dosiahne kvapalinový piest v komore 19 stredný bod svojho zdvihu, dostane sa kvapalinový piest v chladnej komore 9 do hornej úvrate svojho zdvihu a začne sa pohybovať v opačnom smere. Pri pokračujúcom pohybe kvapalinového piestu do komory 19 je pracovný plyn vytlačovaný z komory a je pretlačovaný regenerátorom 25, ktorému odovzdáva svoje teplo. Chladný plyn opúšťajúci regenerátor 25 sa vracia do studenej komory, kde začína opäť nový cyklus.

Ak sa piest studenej komory 9 pohybuje do komory a vytláča plyn von, zvyšuje sa tlak plynu, čo vedie k zvyšovaniu teploty plynu. V priebehu stláčania plynu môže byť do studenej komory rozstrekovaná kvapalina, aby sa zamedzilo nadmernému ohrievaniu plynu a najmä aby sa teplota udržiavala na konštantnej hodnote. Ak je použitý kvapalinový piest, môže byť kvapa-

lina určená na rozstrekovanie odoberaná výhodne priamo z kvapalinového piestu. Podobne, ak sa piest v horúcej komore pohybuje von z komory a nasáva plyn do jej vnútorného priestoru, klesá tlak plynu a tým má plyn tendenciu znižovať svoju teplotu. Aby sa tomu zamedzilo, je možné rozstrekovať do horúcej komory v priebehu expanzie plynu kvapalinu, aby sa tak udržiavala teplota plynu na konštantnej hodnote. Ak je použitý kvapalinový piest, môže byť kvapalina na rozstrekovanie v sprche výhodne získavaná priamym odberom z kvapalinového piestu.

Podobne ako v tepelnom motore môžu byť aj v tepelnom čerpadle použité dve sedlové slučky, opísané v predchádzajúcej časti, ktoré sú voči sebe fázovo presadené o 90° . Pracovným plynom je výhodne plyn, ktorý neprechádza fázovou premenou, to znamená kondenzáciou alebo vyparovaním, v rozsahu prevádzkových teplôt a tlakov používaných pri tepelných čerpadlách. Pracovným plynom môže byť napríklad podobne ako pri tepelných motoroch hélium alebo vodík. Kvapalinou zabezpečujúcou prenos tepla môže byť voda, ku ktorej môže byť pridaná nemrznúca zmes, ak môže mať zdroj studenej kvapaliny nízku teplotu. Ak je používaný ako zdroj tepla vzduch, tak môže byť nutné pravidelné odmrázovanie výmenníka tepla.

Tepelné čerpadlo môže byť využívané napríklad v domácnostiach alebo v priemyselných aplikáciách na klimatizáciu, chladenie, vykurovanie vnútorných priestorov alebo ohrev vody. Účinnosť tepelného čerpadla je spravidla vyjadrovaná koeficientom výkonu (COP), ktorý je obráteným pomerom elektrickej energie potrebnej na ohrev. Koeficient výkonu taktiež závisí na teplotách tepelných zdrojov a na požadovanom prívode tepla. Na ohrev vody na vykurovanie vnútorných priestorov budovy alebo na podobné využitie v domácnostiach môže byť konvenčné tepelné čerpadlo schopné dosiahnuť koeficient výkonu COP okolo 3. Cyklus tepelného čerpadla, opísaného v predchádzajúcej časti, predpokladá dosiahnutie koeficientu výkonu pri využití v domácnostiach okolo 3,5, ak má zdroj tepla teplotu tesne nad bodom mrazu. Dosiahnuteľný koeficient výkonu by mal byť okolo 4, ak je teplota zdroja tepla zvýšená napríklad použitím solárneho panelu alebo rekuperáciou tepla z odpadových vôd v do-

mácnosti. V alternatívnom vyhotovení môže tepelné čerpadlo, opísané v predchádzajúcej časti, odoberať teplo z atmosféry aj pri teplotách tesne nad bodom mrazu, aby tak vytváral v potrubí vykurovacieho systému teplý vzduch na vykurovanie priestoru pri koeficiente výkonu okolo 4. Koeficient výkonu môže byť zvýšený nad hodnotu 4, ak je teplo získavané z odpadových vôd, z použitého klimatizačného vzduchu alebo zo solárnych vykurovacích systémov.

Pri ďalších príkladných vyhotoveniach tepelného motora môže byť na dodávanie tepla pracovnému plynu využité spaľovanie paliva. Horľavé palivo je v tomto príkladnom vyhotovení injektované do expanznej komory, v ktorej sa zmiešava s horúcim vzduchom a zapáli sa. Palivom je najmä čisté palivo, napríklad plyn alebo ľahký destilačný olej. Príkladné vyhotovenie tejto konštrukčnej alternatívy tepelného motora je schematicky zobrazené na obr. 2. Rad znakov tohto príkladného vyhotovenia z obr. 2 je podobných príkladnému vyhotoveniu z obr. 1 a preto sú obdobné súčiastky označené rovnakými vzťahovými značkami.

Tepelný motor zobrazený na obr. 2 obsahuje dvojicu rúrok 1, 3 tvaru U, z ktorých každá je čiastočne naplnená kvapalinou, pričom tieto náplne kvapaliny slúžia ako kvapalinový piest. V ramenách 13, 15 jednej z rúrok 1 tvaru U sú vytvorené kompresné komory 9, 11 a spaľovacie komory 17, 19 sú vytvorené v ramenách 21, 23 druhej rúrky 3 tvaru U. Jedna z kompresných komôr 11 je upravená na prepojenie s jednou zo spaľovacích komôr 17 cez výmenník tepla, ktorým je najmä regenerátor 27, a druhá z kompresných komôr 9 je upravená na spojenie s druhou spaľovacou komorou 19 prostredníctvom iného výmenníka tepla, ktorým môže byť taktiež regenerátor 25. Kompresné komory 9, 11 majú vstupné ventily na prívod plynu, napríklad vzduchu alebo iného oxidačného plynu do komôr, ktoré môžu byť napríklad spätnými ventilmi. Každá kompresná komora 9, 11 má rozstrekovače 29, 31 kvapaliny, pričom rozstrekovaná kvapalina je odoberaná rovnako ako v predchádzajúcom príklade z kvapalinového piestu. Ďalší ventil 61, 63 je umiestnený medzi kompresnou komorou 9, 11 a regenerátorom 25, 27, aby sa zamedzilo

návratu spalín zo spaľovacích komôr 19, 17 cez regenerátor 25, 27 do kompresnej komory 9, 11. Medzi ďalším ventilom 61, 63 a regenerátorom 25, 27 je umiestnený výfukový otvor 65, 67, ktorého otváranie a zatváranie je ovládané výfukovým ventilom 69, 71, aby bolo možné odvádzať výfukové plyny po priechode regenerátorom 25, 27 a odovzdanie tepla regenerátorom 25, 27. Vstupný otvor 73, 75 na prívod paliva je umiestnený na každej spaľovacej komore 17, 19 a umožňuje tak prívod paliva do spaľovacej komory 17, 19. Každý výfukový ventil 69, 71 je ovládaný vhodným neznázorneným časovým mechanizmom.

Jeden pracovný cyklus prebieha v jednej kompresnej komore a k nej priradenej spaľovacej komore nasledovne. Ak hladina kvapaliny v kompresnej komore poklesne do bodu, v ktorom klesne aj vnútorný tlak na nižšiu hodnotu ako je na druhej strane spätného vstupného ventilu 57, otvorí sa tento vstupný ventil 57 a oxidačný plyn môže byť nasávaný dovnútra. Ak je zdrojom vzduchu atmosferický vzduch, otvorí sa vstupný ventil 57, ak je tlak vo vnútri kompresnej komory menší ako atmosferický tlak. Akonáhle piest v kompresnej komore dosiahne stredný bod svojho zdvihu a klesne pod neho, dosiahne piest v spaľovacej komore 19 najnižší bod svojho zdvihu a začne sa vracat' v opačnom smere. Výfukový ventil 65 sa potom otvorí a pri pohybe piestu do spaľovacej komory sú splodiny spaľovania vytláčané regenerátorom, ktorému odovzdávajú v priebehu tohto procesu svoje teplo. Spätný ventil 61 zamedzuje vstupu spalín do kompresnej komory 9.

Ak piest v spaľovacej komore dosiahne stredný bod svojho zdvihu a prejde zaň, dosiahne kompresný piest spodný bod svojho zdvihu a obracia svoj pohyb do opačného smeru. Ak kompresný piest dosiahne svoju spodnú úvrat' a začne sa pohybovať smerom nahor, vstupný ventil sa uzavrie, takže nasatý oxidačný plyn môže byť stláčaný. Rozstrekovaná kvapalina udržiava plyn tesne nad hodnotou okolitej teploty a tým zaistuje približne izotermickú kompresiu. V priebehu kompresie je piest medzi svojou spodnou úvratou a stredným bodom svojho zdvihu, zatiaľ čo expanzný piest pokračuje vo svojom pohybe do expanznej komory 19 a vytláča horúce spaliny výfukovým otvorom 65 cez regenerá-

tor 25. Ak tlak v kompresnej komore prekročí hodnotou tlaku v spaľovacej komore, spätný ventil 61 spájajúci obidve komory sa otvorí a studený stlačený plyn prechádza regenerátorom a odoberá z neho teplo, takže má na vstupe do spaľovacej komory vysokú teplotu. Piest v spaľovacej komore otáča smer svojho pohybu a pohybuje sa smerom von zo spaľovacej komory, zatiaľ čo kompresný piest dosahuje hornú úvrat' svojho zdvihu v kompresnej komore. Tesne predtým, ako kvapalinový piest dosiahne hornú úvrat' svojho zdvihu v kompresnej komore a krátko predtým ako piest v spaľovacej komore dosiahne stredný bod svojho zdvihu je do spaľovacej komory 19 injektované palivo, ktoré sa zapáli buď spontánne alebo pomocou zapaľovacieho plamienka alebo neznázornenej zapaľovacej sviečky. V určitom bode dráhy pokračujúceho pohybu piestu von zo spaľovacej komory sa prívod paliva vypne. Rýchlosť prívodu paliva môže byť regulovaná, aby sa dosiahla približne izotermická expanzia. Kompresný piest sa potom uvedie do pohybu v opačnom smere a pri tomto posuve sa nasáva čerstvý privádzaný plyn do komory a keď sa piest v spaľovacej komore priblíži k spodnej úvrati svojho zdvihu otvorí sa výfukový ventil 69 vo výfukovom otvore 65 a celý cyklus sa opakuje.

Aby sa nemusel použiť zotrvačník, môže byť tepelný motor vybavený dvoma sedlovými slučkami, ktoré sú vo svojich činnostiach vzájomne fázovo posunuté o 90° . Pre motor s uzavretým pracovným cyklom je možné použiť mechanický hnací systém. Kvapalina tvoriaca kvapalinový piest v potrubíach, ktoré obsahujú spaľovacie komory a kompresné komory, môže byť olej, voda alebo aj iná kvapalina. Kvapaliny v oboch rúrkach nemusia byť nevyhnutne rovnaké. Plaváky 22, 24, ktoré sú vytvorené z pevného materiálu plávajúceho na hladine kvapalinového piestu v každej spaľovacej komore, môžu byť upravené na obmedzenie kontaktu spalín s kvapalinou. Toto zariadenie môže byť taktiež vybavené niektorými zariadeniami na chladenie stien spaľovacej komory.

Ako motor s uzavretým cyklom, tak aj motor s otvoreným cyklom, opísané v predchádzajúcej časti opisu, produkujú pracovný výkon, ktorý umožňuje pôsobiť značne veľkými vratnými silami s nízkou frekvenciou, napríklad s frekvenciou okolo

1 Hz. Ak sú tieto motory využívané na výrobu elektrickej energie, je potrebné tieto motory vybaviť zariadeniami, ktoré sú schopné premeniť mechanickú energiu s nízkou rýchlosťou posuvu na vhodnú formu na pohon elektrického generátora. Pre malé výrobné energetické jednotky s generovaným výkonom do asi 1 MW by bolo možné využiť pomaly sa otáčajúci kľukový hriadeľ, spojený prostredníctvom vhodného prevodového ústrojenstva s generátorom elektrickej energie. V alternatívnom vyhotovení je možné využiť hypocyklický prevodový mechanizmus alebo slimákový pohon. V prípade použitia hypocyklického prevodového ústrojenstva je hnací hriadeľ motora spojený s planétovým kolesom, ktoré má na svojom vonkajšom obvode ozubenie. Planétové koleso sa odvaľuje okolo vnútorného obvodu pevne uloženého kolesa, ktoré má zuby na vnútornej strane svojej obvodovej plochy. Planétové koleso je osadené na ramene, ktoré sa pri odvaľovaní planétového kolesa otáča okolo vnútornej strany pevného ozubeného kolesa. Otáčajúce sa rameno poháňa generátor prostredníctvom prevodového mechanizmu na prevod do rýchla. Tým sa dosiahne rovnaký druh pohybu ako pri použití kľukového hriadeľa, avšak s dosiahnutím výhody spočívajúcej v odstránení veľkých bočných tlakov, ktoré sa nutne objavujú pri kľukovom hriadeľi. Riešenie podľa vynálezu umožňuje tiež vytvoriť hypocyklické prevodové ústrojenstvo, ktoré je omnoho kompaktnejšie ako konvenčné kľukové hriadele. V alternatívnom vyhotovení by mohol byť motor upravený na čerpanie hydraulického kvapaliny do turbín napojených na generátor. Táto technika by bola vhodná ako pre veľké, tak tiež pre malé energetické jednotky.

V inom výhodnejšom príkladnom vyhotovení vynálezu môže byť kvapalinový piest nahradený pevným piestom. I keď je možné použiť pevné piesty v motoroch s uzavretým cyklom, v ktorých pracovný plyn prechádza dozadu a dopredu medzi expanznou komorou a kompresnou komorou, môže pôsobiť ťažkosťi odpovedajúce utesneniu uzavretého objemu tlakového plynu, udržiavaného v systéme pod vysokým tlakom a tvoreného héliom alebo vodíkom. Tesnenie je menej kritickým detailom motorov s otvoreným pracovným cyklom, pri ktorých sa v každom cykle privádza čerstvý vzduch alebo iný oxidačný plyn a v dôsledku toho by mohlo byť použitie pevných piestov menej vhodným riešením pre tento prí-

pad. Jedno z takýchto možných príkladných vyhotovení tepelného motora je zobrazené na obr. 3.

Na obr. 3 je zobrazené ďalšie príkladné vyhotovenie motora 100, ktorý má štyri valce 113, 115, 121, 123. V každom valci je uložený piest a každý piest je spojený s kľukovým hriadeľom 169 ojnícou 171. V tomto príkladnom vyhotovení je motor 100 orientovaný tak, že ojnice sú nad valcami. Vo dvoch valcoch 113, 115 sú vytvorené kompresné komory 109, 111, zatiaľ čo v ostatných dvoch valcoch 121, 123 sú vytvorené expanzné komory 117, 119. Každá z expanzných komôr má vstupný otvor 156, 158 na prívod plynu, ovládaný vstupnými ventilmi 157, 159, a výfukový otvor 173, 175 na odvádzanie stlačeného plynu. Prívodné potrubie 177, 179 na prívod plynu spája kompresnú komoru 109, 111 s príslušnou expanznou komorou 119, 117 cez vstupné otvory 181, 183, z ktorých každý je ovládaný vstupným ventilom 185, 187 na ovládanie vstupu plynu do expanznej komory 119, 117. Každá expanzná komora 117, 119 má výfukový otvor 167, 165 na výfukové plyny, ktorých odvádzanie je ovládané výfukovými ventilmi 193, 191. Všetky vstupné a výstupné otvory sú situované do blízkosti spodného konca expanzných a kompresných komôr.

Do každej kompresnej komory 109, 111 sú vyústené vstreko-
vacie ventily 129, 131 na vstrekovanie kvapalinovej sprchy do
každej kompresnej komory 109, 111 v priebehu kompresie. Vo
vnútri každej kompresnej komory 109, 111 je tiež umiestnený
separátor 137, 139, ktorý má odstraňovať kvapalinu zo stláča-
ného plynu ešte pred tým, ako plyn opustí kompresnú komoru.
Separátor 137, 139 je umiestnený vždy nad výfukovým otvorom
173, 175 na vyfukovanie stlačeného plynu. V tomto príkladnom
vyhotovení motora 100 môžu byť využité rôzne separátory,
základnou požiadavkou však je, aby tento separátor bol čo naj-
menší a najkompaktnejší, a aby v ňom nedochádzalo k veľkým
poklesom tlaku v plyne vstupujúcom do komory alebo v stlačennom
plyne opúšťajúcom komoru. Aby separátor nespôsobil pokles
tlaku v prúde nasávaného a vstupujúceho plynu, môže byť vstup-
ný otvor na prívod plynu umiestnený na strane separátora,
privrátenej k piestu. Aby sa dosiahli malé tlakové straty,

môže mať separátor skupinu malých vírivých lopatiek upevnených na krátkom úseku rúrky a uložených v krátkom diele rúrky, majúcom spoločnú os. Takto vyvolané vírenie plynu spôsobuje odhadzovanie vstupujúcich kvapôčok kvapaliny smerom von a ich zhromažďovanie na stene rúrky. Separátory s lopatkami vyvolávajúcimi vírenie sú často používané v generátoroch alebo vyvíjačoch pary a prihrievačoch pary tlakových vodných reaktorov.

Každý separátor 137, 139 je spojený potrubím 201, 203 s vonkajším chladičom 197, 199. Prúd kvapaliny privádzaný zo separátora do chladiča je riadený pomocou ventilov 205, 207, ktoré môžu byť tvorené spätnými ventilmi. Ochladená kvapalina sa vracia z kompresnej komory potrubím 209, 211, ukončeným ventilmi 129, 131, ktoré môžu byť spätnými ventilmi. Prúd kvapaliny týmto okruhom môže byť poháňaný cyklickými zmenami tlaku v kompresnej komore, ktorými je kvapalina pretláčaná spätnými ventilmi v požadovanom smere. Nad hladinou kvapaliny v chladiči je treba udržiavať priestor pre plyn, aby sa umožnil priebeh opísaného procesu. To je možné zabezpečiť vybavením chladiča kontrolným ústrojenstvom na sledovanie hladiny kvapaliny, napríklad guľovým ventilom, osadeným vo vonkajšom chladiči. Do vonkajšieho chladiča môže byť vyústený samostatný prívod kvapaliny, aby bolo možné nahrádzať úbytky kvapaliny, ktorá sa stráca v prúde plynu privádzaného do spaľovacej komory. Nahrádzovanie kvapaliny môže byť riadené pomocou snímača sledujúceho výšku hladiny, pokiaľ je tento snímač použitý.

Separátor a chladiaci obvod, opísaný v predchádzajúcej časti opisu, zabezpečuje oddeľovanie kvapôčok kvapaliny od plynu, recirkuláciu a čerpanie ochladenej kvapaliny vo forme sprchy jemných kvapôčok do kompresnej komory bez použitia vonkajšieho čerpadla. Podobné usporiadanie môže byť využité v tepelných motoroch s kvapalinovými piestami. Pre niektoré aplikácie môže byť vhodné, ak sa oproti prúdu vstrekovanej kvapaliny nebudú používať spätné ventily, ale ak je vstrekovanie riadené napríklad pomocou vačky, ktorá je schopná lepšie ovládať načasovanie rozstrekovania kvapalín. Načasovanie je najmä optimalizované s ohľadom na rozdiel tlakov medzi chladičom a kompresnou komorou a celkovú dobu trvania pohybu kvapôčok vo

vnútri komory. V alternatívnom príkladnom vyhotovení môžu byť použité vnútorné alebo vonkajšie čerpadlá na pohon prúdu kvapaliny rozstrekovacími injektormi. V tomto prípade sú čerpadlá najmä mechanicky spriahnuté s piestnicami, takže samostatné zdroje energie už nie sú potrebné. Rozstrekovacie čerpadlá sa ukazujú byť vhodnejšími na využitie v spojení s motormi alebo tepelnými čerpadlami, v ktorých je použitý kvapalinový piest, pretože tieto zariadenia majú nižšiu pracovnú rýchlosť. V týchto prípadoch môže byť doba dopravy kvapôčok kratšia v porovnaní s dobou potrebnou na dokončenie jedného cyklu motora.

Každá expanzná komora 119, 117 obsahuje regeneračný výmenník 125, 127 tepla, ktorý je vyhotovený tak, že plyn prechádza týmto výmenníkom 125, 127 tepla pred vstupom do expanznej komory vstupným otvorom alebo pred výstupom plynu z expanznej komory výstupným otvorom. Každá expanzná komora má palivový vstrekovací ventil 174, 176, ovládaný vhodným časovacím ústrojenstvom a zapaľovaciu sviečku 178 na zapaľovanie zmesi paliva a plynu, ktorá môže byť využívaná na štartovanie motora alebo ako na naštartovanie motora tak i na udržiavanie jeho chodu.

Regeneračný výmenník tepla môže pozostávať z veľkého počtu paralelných kanálikov s malým priemerom a krátkou dĺžkou a pripomínajú svojím tvarom voštinovú konštrukciu. Výmenník tepla je uložený vo vnútri spaľovacej komory, aby sa zjednodušil konštrukčný návrh a obmedzil nevyužitý objem plynu na minimum, avšak na niektoré príkladné vyhotovenia je výhodnejšie použitie samostatného regenerátora.

Komory sú usporiadané do dvojíc a každá z týchto dvojíc komôr obsahuje jednu kompresnú komoru, ktorou sa privádza studený stlačený plyn do jednej expanznej komory. Pracovný cyklus dvojíc komôr sa od seba odlišuje uhlom 180° . V tomto príkladnom vyhotovení sa toto vzájomné presadenie dosahuje vhodným konštrukčným návrhom kľukového hriadeľa 169. V každej dvojici predbieha expanzný proces v expanznej komore kompresný proces v kompresnej komore o vopred stanovený fázový uhol, ktorý je

v tomto príkladnom vyhotovení najmä 90° . Fázový uhol je tak-
tiež v tomto prípade pevne nastavený konštrukčným vytvorením
kľukového hriadeľa 169. Pri tomto konštrukčnom vyhotovení
dochádza ku kompresii vo chvíli, kedy sa do kompresnej komory
dostala väčšina plynu a k expanzii dochádza po premiestnení
prevažnej časti objemu plynu do expanznej komory. Tiež v tomto
prípade poháňa expanzný proces, prebiehajúci v expanznej komo-
re jednej dvojice komôr, priamo kompresný proces, prebiehajúci
v kompresnej komore druhej dvojice komôr.

Pracovný cyklus jednej dvojice komôr prebieha nasledovne,
počínajúc od prívodu plynu do kompresnej komory: Akonáhle do-
siahne kompresný piest spodnú úvrat' svojho zdvihu v kompresnej
komore, to znamená najvzdialenejší bod od kľukového hriadeľa
169, otvorí sa vstupný otvor 157 na vstup plynu, plyn sa nasá-
va do kompresnej komory 109 v dôsledku vysúvania piestu z tej-
to kompresnej komory 109. Súčasne sa uzavrie v expanznej komo-
re 119 vstupný otvor 181 na stlačený plyn a do expanznej komo-
ry 119 sa začne vstrekovat' palivo v okamihu, kedy expanzný
piest dosiahne svoj stredový zdvih a pohybuje sa von z expan-
znej komory. Zmes paliva a vzduchu v expanznej komore sa zapá-
li a splodiny horenia expandujú a tým poháňajú expanzný piest
k hornému bodu jeho zdvihu, to znamená do miesta, ktoré sa
nachádza najbližšie ku kľukovému hriadeľu 169.

Expanzný piest potom zmení smer svojho pohybu a výfukový
ventil 193 sa otvorí, výfukové plyny môžu prechádzať regenerá-
torom 125 a sú vypúšťané výfukovým otvorom 189. Plyn pokračuje
vo svojom nasávaní do kompresnej komory, pokiaľ kompresný
piest nedosiahne horný bod svojho zdvihu, kedy sa vstupný ven-
til 157 na vstup plynu uzavrie. Kompresný piest zmení smer
svojho pohybu a začne sa pohybovať dovnútra kompresnej komory,
do ktorej sa od určitého okamihu začne rozstrekovať chladná
kvapalina, ktorá ochladzuje plyn v priebehu jeho stláčania.

Akonáhle dosiahne kompresný piest stredný bod svojho
zdvihu, dostane sa expanzný piest do spodnej úvrate svojho
zdvihu v expanznej komore a prechádza do opačného smeru pohy-
bu. V tomto okamihu sa výfukový ventil 191 uzavrie a vstupný

ventil 185 na stlačený plyn sa otvorí a umožní sa prívod chladného stlačeného plynu z kompresnej komory do expanznej komory. Stlačený plyn prechádza regenerátorom 125, v ktorom je predhriaty teplom získaným z výfukových plynov.

Keď dosiahne kompresný piest v kompresnej komore spodnú úvrať svojho zdvihu, uzavrie sa vstupný otvor 181 na prívod stlačeného plynu do expanznej komory 119 a do tejto expanznej komory 119 sa začne vstrekovat' palivo, ktoré sa zmiešava s predhriatym stlačeným plynom a zapáli sa. Splodiny horenia expandujú a tlačia expanzný piest nahor k hornej úvrati jeho zdvihu a celý cyklus sa opakuje. Kvapalina odstraňovaná zo stlačeného plynu pred jeho výstupom z kompresnej komory je vytláčaná z kompresnej komory ventilom 205. Kvapalina je pred svojím vrátením a vstrekováním do kompresnej komory ochladzovaná vo vonkajšom chladiči 197.

V ďalšej dvojici komôr prebieha podobný cyklus, avšak ako bolo uvedené v predchádzajúcej časti, pracovné cykly v oboch dvojiciach komôr sú voči sebe fázovo posunuté o 180° . Taký motor by mohol bežať uspokojuivo, ak by jeho pohyb bol v priebehu jedného pracovného cyklu podporovaný veľkým zotrvačnikom. Motor však môže obsahovať dve sady štyroch valcov, spojených s jediným kľukovým hriadeľom, kde je činnosť každej skupiny štyroch valcov presadená oproti činnosti ďalšej skupiny o fázový uhol 90° . Tým je umožnený pozitívny pohon motora vo všetkých fázach pracovného cyklu, čo má ten dôsledok, že na zabezpečenie plynulého chodu motora nie je nutné použiť zotrvačník.

Okrem toho je možné navrhnuť taký motor, ktorý obsahuje jednu kompresnú komoru a jednu expanznú komoru, ak sú k dispozícii prostriedky na zabezpečenie chodu motora v priebehu celého jedného pracovného cyklu medzi expanzným zdvihom a kompresným zdvihom.

Usporiadanie motora s pevným piestom môže byť také, aké je zobrazené na obr. 3, to znamená s kľukovým hriadeľom 169 nad valcami. To má výhodu spočívajúcu v tom, že oddeľovanie a odstraňovanie kvapôčok kvapaliny z valca je podporované zem-

skou gravitáciou. Na druhej strane je nevýhodou tohto zariadenia obťažnejšie mazanie kľukového hriadeľa 169 a okrem toho sa tu môžu vyskytnúť ďalšie nevýhody tohto usporiadania. V alternatívnom vyhotovení vynálezu spočíva podstata nového usporiadania v umiestnení kľukového hriadeľa pod valcami a v úprave konštrukčného zhotovenia piestu v tom zmysle, aby piest vytlačil spotrebovanú postrekovú kvapalinu von cez ventil vedúci k expanznému piestu. Ústrojenstvo na oddeľovanie kvapaliny by potom mohlo byť v potrubí vedúcom do expanznej komory. Alternatívna metóda oddeľovania kvapaliny na vyhotovenie motora s kľukovým hriadeľom umiestneným pod valcami je upravená na piest, ktorý vytláča kvapalinu cez vnútorný prepád na hornom konci valca. Kvapalina môže byť v takomto prípade odvádzaná vlastnou váhou a týmto usporiadaním sa tiež odstraňuje potreba použiť rozmerné potrubia a vonkajší separátor.

Výhodnosť použitia pevných piestov miesto kvapalinových piestov je v tom, že by bolo možné udržiavať motor v chode pri vyšších rýchlostiach. Tým sa dosahuje vyšší výkon danej jednotky veľkosti, takže tento motor by mohol byť vhodný na využitie nielen v stabilných staniciach na výrobu energie, ale tiež na mobilné aplikácie, napr. na lodiach alebo motorových vozidlách. Tesnenie piestov nebude v tomto prípade také dobré ako keby boli použité kvapalinové piesty, avšak tesnenie nie je v motoroch s otvoreným pracovným cyklom také dôležité ako v motoroch pracujúcich v uzavretom cykle. Je možné tiež navrhnuť motor, majúci v kompresných komorách ako kvapalinové, tak i pevné piesty, napr. v kompresných komorách môžu byť kvapalinové piesty a v spaľovacích komorách pevné piesty.

Obr. 4 obsahuje ďalšie príkladné vyhotovenie tepelného motora, ktorý je podobný príkladu z obr. 3, ale ktorý má niekoľko modifikácií a úprav, ktoré majú zlepšiť celkovú činnosť motora vrátane zvýšenia účinnosti a podstatne väčšieho výkonu prejavujúceho sa pri vyššej pracovnej rýchlosti.

Tepelný motor, zobrazený na obr. 4, obsahuje dvojicu kompresných valcov 113, 115, z ktorých každý má rozstrekovacie ústrojenstvo na rozstrekovanie kvapaliny a recirkulačné ústro-

jenstvo, dvojicu expanzných alebo spaľovacích valcov 121, 123, pričom na tieto časti motora sa vzťahuje podrobnejší popis uvedený v predošlej časti pri objasňovaní príkladu na obr. 3; súčasti obsiahnuté v príklade na obr. 4, ktoré sú analogické súčastiam v príklade podľa obr. 3, sú označené rovnakými vzťahovými značkami. V ďalšej časti sú opísané tie modifikácie tepelného motora, zásluhou ktorých sa dosahuje lepšia činnosť príkladného usporiadania tepelného motora podľa obr. 4.

V tomto príkladnom vyhotovení boli separátory 137, 139 vlhkosti vybraté z vnútorného priestoru kompresných komôr 109, 111 a umiestnené na vonkajšej strane týchto kompresných komôr 109, 111 a boli zaradené do prírodných potrubí 177, 179 na prívod stlačeného vzduchu medzi výfukový otvor 173, 175 kompresných komôr a vstupné otvory 165, 167 na horúci stlačený vzduch expanzných komôr 119, 117. Umiestnením separátorov 137, 139 vlhkosti mimo kompresných komôr sa odstraňuje mŕtvy priestor vo vnútri komôr, ktorý by sa tu inak vyskytoval v priebehu kompresného intervalu a spôsoboval by nižší kompresný pomer. Tento motor je doplnený výstupnými ventilmi 204, 206 na stlačený plyn, ktoré majú oddeliť kompresné komory 109, 111 od objemu kanálikov uzavretých vo vonkajších potrubiach, vedúcich od výfukových otvorov 173, 175 kompresných komôr 109, 111 k vstupným otvorom kompresných komôr, a ktoré majú regulovať výsledný tlak stlačeného plynu v každej z kompresných komôr ešte pred odvedením plynu do príslušnej expanznej komory a tiež na reguláciu doby prietoku stlačeného plynu do expanzných komôr. Ako pridaním výstupných ventilov 204, 206, taktiež premiestnením separátorov 137, 139 vlhkosti z vnútorného priestoru kompresných komôr je umožnené dosiahnuť podstatne vyššie kompresné pomery.

Rekupačné výmenníky 125, 127 tepla, ktoré sú v príkladnom vyhotovení podľa obr. 3 vo vnútri kompresných komôr, boli nahradené vonkajšími rekupačnými výmenníkmi 244, 246 tepla, v príklade na obr. 4 na vonkajšej strane expanzných komôr. Tým sa opäť výrazne redukuje mŕtvy objem vo vnútri expanzných komôr, takže energia expanzie horúceho stlačeného vzduchu, privádzaného do expanzných komôr, nie je znehodnocovaná pri-

márnou expanziou do mŕtveho objemu výfukových plynov z predchádzajúceho pracovného cyklu, zachyteného vo vnútri rekuperačných výmenníkov tepla, a tým sa znižuje teplota plynu. Pri tomto usporiadaní je možné dosiahnuť vo vnútri expanznej komory podstatne vyššie teploty.

Rekuperáčn e výmenníky 244, 246 tepla sú v ždy spojené s príslušným prívodným potrubím 177, 179 na prívod stlačeného plynu medzi odpovedajúci separátor 137, 139 vlhkosti a vstupný otvor 181, 183 na prívod teplého stlačeného plynu do príslušných expanzných komôr a sú určené na predhrievanie chladného stlačeného plynu z kompresných komôr výfukovým plynom, op u t aj ucim expanzné komory výfukovými otvormi 165, 167. Zvýšený kompresný pomer, ktorý je možné dosiahnuť motorom podľa obr. 4 znamená, že pomer absolútnej teploty pred expanziou a po nej je taktiež zvv y en y. Teplota po expanzii sa zdá byť podobná hodnotám dosahovaným v oboch príkladných prevedeniach tepelných motorov podľa obr. 3 a 4, pretože je určená materiálom výmenníka tepla. Pretože je špičková teplota motora zobrazeného na obr. 4 v y  ia, bude tiež priemerná teplota tepla pridávaného v priebehu expanzie v y  ia. Toto zlepšenie umo n uje dosiahnuť v y  ie rozdiely tlakov a v y  ie dosiahnuteľné teploty v priebehu jedného cyklu, príčom teplo sa odvádza pri najn i  ej teplote z celého cyklu a dodáva sa pri najv y  ej teplote, čo vedie k zvýšeniu výkonu motora.

Dal ia modifikácia príkladného vyhotovenia motora podľa vynálezu je zobrazená na obr. 4, v ktorom prebieha rekuperácia odpadového alebo prebytočného tepla v rôznych častiach pracovného cyklu a premena tohto tepla na využiteľnú energiu, aby sa zvv y ila účinnosť motora. Každý zo spaľovacích valcov 123, 121 je v tomto vyhotovení obklopený chladiacim pl   tom 212, 214 na získavanie tepla odvádzaného obvodovými stenami spaľovacích komôr 121, 123. Do prívodného potrubia 177, 179 na prívod stlačeného plynu je medzi separátor 137, 139 vlhkosti a rekuperačný výmenník 244, 246 tepla zapojené obtokové potrubie 208, 210 na prívod chladného stlačeného vzduchu z kompresných komôr 109, 111 do chladiaceho pl   ta 212, 214. Obtokov e potrubie 208, 210 je pripojené k chladiacemu pl   tu 212, 214

v blízkosti jeho spodného konca, kde je teplota stien spaľovacích komôr najnižšia. Motor má dvojicu expanzných valcov 220, 222, v ktorých sú uložené príslušné piesty 224, 226, spojené taktiež ojnicami 171 s kľukovým hriadeľom 169. Každá z expanzných komôr má vstup plynu ovládaný vstupným ventilom 232, 234, a výstupným otvorom 236, 238 na odvádzanie plynu, regulovaný výstupným ventilom 240, 242. Vstupný otvor 216, 218 je spojený s bodom v blízkosti horného konca chladiaceho plášťa 212, 214, ktorého najvyššia časť obklopuje výstupný otvor a prebieha až ku hornej strane rekuperačného výmenníka 244, 246 tepla, kde sa predpokladá, že teplota je najvyššia.

Pri tomto usporiadaní je teplo unikajúce do stien spaľovacej komory v jej hornej časti zachytávané a premieňané na využiteľnú energiu usmernením časti chladného stlačeného plynu z kompresných komôr do stien spaľovacích komôr. Stlačený vzduch je podstatne účinnejší ako chladiaca látka, ako vzduch pri atmosferickom tlaku. Chladný stlačený vzduch vstupuje do chladiaceho plášťa v blízkosti jeho spodného konca, aby sa najprv ochladili steny spaľovacej komory na teplotu nižšiu ako je teplota určená druhom použitého mazacieho oleja. Stlačený plyn je hnaný nahor vo vnútri chladiaceho plášťa smerom k hornému koncu spaľovacej komory a pritom do seba absorbuje teplo a tým postupne zvyšuje svoju teplotu. Stlačený vzduch, ktorý v priebehu tohto chladiaceho procesu pohltí určité množstvo tepla, je potom využívaný na chladenie teplejších častí celého systému, napríklad hlavy valca a ventilov. Nakoniec sa horúci stlačený vzduch prerušovane odvádza z chladiaceho systému otvorením vstupného ventilu do expanznej komory, v ktorej tento stlačený plyn expanduje a pritom vytláča príslušný piest z komory, takže sa získava prídavná mechanická práca.

Pretože v praxi je tepelná kapacita výfukových plynov vyfukovaných zo spaľovacích komôr, všeobecne väčšia ako tepelná kapacita stlačeného plynu z kompresných komôr, bude vo výfukových plynoch obsiahnuté väčšie množstvo tepla ako je potrebné množstvo na predhriatie chladného stlačeného plynu v rekuperačných výmenníkoch tepla. Prebytok tepla môže byť využívaný na stláčanie väčšieho množstva plynu ako je potrebné na správ-

ny priebeh spaľovacieho procesu a na usmerňovanie tohto plynu do rekuperačných výmenníkov tepla, v ktorých je plyn predhrievaný prebytočným teplom, získavaným z výfukových plynov, a potom sa tento predhriaty stlačený plyn usmerňuje do najmenej jednej expanznej komory.

Výhodou tejto konštrukčnej obmeny je zníženie výstupnej teploty výfukových plynov a zvýšenie využitia energie obsiahnutej v palive.

V ktoromkoľvek z ďalších príkladných vyhotovení motora je možné využiť najmenej jednu expanznú komoru na spätné získavanie odpadového alebo prebytočného tepla z rôznych častí motora.

Príkladné vyhotovenie tepelného motora zobrazené na obr. 4 je v podstate súmerné podľa zvislej strednej osi A, pričom pravá polovina tepelného motora podľa tohto príkladného vyhotovenia je zrkadlovým obrazom jeho ľavej poloviny. V tomto príkladnom vyhotovení sú tri piesty naľavo od strednej osi A fázovo posunuté o 180° voči trom piestom motora umiestneným vpravo od strednej osi A, pretože sa predpokladá, že toto usporiadanie bude pôsobiť čo najmenším krútiacim momentom na kľukový hriadeľ 169. V tomto príkladnom vyhotovení sú teda piesty, uložené v spaľovacích komorách v každej polovine motora, usporiadané pomocou kľukového hriadeľa 169 tak, že vedú odpovedajúce piesty v kompresných komorách vo fázovom posune okolo 90° . Tým sa vyvodzuje na kľukový hriadeľ značný krútiaci moment v čase, kedy je tento moment najviac potrebný na dosiahnutie vysokého tlaku v kompresnej komore. Konštrukčné riešenie podľa tohto príkladného vyhotovenia má tiež tú možnú výhodu, že stlačený vzduch je nasávaný do spaľovacej komory z prírodného potrubia a výmenník tepla, ktorý je umiestnený pred prívodom plynu, je doplňovaný plynom po otvorení výstupných ventilov v kompresnej komore.

V ďalšej časti opisu bude opísaný celý pracovný cyklus tepelného motora podľa obr. 4, ktorý má na ľavej strane od strednej osi A len tri valce, pričom činnosť druhej poloviny

motora podľa príkladu z obr. 4 je fázovo posunutá o 180° voči pravej strane motora. V tomto príkladnom vyhotovení je použitý ako oxidačný plyn na spaľovanie vzduch, i keď je možné použiť aj iné druhy plynov.

Ak dosiahne piest 112 v kompresnej komore 109 svoju hornú koncovú polohu počas svojho zdvihu a začne sa pohybovať v opačnom smere, uzavrie sa výstupný ventil 204 a otvorí sa vstupný ventil 157, ktorý uvoľní možnosť nasávať atmosferický vzduch vstupnými otvormi 145 na prívod vzduchu. V okamihu, keď dosiahne kompresný piest 112 horný bod dráhy svojho zdvihu, nachádza sa piest 122 v spaľovacej komore a piest 224 v expanznej komore v stredných polohách svojich zdvihových dráh a pohybujú sa smerom dolu. Spaľovacia komora obsahuje v tomto okamihu stlačené teplé spaliny, ktoré expandujú a vytláčajú piest von z komory. Podobne obsahuje expanzná komora 228 horúci stlačený vzduch, ktorý rovnako expanduje a vytláča expanzný piest 224 von z komory. Výstupné ventily ako spaľovacej komory, taktiež expanznej komory sú uzavreté, pričom tiež vstupné otvory môžu byť uzavreté.

Ak dosiahne kompresný piest 112 stredný bod dráhy svojho pohybu, prídu piesty v spaľovacej komore a expanznej komore do spodnej úvrate svojho zdvihu a začnú sa pohybovať v opačnom smere. V tomto okamihu sa otvorí ako výfukový ventil 191 v spaľovacej komore, tak aj výstupný ventil 240 v expanznej komore. Pri pohybe piestov do príslušných komôr sú spaliny vytláčané zo spaľovacej komory výfukovým otvorom 165 a prechádzajú regeneračným výmenníkom 244 tepla von do okolitej atmosféry. Podobne je expandovaný plyn vytláčaný z expanznej komory otvorom 236 pre výstup plynu.

Ak je to požadované, je možno dosiahnuť redukciu oxidov dusíka vo výfukových plynoch vstrekaním čpavku v mieste proti prúdu plynu pred výmenníkom tepla alebo priamo do neho, poprípade umiestnením katalytického povrchu dovnútra vlastného výmenníka tepla.

Ak dosiahnu piesty 212, 224 v spaľovacej a expanznej ko-

more stredný bod svojho zdvihu, dosiahne kompresný piest 112 spodnú úvrať svojho zdvihu a obráti smer svojho pohybu. V tomto okamihu sa vstupný ventil 157 na ovládanie prívodu vzduchu uzavrie a do kompresnej komory 109 sa vstrekuje chladná kvapalina vstrekovacou dýzou na vstrekovanie kvapaliny, takže vzduch v kompresnej komore 109 je stláčaný približne izotermicky.

.. Ak spaľovací a expanzný piest dosiahnu hornú úvrať svojho zdvihu, príslušný výfukový ventil 191 a výstupný ventil 240 sa uzavrujú a im príslušné vstupné ventily 185, 232 na prívod vzduchu sa otvoria a umožnia privádzanie predhriateho stlačeného vzduchu do komôr prostredníctvom vstupných otvorov 181, 216. Vo vopred určenom okamihu sa vstupný ventil, zabezpečujúci prívod predhriateho stlačeného vzduchu do spaľovacej komory, uzavrie, a do komory sa začne vstrekovat' vstrekovacím ventilom 174 palivo. Na zapálenie paliva je možno použiť zapaľovací zdroj 178, napr. zapaľovacie sviečky, poprípade môže k zapáleniu dôjsť spontánne pri zmiešaní paliva s predhriatym stlačeným vzduchom. Piest 122 je potom vytláčaný zo spaľovacej komory 119 tlakom horúcich spalín, ktoré sa ochladia do istej miery v dôsledku vykonanej práce, prenesenej na piest 122.

Vstupný ventil 232 na ovládanie prívodu plynu do expanznej komory 228 sa vo vopred určenom bode tiež uzavrie a vzduch expanduje adiabaticky a poháňa pritom piest 224 smerom dolu a von z expanznej komory 228.

Ak sa priblíži piest 112 v kompresnej komore 109 k hornej úvrati svojho zdvihu, otvorí sa výstupný ventil 204 na ovládanie výstupu stlačeného plynu a zmes vzduchu a rozstrekovanej kvapaliny je vytlačená z kompresnej komory 109 do separátora 137 vlhkosti, v ktorom sa oddelí kvapalina od vzduchu. Separátor 137 vlhkosti je dimenzovaný nielen na oddeľovanie vzduchu od kvapaliny, ale tiež má slúžiť ako zásobník kvapaliny a akumulátor tlaku na stlačený vzduch.

Zo separátora 137 vlhkosti odteká kvapalina do vonkajšieho chladiča 197, v ktorom je teplo absorbované v priebehu

stláčacieho procesu uvoľňované do okolitej atmosféry alebo do iného tepelného zberača. Kvapalina prúdi z vonkajšieho chladiča 197 späť k vstrekovaciemu ventilu 129 na vstrekovanie kvapaliny, ktorý ovláda vstrekovanie kvapaliny v priebehu stláčacej operácie. Pretože vstrekovanie kvapaliny prebieha normálne v dobe, kedy je tlak v kompresnej komore nižší ako je jeho maximálna hodnota, malo by byť možné dosiahnuť dostatočné vstrekovanie v priebehu tohto časového intervalu. Potom sa tlak zvýši na hodnotu vstrekovacieho tlaku a prúd vstrekovanej kvapaliny sa preruší, pričom pri tomto prerušení by už malo byť v kompresnej komore dostatočné množstvo kvapôčok kvapaliny. V dôsledku toho môže piest 112 kompresnej komory 109 tvoriť ústrojenstvo na čerpanie kvapaliny okolo chladiaceho obvodu a jej vedenie vstrekovacími dýzami na vstrekovanie kvapaliny.

Chladný stlačený vzduch prúdi zo separátora 137 vlhkosti do prvého rekuperačného výmenníka 244 tepla, v ktorom je predhrievaný výfukovými plynmi z expanznej komory 119.

Ak je piest 112 v kompresnej komore 109 v hornej úvrati svojho zdvihu uzavrie sa výstupný ventil 204 na ovládanie výstupu stlačeného plynu a vzduchový vstupný ventil 157 sa otvorí a celý cyklus sa opakuje.

Fázová poloha piestov v rôznych komorách nie je príliš rozhodujúca, ak má motor dostatočne veľký zotrvačník na udržiavanie svojho pohybu. Avšak všeobecne sa pokladá za výhodnejšie vyrovnanie krútiaceho momentu na kľukovom hriadeli, aby sa prevádzkové napätia obmedzili na minimálne hodnoty, udržal sa pravidelný rovnomerný chod a obmedzili sa vibrácie. Fázovanie piestov tiež ovplyvní "odplyňovanie", to znamená prúd vzduchu z kompresnej komory do spaľovacej komory a zmeny tlaku v separátore vlhkosti a vo výmenníku tepla. Aj keď fázový uhol medzi piestami v spaľovacích komorách a piestami v kompresných komorách je v príkladnom vyhotovení podľa obr. 4 okolo 90° , môžu byť v iných príkladných vyhotoveniach fázové uhly iné, ovšem voľba fázových uhlov je záležitosť na dlhodobú optimalizáciu z hľadiska praktických skúseností a meraní.

Aj keď má príkladné vyhotovenie podľa obr. 4 dva odlučovače vlhkosti a dva výmenníky tepla, môže mať tepelný motor menší počet odlučovačov vlhkosti a/alebo tepelných výmenníkov, takže môže mať len jeden odlučovač vlhkosti a/alebo výmenník tepla, ktoré sú umiestnené medzi dva alebo viac valcov. To sa môže prejaviť v znížení veľkosti týchto častí, v rovnomernejšom prúdení vzduchu a pravdepodobnom znížení nákladov.

Ďalšie príkladné vyhotovenie tepelného motora s otvoreným prevádzkovým cyklom môže mať cyklus doplnený turbodúchadlom, ako je to často pri benzínových a zápalných motorov. Turbodúchadlo môže pozostávať z rotačného kompresora a rotačného expandéra, uloženého na rovnakom hriadeľi ako kompresor. Kompresor zvyšuje tlak atmosferického vzduchu pred prívodom do izotermickej kompresnej komory. Kompresor je poháňaný najmä expandérom, ktorý je umiestnený medzi výfukovým otvorom spaľovacej komory a vstupným otvorom na vstup spalín do výmenníka tepla. Celkovým prínosom turbodúchadla má byť zvýšenie priemerného tlaku plynu ako v kompresných komorách, tak aj v spaľovacích komorách, takže motor určitej veľkosti potom dodáva vyšší výkon. Použitie turbodúchadla môže viesť k miernemu zníženiu účinnosti motora kvôli pomerne nižšej účinnosti rotačného kompresora a expandéra a pretože turbokompresor stláča plyn skôr adiabaticky ako izotermicky. Avšak použitie turbodúchadla môže byť napriek tomu výhodné, pretože znížená účinnosť môže byť nahradená veľkým zvýšením výstupného výkonu motora rovnakej veľkosti.

Aj keď príkladné vyhotovenie motora, znázornené na obr. 4, zobrazuje kľukový hriadeľ poháňajúci generátor 247, môže byť motor v alternatívnom prevedení použitý na pohon podvozkových kôl cestných alebo koľajových vozidiel alebo lodných skrutiiek lodí.

V alternatívnom príkladnom vyhotovení môžu byť piesty spriahnuté dohromady a poháňané rotačným mechanickým systémom, iným než je kľukový hriadeľ, napríklad hypocyklikou prevodovkou.

V ešte inom výhodnom vyhotovení môže byť výhodné usporiadať motor tak, že kompresný proces prebieha v kompresných komorách nižšou rýchlosťou než spaľovanie v spaľovacích komorách. Inými slovami, motor môže byť usporiadaný tak, že za jednotku času prebehne viac spaľovacích cyklov než kompresných cyklov. To je možné dosiahnuť použitím vhodného prevodu medzi kľukovým hriadeľom kompresnej komory a kľukovým hriadeľom spaľovacej komory. Ak motor obsahuje aj vzduchovú expanznú komoru na spätné získavanie nadbytočného alebo odpadového tepla v rôznych častiach pracovného cyklu, je možné tiež vyhotoviť motor tak, že cyklus s expanziou vzduchu je rýchlejší ako izotermický kompresný cyklus. Výhodu takého vyhotovenia možno vidieť v tom, že kompresný proces môže byť vždy udržiavaný na malých rýchlostiach, aby bol dostatok času na prenos tepla medzi plynom a kvapôčkami kvapaliny tak, aby kompresný proces mohol byť vždy v podstate izotermický a aby tak boli tepelné straty v jednom cykle zo spaľovacej komory čo najviac znížené a tým sa zvýšila účinnosť a súčasne výkon motora.

V alternatívnom príkladnom vyhotovení môže byť riešenie podľa vynálezu upravené na chladenie konvenčných benzínových, zápalných alebo plynových motorov, aby sa spätné získavalo teplo, ktoré by sa potom mohlo premeniť na užitočnú energiu. Vo svojej základnej forme obsahuje toto riešenie kompresnú komoru a v nej uložený piest na izotermické stláčanie plynu, pri ktorom v priebehu kompresie prebieha vstrekovanie kvapalinovej sprchy, pričom ďalšou súčasťou tohto riešenia je expanzná komora, v nej uložený piest, spojený buď s výstupným pohonným ústrojenstvom motora alebo s niektorým ďalším pohonom, ktorému by mohlo prospieť dodávanie prídavnej energie, a výmenník tepla na predhrievanie chladného stlačeného plynu, prichádzajúceho z izotermickej kompresnej komory, teplom vznikajúcim v motore, ktoré by inak bolo odpadovým teplom; súčasťou tohto riešenia je aj ústrojenstvo na prívod predhriateho stlačeného plynu do expanznej komory. Výmenník tepla môže byť jednoducho tvorený kanálikom vytvoreným v stenách spaľovacej komory, aby sa umožnila cirkulácia stlačeného vzduchu pred jeho privedením do expanznej komory. Izotermické kompresné a expanzné komory môžu mať podobné telesné vytvorenie ako v príklade na obr. 4,

pričom hlavný rozdiel oproti príkladu z obr. 4 spočíva v tom, že všetok izotermicky stlačený vzduch je využívaný na rekupe-
ráciu tepla a nielen jeho časť, ako to bolo v predchádzajúcom
príklade.

Každý z motorov, opísaných v predchádzajúcej časti, môže
byť podľa potreby ľahko upravený na použitie v kombinovaných
systémoch na výrobu tepla a elektrickej energie. Použitie ne-
kondenzujúceho plynu ako pracovného plynu poskytuje omnoho
širší rozsah pri voľbe prevádzkových teplôt ako pri pracovných
cykloch s kondenzujúcou parou. Systém je jednoducho nastavený
na vracanie tepla pri vyššej teplote než by mohla byť pri vý-
robe iba elektrickej energie.

Inou možnosťou, ktorá by mohla byť využitá na výrobu ma-
ximálneho množstva tepla pri nízkej teplote nosnej látky, vy-
užiteľného na sušenie, vykurovanie vnútorných priestorov alebo
na ohrev vody, je upravenie tepelného motora na pohon tepelné-
ho čerpadla. Teplo odvádzané z motora môže byť zdrojom tepla
pre látku s nízkou teplotou. Okrem toho môže mechanický výstup
motora slúžiť na pohon tepelného čerpadla, ktorým je možné
získať ďalšie teplo. Výpočty naznačujú, že by bolo možné pro-
dukovať spaľovacím motorom s otvoreným pracovným cyklom až
dvojnásobné množstvo tepla, obsiahnutého v nosiči tepla s niž-
šou teplotou, než je spotrebúvané podľa kalorickej hodnoty
paliva. Prídavné teplo môže byť do zariadenia čerpané z okoli-
tej atmosféry, zo zeme alebo z veľkého objemu vody.

Tepelné čerpadlo so vstrekaním ako horúcej, tak aj
chladnej kvapalinovej sprchy by bolo veľmi vhodné na využitie
v domácnostiach alebo aj v priemysle a na ohrev vody. Riešením
podľa vynálezu sa otvára možnosť návrhu tepelných čerpadiel
pracujúcich pri omnoho vyšších teplotách. Výhodou tohto špe-
ciálneho druhu tepelných čerpadiel je skutočnosť, že tieto
čerpadlá nie sú tak tesne viazané na určitý rozsah teplôt ako
v prípade tepelných čerpadiel, ktoré sú založené na odparovaní
kvapaliny a kondenzácii jej pár.

Iné príkladné vyhotovenie tepelného čerpadla môže mať

ventily, takže môže pracovať v otvorenom pracovnom cykle, podobnom ako bol v príkladoch podľa obr. 2, 3 a 4. Avšak v tomto prípade by nedochádzalo k žiadnemu spaľovaniu v expanznej komore a čerpadlo by nebolo vybavené akoukoľvek formou rekuperačných alebo regeneračných výmenníkov tepla alebo vstrekovacím kvapôčok kvapaliny do chladnej expanznej komory. Vzduch môže expandovať v expanznej komore napríklad adiabaticky. V kompresnej komore by mohol byť vzduch stláčaný izotermicky pomocou piestu a použitím sprchy z kvapôčok kvapaliny, pričom prebytok tepla by mohol byť prevedený do konvenčného odvodu tepla. Tento druh tepelného čerpadla by mohol byť používaný pre klimatizačné jednotky na úpravu vzduchu alebo ventilačné jednotky, pri ktorých expandovaný vzduch opúšťa systém podstatne chladnejší než je vstupujúci vzduch. Systém by však nebol príliš vhodný na čerpanie tepla do budov zo studenej okolitej atmosféry, pretože by vznikala problém s tvorbou ľadu vo vnútri expanznej komory.

Ďalšie príkladné vyhotovenie tepelného čerpadla by mohlo byť podobné konštrukciám opísaným v predchádzajúcich častiach opisu, avšak bez kvapalinového piestu, pričom celá kompresná a expanzná operácia by bola realizovaná iba s využitím pevných piestov. Zariadenie môže mať kvapalinové tesnenie bez nutnosti použitia kvapalinových piestov.

Odborníkom v tomto odbore je zrejmé veľké množstvo alternatívnych mechanických usporiadaní na premenu lineárneho pohybu piestu na rotačný pohyb hnacieho hriadeľa. Ak je použitý kvapalinový piest a mechanický pohon obsahuje hnací alebo prenosový hriadeľ, prechádzajúci stenou potrubia, ako je to znázornené na obr. 1 a 2, je nutné umiestniť medzi stenu a vratne pohyblivý hnací hriadeľ. Avšak toto riešenie môže byť spojené s jednou nevýhodou spočívajúcou v tom, že medzi tesnením a hnacím hriadeľom môže byť značné trenie. Alternatívne konštrukčné riešenie, ktoré by malo redukovať veľkosť trenia, obsahuje ozubnicu s pastorkom, uloženú vo vnútri vodorovného úseku potrubia. Pastorok je uložený otočne a jeho os je kolmá na smer pohybu piestu, pričom hrebeňová tyč je vhodne spriahnutá alebo spojená s pevným piestom alebo s pevnými piestami.

Pastorok môže byť upravený na pohon otočného hriadeľa, ktorý prechádza dierou v stene potrubia, vybavenou nutným tesnením, a prenáša výkon z piestu na vonkajšiu stranu. Tuhý piest, ktorý je pohyblivo spriahnutý s kvapalinovým piestom, je upravený na vykonávanie posuvného pohybu v dvoch vzájomne opačných smeroch v prvom alebo druhom ramene potrubia, pričom v jednom potrubí je možné umiestniť aj viac piestov, nie je nutné používať len jeden taký pevný piest.

V alternatívnom príkladnom vyhotovení môže byť prevádzaný lineárny pohyb piestu na rotačný pohyb hnacieho hriadeľa osadením niektorého druhu kvapalinových skrutiek, napríklad vrtulových alebo turbínových listov vo vnútri potrubia, ktoré sú otočne upevnené na hnacom hriadeľi, ktorý prechádza potrubím. V tomto prípade je hnací hriadeľ rovnobežný so smerom pohybu piestu. Tam kde sú vo dvoch sedlových slučkách použité hnacie hriadele pohyblivé v dvoch opačných smeroch vratnými pohybmi, môže byť výhodné spriahnuť hnací hriadeľ jednej kompresnej slučky s hnacím hriadeľom druhej expanznej slučky. Miesto mechanického hnacieho systému je možné tiež použiť hydraulický systém. Pri tomto vyhotovení predchádzajúceho prípadu by mohol každý kombinovaný hnací hriadeľ sedlovej slučky poháňať vonkajší vratne pohyblivý piest vo vnútri vonkajšieho hydraulického valca na čerpanie hydraulickéj kvapaliny. Vopred určený fázový uhol, napríklad 90° , medzi dvoma kombinovanými hnacími hriadeľmi by mohol byť dosiahnutý správnym nastavením okamihu otvorenia ventilov v hydraulických valcoch tak, aby sa zamedzilo prílišnému vzdialeniu každého z hriadeľov z požadovanej polohy v určitom štádiu cyklu.

V motoroch alebo tepelných čerpadlách, v ktorých sú použité kvapalinové piesty, môžu byť použité pevné plaváky, ktoré plávajú na hladine kvapalinových piestov.

Odborníkom v odbore týchto motorov sú zrejmé ďalšie možné modifikácie príkladných vyhotovení, ktoré neprekračujú rámec vynálezu.

P A T E N T O V É N Á R O K Y

1. Zariadenie na vzájomnú premenu tepla a práce, v y z n a -
č e n é t ý m, že pozostáva z kompresnej komory (9,11) obsa-
hujúcej stlačený plyn a tlakového piestu (5) na stláčanie ply-
nu pohybom tlakového piestu (5) do kompresnej komory (9,11),
ďalej z expanznej komory (17,19) a expanzného piestu (7) na
rozpínanie plynu jeho pohybom z expanznej komory (17,19),
prostriedkov (25, 27) na prívod plynu z kompresnej komory (9,
11) a expanznej komory (17,19) do ďalšej komory, prostriedkov
(29,31) na rozprašovanie kvapaliny v kompresnej komore (9,11)
určených na absorbciu tepla z plynu počas stláčania a adaptač-
ných prostriedkov operatívne pripojiteľných k najmenej jednému
z piestov (5,7) na prispôsobenie zariadenia pre funkciu tepel-
ného motora alebo tepelného čerpadla.

2. Zariadenie na vzájomnú premenu tepla a práce podľa nároku 1,
vo funkcii tepelného motora, v y z n a č e n é t ý m, že po-
zostáva z kompresnej komory (9,11) obsahujúcej stlačený plyn
a prvého piestu (5) na stláčanie plynu pohybom tohto piestu
(5) do kompresnej komory (9,11), hnacieho ústrojenstva (49,
53) upraveného na pohon prvého piestu (5) do kompresnej komory
(9, 11) na stláčanie tohto plynu, ďalej z expanznej komory
(17, 19) a druhého piestu (7) na rozpínanie plynu jeho pohybom
z expanznej komory (17,19), prostriedkov (25,27) na prívod
plynu z kompresnej komory (9,11) do expanznej komory (17,19),
tepelného ústrojenstva (25,27,33,35) na dodávanie tepla do
stlačeného plynu z kompresnej komory (9,11), prenosového úst-
rojenstva operatívne spriahnutelného s druhým piestom (7) na
odoberanie výkonu motora a ústrojenstva (29,31) na rozprašova-
nie kvapaliny v kompresnej komore (9,11) určeného na ochladzo-
vanie plynu pri stláčaní v nej.

3. Zariadenie na vzájomnú premenu tepla a práce podľa nároku
2, v y z n a č e n é t ý m, že ďalej obsahuje tepelné ústro-
jenstvo (33,35) na dodávanie tepla do plynu v expanznej komore

(17,19) v priebehu jeho stláčania.

4. Zariadenie na vzájomnú premenu tepla a práce podľa nároku 3, v y z n a č e n é t ý m, že toto tepelné ústrojenstvo obsahuje výmeník tepla (25,27) upravený na predhrievanie stlačeného plynu z kompresnej komory (9,11) teplom z plynu expandovaného v expanznej komore (17,19).

5. Zariadenie na vzájomnú premenu tepla a práce podľa nároku 4, v y z n a č e n é t ý m, že obsahuje vratné ústrojenstvo na vracanie expandovaného plynu, opúšťajúceho expanznú komoru (17,19) späť do kompresnej komory (9,11) na opätovné stláčanie.

6. Zariadenie na vzájomnú premenu tepla a práce podľa nároku 5, v y z n a č e n é t ý m, že obsahuje ústrojenstvo (25,27) na chladenie expandovaného plynu pred jeho vracaním do kompresnej komory (9,11).

7. Zariadenie na vzájomnú premenu tepla a práce podľa nároku 6, v y z n a č e n é t ý m, že ústrojenstvom na chladenie plynu je výmeník tepla (25,27).

8. Zariadenie na vzájomnú premenu tepla a práce podľa niektorého z nárokov 3 až 7, v y z n a č e n é t ý m, že tepelné ústrojenstvo na dodávanie tepla obsahuje prostriedky (33,35) na rozprašovanie horúcej kvapaliny v expanznej komore (17,19).

9. Zariadenie na vzájomnú premenu tepla a práce podľa nároku 8, v y z n a č e n é t ý m, že obsahuje prírodné ústrojenstvo upravené na prívod kvapaliny s najmenej dvomi navzájom rozdielnymi teplotami určené na rozprašovanie kvapaliny v expanznej komore (17,19).

10. Zariadenie na vzájomnú premenu tepla a práce podľa nároku 9, v y z n a č e n é t ý m, že je vybavené ústrojenstvom (33,35) na rozprašovanie kvapaliny, určené na regulovanie teploty plynu počas jeho stláčania v expanznej komore (17,19).

11. Zariadenie na vzájomnú premenu tepla a práce podľa nároku 2, v y z n a č e n é t ý m, že obsahuje spaľovaciu komoru (117,119) na spaľovanie paliva a tepelné ústrojenstvo obsahuje prostriedky (212,214) na ohrievanie stlačeného plynu z kompresnej komory (109,111) teplom vedeným naprieč najmenej jednej plochy vymedzujúcej spaľovaciu komoru (117,119).

12. Zariadenie na vzájomnú premenu tepla a práce podľa nároku 11, v y z n a č e n é t ý m, že v spaľovacej komore (117, 119) obsahuje tretí piest (120, 122) poháňaný spaľovaním paliva v spaľovacej komore (117,119) a funkčne spriahnutý s prenosovým ústrojenstvom (169).

13. Zariadenie na vzájomnú premenu tepla a práce podľa nároku 3 alebo 4, v y z n a č e n é t ý m, že obsahuje prvé ventily (57,59) na ovládanie prívodu plynu na spaľovanie do kompresnej komory (9,11) a druhé ventily (61,63) určené na zamedzenie vracania plynu z expanznej komory (17,19) do kompresnej komory (9,11) cez prostriedky (25,27) na prívod plynu, pričom tepelné ústrojenstvo na dodávanie tepla obsahuje prostriedky (25,27) na dodávanie horľavého paliva do expanznej komory (17,19).

14. Zariadenie na vzájomnú premenu tepla a práce podľa nároku 13, v y z n a č e n é t ý m, že obsahuje regulačné ústrojenstvo na regulovanie rýchlosti prietoku spaľovacieho paliva v expanznej komore (17,19).

15. Zariadenie na vzájomnú premenu tepla a práce podľa ktoréhokoľvek z predchádzajúcich nárokov, v y z n a č e n é t ý m, že obsahuje ventily (61,63) na ovládanie prietoku plynu z kompresnej komory (9,11) do expanznej komory (17,19).

16. Zariadenie na vzájomnú premenu tepla a práce podľa nároku 15, v y z n a č e n é t ý m, že ventily (61,63) obsahujú výstupné ventilové jednotky umožňujúce nasávanie plynu z kompresnej komory (9,11) po ukončení stláčania plynu.

17. Zariadenie na vzájomnú premenu tepla a práce podľa nároku 15 alebo 16 v y z n a č e n é t ý m, že ventily obsahujú

vstupné ventilové jednotky(185,187) upravené na vpúšťanie horúceho stlačeného plynu z ohrievacieho ústrojenstva (244,246) do expanznej komory (117,119).

18. Zariadenie na vzájomnú premenu tepla a práce podľa ktoréhokoľvek z predchádzajúcich nárokov v y z n a č e n é t ý m, že obsahuje ďalšiu komoru (228,230) na plyn, ktorý má expandovať a ďalší piest (224,226), ktorý umožní expanziu pohybom tohto piestu z tejto ďalšej komory, ústrojenstvo (208, 210,216,218) na privádzanie stlačeného plynu z kompresnej komory (109,111) do tejto ďalšej komory a ústrojenstvo (212, 214,244,246) na predhrievanie stlačeného plynu pred jeho vstupom do ďalšej komory (228,230).

19. Zariadenie na vzájomnú premenu tepla a práce podľa nároku 18 v y z n a č e n é t ý m, že predhrievacie ústrojenstvo (212,214) obsahuje prostriedky na predhrievanie stlačeného plynu teplom privádzaným z najmenej jednej plochy vymedzujúcej expanznú komoru (117,119).

20. Zariadenie na vzájomnú premenu tepla a práce podľa nároku 18 alebo 19, v y z n a č e n é t ý m, že prostriedky na predhrievanie obsahujú výmeník tepla (244,246) upravený na predhrievanie stlačeného plynu expandovaným plynom z expanznej komory (117,119).

21. Zariadenie na vzájomnú premenu tepla a práce podľa ktorého koľvek z nárokov 18 až 20, v y z n a č e n é t ý m, že ďalší piest (224,226) je prevádzkovo spriahnutý s prenosovým ústrojenstvom (169).

22. Zariadenie na vzájomnú premenu tepla a práce podľa ktoréhokoľvek z nárokov 15 až 21, v y z n a č e n é t ý m, že obsahuje ďalší ventil (232,234) na reguláciu prietoku stlačeného plynu z predhrievacích prostriedkov (212, 214, 244, 246) do ďalšej komory (228,230).

23. Zariadenie na vzájomnú premenu tepla a práce podľa ktoréhokoľvek z nárokov 2 až 22, v y z n a č e n é t ý m, že

hnacie ústrojenstvo obsahuje spojovací prvok (171) spojený s prenosovým ústrojenstvom (169) tak, že pri prevádzke sa prvý (112,114) a druhý (120, 122) piest pohybujú vo vopred určenom fázovom vzťahu.

24. Zariadenie na vzájomnú premenu tepla a práce podľa ktoréhokoľvek z nárokov 2 až 23, v y z n a č e n é t ý m, že hnacie ústrojenstvo je spojené s prenosovým ústrojenstvom tak, že druhý piest (120,122) poháňaný expanziou plynu z expanznej komory (117,119) poháňa prvý piest (112,114) do kompresnej komory (109,111).

25. Zariadenie na vzájomnú premenu tepla a práce podľa nároku 23 alebo 24, v y z n a č e n é t ý m, že obsahuje kľukový hriadeľ (169) spojený operatívne s najmenej jedným hnacím ústrojenstvom a s prenosovým ústrojenstvom.

26. Zariadenie na vzájomnú premenu tepla a práce podľa niektorého z predchádzajúcich nárokov, v y z n a č e n é t ý m, že čas potrebný na dokončenie kompresného zdvihu v kompresnej komore (9,11) je väčší ako čas potrebný na dokončenie expanzného zdvihu v expanznej komore (17,19).

27. Zariadenie na vzájomnú premenu tepla a práce podľa nároku 18 alebo podľa niektorého z nárokov 18 až 26, pokiaľ sú závislé na nároku 18, v y z n a č e n é t ý m, že čas potrebný na dokončenie kompresného zdvihu v kompresnej komore (109,111) ako je čas potrebný na dokončenie expanzného zdvihu v ďalšej komore (228,230).

28. Zariadenie na vzájomnú premenu tepla a práce podľa niektorého z predchádzajúcich nárokov, v y z n a č e n é t ý m, že čas potrebný na dokončenie dvoch po sebe nasledujúcich stláčacích operácií v kompresnej komore (9,11) je dlhší ako čas potrebný na dokončenie dvoch po sebe nasledujúcich expanzií v expanznej komore (17,19).

29. Zariadenie na vzájomnú premenu tepla a práce podľa niektorého z predchádzajúcich nárokov, v y z n a č e n é t ý m, že

obsahuje uchovávajúce ústrojenstvo (1,3) na uloženie objemu kvapaliny (5,7) a potrubie tvoriace najmenej jeden z piestov, pričom uchovávajúce ústrojenstvo má na jednom svojom konci jednu z komôr (9,11,17,19).

30. Zariadenie na vzájomnú premenu tepla a práce podľa nároku 29, v y z n a č e n é t ý m, že uchovávajúce ústrojenstvo (1,3) má formu rúrky v tvare U.

31. Zariadenie na vzájomnú premenu tepla a práce podľa nároku 30, v y z n a č e n é t ý m, že obsahuje dvojicu rúrok (1,3) v tvare U, z ktorých každá obsahuje teleso kvapaliny (5,7) ako piest, kompresnú komoru (9,11) vytvorenú v každom ramene (13,15) jednej rúrky (1), expanznú komoru (17,19) vytvorenú v každom ramene druhej rúrky (3) a ústrojenstvo (25,27) na prívod stlačeného plynu z jednej z kompresných komôr (9,11) do jednej z expanzných komôr (17,19) a ústrojenstvo (25,27) na prívod stlačeného plynu z ďalšej kompresnej komory (9,11) do ďalšej expanznej komory (17,19).

32. Zariadenie na vzájomnú premenu tepla a práce podľa nároku 31, v y z n a č e n é t ý m, že obsahuje ďalšiu dvojicu rúrok (1,3) v tvare U, pričom pri prevádzke je jeden z kvapalinových piestov v jednej z rúrok (3) v tvare U, obsahujúcich expanzné komory (17,19), fázovo presadený v podstate o 90° voči kvapalinovému piestu v odpovedajúcej rúrke (3) v tvare U, obsahujúcej ďalšie expanzné komory (17,19).

33. Zariadenie na vzájomnú premenu tepla a práce podľa niektorého z nárokov 29 až 32, v y z n a č e n é t ý m, že prvý piest alebo každý z prvých piestov (5) obsahuje kvapalinu a hnacie ústrojenstvo obsahuje prvky upravené na spoluprácu s týmto prvým piestom (5) tak, že pohyb tohto prvku uvádza piest do pohybu aspoň v jednom smere.

34. Zariadenie na vzájomnú premenu tepla a práce podľa nároku 33, v y z n a č e n é t ý m, že tento prvok obsahuje pevný piest.

35. Zariadenie na vzájomnú premenu tepla a práce podľa nároku 34, v y z n a č e n é t ý m, že obsahuje hriadeľ (53) spojený s pevným piestom (49) a prechádzajúci stenou (13,15) rúrky (1) obsahujúcej kvapalinový piest (5).

36. Zariadenie na vzájomnú premenu tepla a práce podľa niektorého z nárokov 29 až 35, v y z n a č e n é t ý m, že druhý piest alebo každý z druhých piestov (7) obsahuje kvapalinu a prenosové ústrojenstvo obsahuje člen usporiadaný pre spoluprácu s druhým piestom (7) tak, že pohyb kvapalinového piestu (7) je prenášaný aspoň v jednom smere na druhý piest.

37. Zariadenie na vzájomnú premenu tepla a práce podľa nároku 36, v y z n a č e n é t ý m, že tento člen obsahuje pevný piest.

38. Zariadenie na vzájomnú premenu tepla a práce podľa nároku 37, v y z n a č e n é t ý m, že obsahuje hriadeľ (55) spojený s pevným piestom (51) a prechádzajúci stenou (21,23) rúrky obsahujúcej kvapalinový piest (7).

39. Zariadenie na vzájomnú premenu tepla a práce podľa jedného z nárokov 29 až 38, v y z n a č e n é t ý m, že obsahuje prostriedok alebo každý z prostriedkov (29, 31, 33, 35) na rozstrekovanie kvapaliny z kvapalinového piestu (5,7).

40. Zariadenie na vzájomnú premenu tepla a práce podľa nároku 39, v y z n a č e n é t ý m, že tento prostriedok obsahuje čerpadlo upravené na pohon týmto kvapalinovým piestom (5,7).

41. Zariadenie na vzájomnú premenu tepla a práce podľa niektorého z nárokov 2 až 28, v y z n a č e n é t ý m, že prvé a druhé piesty (22, 24, 112, 114, 122, 120) obsahujú pevný materiál.

42. Zariadenie na vzájomnú premenu tepla a práce podľa nároku 41, v y z n a č e n é t ý m, že obsahuje dvojicu kompresných komôr (109, 111) a dvojicu expanzných komôr (117, 119), pričom pri prevádzke sú piesty (112, 114) v kompresných komorách

(117,119) usporiadané pre pohyb v podstate v protifáze a tiež piesty (120, 122) v expanzných komorách (117,119) sú usporiadané pre pohyb v podstate v protifáze.

43. Zariadenie na vzájomnú premenu tepla a práce podľa nároku 42, v y z n a č e n é t ý m, že obsahuje ďalšiu dvojicu kompresných komôr (109, 111) a ďalšiu dvojicu expanzných komôr (117, 119), pričom pri prevádzke sú piesty (112, 114) v jednej dvojici kompresných komôr (109, 111) usporiadané pre činnosť v podstate s fázovým rozdielom 90° voči piestom (112,114) ďalšej dvojice kompresných komôr (109,111) a piesty (120,122) v jednej dvojici expanzných komôr (117,119) sú usporiadané pre činnosť v podstate s fázovým rozdielom 90° voči piestom (120, 122) ďalšej dvojice expanzných komôr (117,119).

44. Zariadenie na vzájomnú premenu tepla a práce podľa ktoréhokoľvek z nárokov 4 až 43 v y z n a č e n é t ý m, že výmenník tepla (25, 27) obsahuje regenerátor.

45. Zariadenie na vzájomnú premenu tepla a práce podľa ktoréhokoľvek z nárokov 4 až 44, v y z n a č e n é t ý m, že výmenník tepla (25,27) predstavuje rekuperačný výmenník tepla.

46. Zariadenie na vzájomnú premenu tepla a práce podľa ktoréhokoľvek z predchádzajúcich nárokov, v y z n a č e n é t ý m, že obsahuje separačné ústrojenstvo (37,39, 41,43) upravené na oddeľovanie kvapaliny od plynu opúšťajúceho kompresnú komoru (9,11) a/alebo každú z expanzných komôr (17,19).

47. Zariadenie na vzájomnú premenu tepla a práce podľa ktoréhokoľvek z predchádzajúcich nárokov, v y z n a č e n é t ý m, že obsahuje prírodné ústrojenstvo na prívod kvapaliny s najmenej dvomi rozdielnymi teplotami na rozstrekovanie kvapaliny v každej z kompresných komôr (9,11).

48. Zariadenie na vzájomnú premenu tepla a práce podľa nároku 47, v y z n a č e n é t ý m, že obsahuje ústrojenstvo na rozprašovanie kvapaliny v kompresnej komore alebo v každej z kompresných komôr (9,11) v priebehu expanzie plynu v týchto

komorách na reguláciu teploty stláčaného plynu.

49. Zariadenie na vzájomnú premenu tepla a práce podľa nároku 1, vo funkcii tepelného čerpadla, v y z n a č e n é t ý m, že pozostáva z expanznej komory (17,19) s obsahom plynu, ktorý má byť expandovaný a prvého piestu (7) na rozpínanie plynu jeho pohybom z expanznej komore (17,19), ďalej z kompresnej komory (9,11) s obsahom plynu, ktorý má byť stláčaný, a druhého piestu (5) na stláčanie tohto plynu jeho pohybom do kompresnej komory (9,11), prostriedkov (25,27) na prívod plynu z expanznej komory (17,19) a z kompresnej komory (9,11) do ďalšej komory, a ďalej z prostriedkov (29,31) na rozprašovanie kvapaliny v kompresnej komore (9,11) určených na absorbciu tepla plynu počas kompresie, pričom druhý piest (5) je pre funkciu stláčania plynu v kompresnej komore (9,11) prispôsobený na pohon z vonkajšieho zdroja.

50. Zariadenie na vzájomnú premenu tepla a práce podľa nároku 49, v y z n a č e n é t ý m, že obsahuje ústrojenstvo (33, 35) na dodávanie tepla do plynu v priebehu jeho expanzie v expanznej komore (17,19).

51. Zariadenie na vzájomnú premenu tepla a práce podľa 49 alebo 59, v y z n a č e n é t ý m, že obsahuje výmeníky tepla (25,27) upravené na predhrievanie expandovaného plynu teplom zo stlačeného plynu opúšťajúceho kompresnú komoru (9,11).

52. Zariadenie na vzájomnú premenu tepla a práce podľa niektorého z nárokov 49 až 51, v y z n a č e n é t ý m, že obsahuje vratné ústrojenstvo na vracanie stlačeného plynu opúšťajúceho kompresnú komoru (9,11) do expanznej komory (17, 19) na opakovanú expanziu.

53. Zariadenie na vzájomnú premenu tepla a práce podľa nároku 52, v y z n a č e n é t ý m, že obsahuje chladiace ústrojenstvo (25,27) na chladenie stlačeného plynu pred jeho vrátením do expanznej komory (17,19).

54. Zariadenie na vzájomnú premenu tepla a práce podľa nároku 53, v y z n a č e n é t ý m, že chladiace ústrojenstvo obsahuje výmeník tepla (25,27).

55. Zariadenie na vzájomnú premenu tepla a práce podľa nároku 50 alebo niektorého z nárokov 51 až 54 pokiaľ sú závislé na nároku 50, v y z n a č e n é t ý m, že tepelné ústrojenstvo (33,35) obsahuje prostriedky na rozprašovanie chladiacej kvapaliny v expanznej komore (17,19).

56. Zariadenie na vzájomnú premenu tepla a práce podľa niektorého z nárokov 49 až 55, v y z n a č e n é t ý m, že obsahuje uchovávací nádobový prvok na uloženie objemu kvapaliny vybavený rúrkou (1,3) tvoriacou najmenej jeden z piestov (5,7) pričom uchovávací nádobový prvok je na jednom svojom konci vybavený jednou z komôr (9,11,17,19).

57. Zariadenie na vzájomnú premenu tepla a práce podľa nároku 56, v y z n a č e n é t ý m, že uchovávací nádobový prvok tvorí rúrka (1,3) v tvare U.

58. Zariadenie na vzájomnú premenu tepla a práce podľa nároku 57, v y z n a č e n é t ý m, že obsahuje dvojicu rúrok (1,3) v tvare U, z ktorých každá obsahuje objem kvapaliny (5,7) ako piest, a ďalej obsahuje kompresnú komoru (9,11) vytvorenú v každom ramene rúrky (1) a expanznú komoru (17,19) vytvorenú v každom ramene rúrky (3); ústrojenstvo (25,27) na vedenie expandovaného plynu z jednej z expanzných komôr (17,19) do jednej z kompresných komôr (9,11) a ústrojenstvo na vedenie expandovaného plynu z ďalšej expanznej komory (17,19) do ďalšej kompresnej komory (9,11).

59. Zariadenie na vzájomnú premenu tepla a práce podľa najmenej jedného z nárokov 49 až 58, v y z n a č e n é t ý m, že výmeníky tepla (25,27) obsahujú regenerátor.

60. Zariadenie na vzájomnú premenu tepla a práce podľa najmenej jedného z nárokov 49 až 59, v y z n a č e n é t ý m, že obsahuje separečné ústrojenstvo (37,39,41,43) upravené na

oddeľovanie kvapaliny od plynu opúšťajúceho kompresnú komoru (9,11) a/alebo expanzné komory (17,19).

61. Zariadenie na vzájomnú premenu tepla a práce podľa niektorého z nárokov 49 až 60, v y z n a č e n é t ý m, že obsahuje prostriedky na napájanie ústrojenstva alebo každého z ústrojenstiev (29,31,33,35) na rozprašovanie kvapaliny z kvapalinového piestu (5,7).

62. Zariadenie na vzájomnú premenu tepla a práce podľa nároku 61, v y z n a č e n é t ý m, že prostriedky na napájanie obsahujú čerpadlo upravené na pohon kvapalinovým piestom (5,7).

63. Zariadenie na vzájomnú premenu tepla a práce podľa niektorého z nárokov 49 až 62, v y z n a č e n é t ý m, že obsahuje spojovacie ústrojenstvo zapojené medzi prvý piest (7) a druhý piest (5) na udržiavanie prvého a druhého piestu (5,7) vo vopred stanovenom fázovom vzťahu.

64. Zariadenie na vzájomnú premenu tepla a práce podľa nároku 63, v y z n a č e n é t ý m, že spojovacím ústrojenstvom je kľukový hriadeľ (169).

65. Zariadenie na vzájomnú premenu tepla a práce podľa niektorého z nárokov 49 až 64, v y z n a č e n é t ý m, že prvý piest (7) je upravený na pohon vonkajším zdrojom energie.

66. Zariadenie na vzájomnú premenu tepla a práce podľa niektorého z nárokov 49 až 65, v y z n a č e n é t ý m, že prvý piest (7) je upravený na pohon elektromotorom.

67. Zariadenie na vzájomnú premenu tepla a práce podľa niektorého z nárokov 49 až 66, v y z n a č e n é t ý m, že obsahuje spojovacie ústrojenstvo vradené medzi druhý piest (5) a vonkajší zdroj energie, pričom spojovacie ústrojenstvo je upravené tak, aby odolávalo značnej sile pôsojacej proti tlaku plynu vo vnútri kompresnej komory (9,11).

68. Zariadenie na vzájomnú premenu tepla a práce podľa niekto-

rého z nárokov 49 až 67, v y z n a č e n é t ý m, že obsahuje spojovacie ústrojenstvo vradené medzi prvý piest (7) a vonkajší zdroj energie, pričom spojovacie ústrojenstvo je upravené tak, aby odolávalo značnej sile pôsobiacej proti tlaku plynu vo vnútri expanznej komory (17,19).

69. Zariadenie na vzájomnú premenu tepla a práce podľa niektorého z nárokov 49 až 68, v y z n a č e n é t ý m, že obsahuje prírodné ústrojenstvo upravené na dodávanie kvapalín s najmenej dvomi rôznymi teplotami na rozprašovanie kvapaliny v expanznej komore (17,19).

70. Zariadenie na vzájomnú premenu tepla a práce podľa nároku 69, v y z n a č e n é t ý m, že obsahuje ústrojenstvo (33, 35) na rozprašovanie kvapaliny v expanznej komore (17,19) v priebehu kompresie plynu na regulovanie teploty stláčaného plynu.

71. Zariadenie na vzájomnú premenu tepla a práce podľa niektorého z nárokov 49 až 70, v y z n a č e n é t ý m, že obsahuje prírodné ústrojenstvo upravené na dodávanie kvapalín s najmenej dvomi rôznymi teplotami na rozprášenie kvapaliny v kompresnej komore (9,11).

72. Zariadenie na vzájomnú premenu tepla a práce podľa nároku 71, v y z n a č e n é t ý m, že obsahuje ústrojenstvo (29, 31) na rozprášenie kvapaliny v kompresnej komore (9,11) v priebehu expanzie plynu na regulovanie teploty tohto plynu.

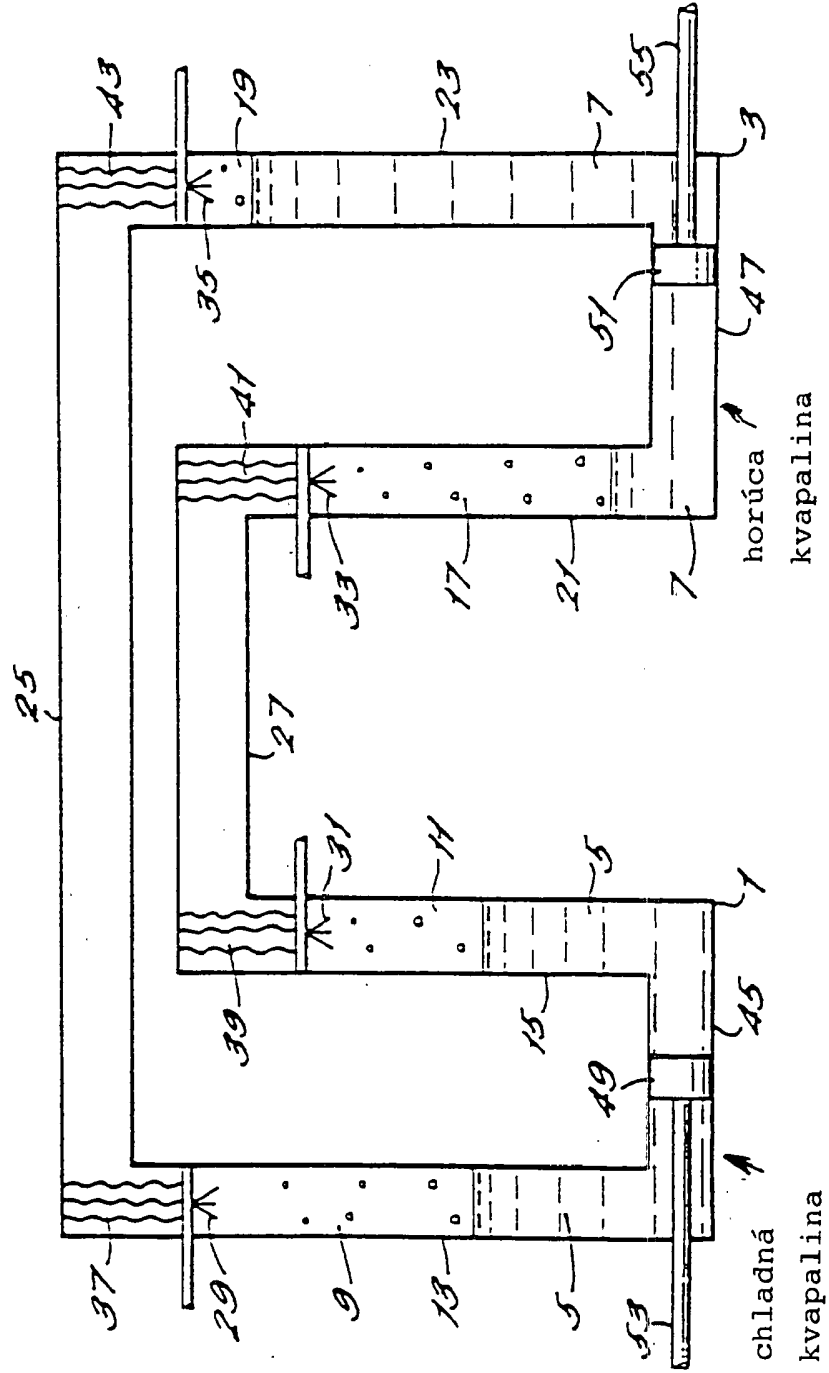
73. Zariadenie na vzájomnú premenu tepla a práce podľa nároku 2, v y z n a č e n é t ý m, že je zabudované do spaľovacieho motora so spaľovacou komorou, pričom zariadenie ďalej obsahuje výmeníky tepla (212, 214, 244, 246) upravené na zohrievanie stlačeného plynu z kompresnej komory (109,111) teplom zo spaľovacieho motora a spojovacie ústrojenstvo (171) spájajúce druhý piest (224,226) a výstupnú pohonnú jednotku (169) spaľovacieho motora.

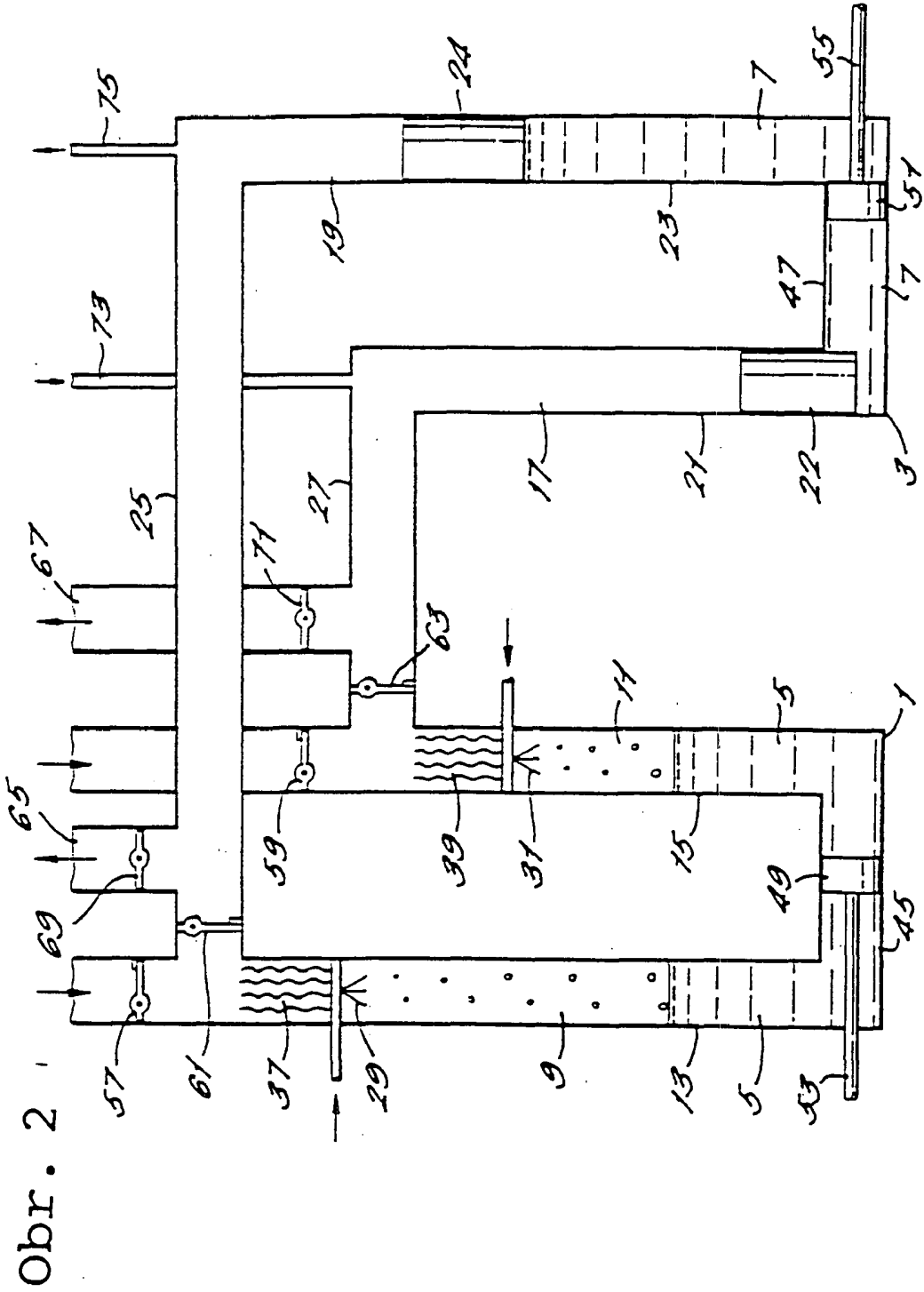
74. Zariadenie na vzájomnú premenu tepla a práce podľa nároku

73, v y z n a č e n é t ý m, že výmeník tepla (212,214) je upravený na zohrievanie stlačeného plynu z kompresnej komory (109, 111) teplom vedeným naprieč najmenej jednou z povrchových plôch vymedzujúcich spaľovaciú komoru (117, 119).

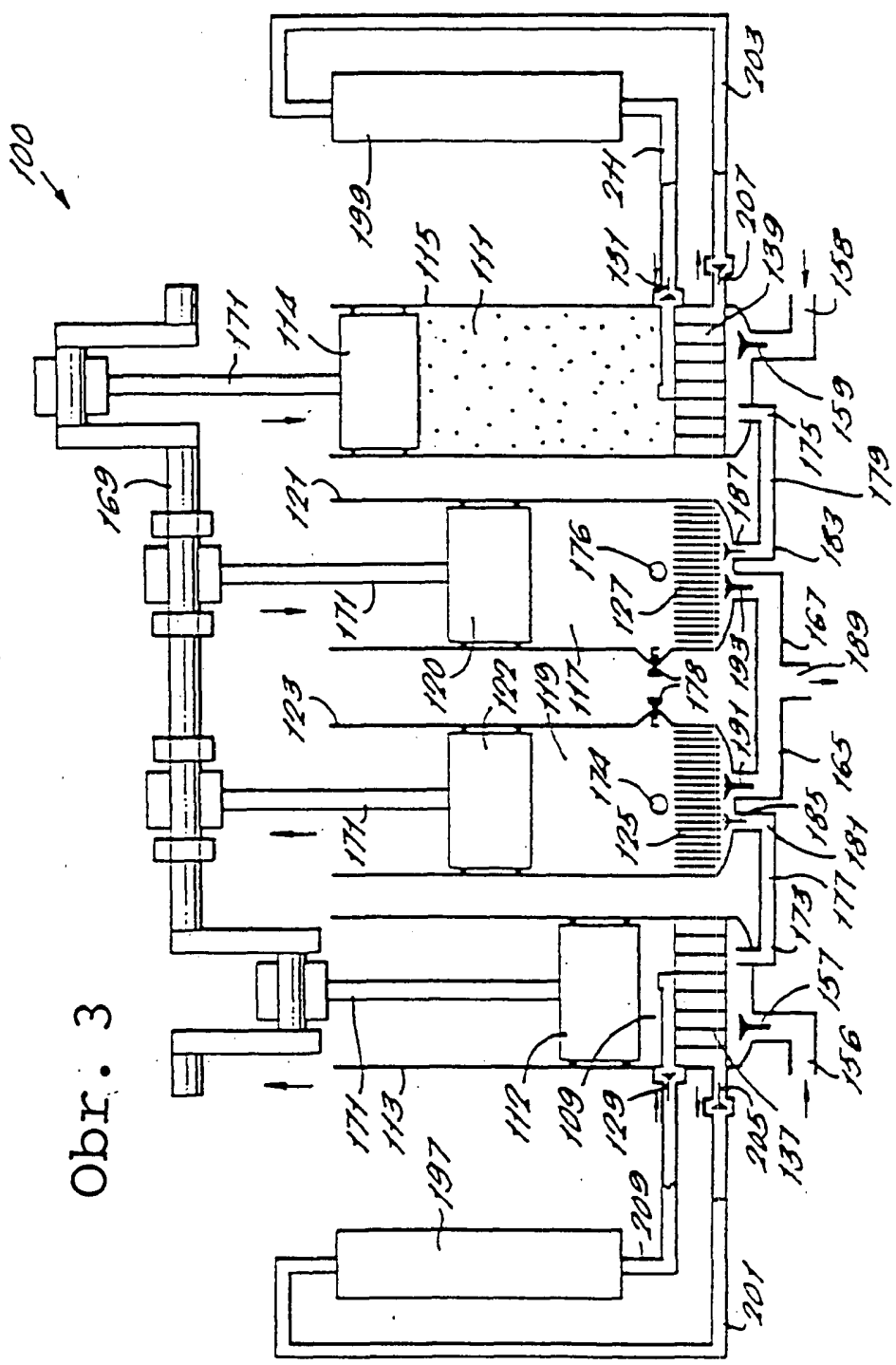
75. Zariadenie na vzájomnú premenu tepla a práce podľa nároku 73 alebo 74, v y z n a č e n é t ý m, výmeníky tepla (244, 246) sú upravené na zohrievanie stlačeného plynu z kompresnej komory (109, 111) teplom z výfukových plynov vystupujúcich zo spaľovacej komory (117,119).

Obr. 1





3/4



4/4

Obr. 4

