

Teoretický binární oběh samozřejmě není možné technicky realizovat, ale lze ho diferencovat na několik parních oběhů. Běžné je alespoň na dva, jak je zobrazeno na *Obrázek 836(b)*. V tomto případě musí být kotel vybaven hned dvěma napájecími čerpadly – v podstatě se jedná o dva nezávislé okruhy páry v kotli (podrobnější schéma je v subkapitole 25. Schéma zařízení paroplynového bloku). Vstup nízkotlaké páry je realizován druhým vstupem do turbíny v místě, kde je odpovídající tlak, viz *Obrázek 670, s. 3*.

Paroplynové bloky jsou ve světě rozšířené pro svou vysokou tepelnou účinnost a rychlost výstavby.

Paroplynové jednotky se používají i pro pohon lodí – parní oběh je zapojen za hlavní pohonou jednotkou (spalovací motor nebo spalovací turbína). Účinnost těchto jednotek může být až 51,5 % [1, s. 32]. K těmto účelům jsou vhodná soustrojí s parní turbínou na rámu, které obsahují i kondenzátor.



Odkazy

- [1] TŮMA, Jan. Rotterdamský přístav se posouvá do moře, *Technický týdeník*, č. 11, 2011. Praha: Business Media CZ, ISSN 0040-1064.
- [2] Natural gas processing, *Wikipedia*, [2011]. [online], <http://en.wikipedia.org>.
- [3] ADELE – Adiabatic compressed-air energy storage (CAES) for electricity supply, [2011]. [online], <http://www.rwe.com>.
- [4] Energy Storage Power Corporation, [2011]. [online], <http://www.espcinc.com>.
- [5] TŮMA, Jan. Velkokapacitní zásobníky spolehlivě uskladní přebytky elektřiny – Tlakovzdušné akumulární elektrárny na obzoru, *Technický týdeník*, č. 6, 2011. Praha: Business Media CZ, ISSN 0040-1064.
- [6] Efektivní reverzační turbokompresor, *Technický týdeník*, č. 1, 2011. Praha: Business Media CZ, ISSN 0040-1064.
- [7] IBLER, Zbyněk, KARTÁK, Jan, MERTLOVÁ, Jiřina, IBLER, Zbyněk ml. *Technický průvodce energetika-1. díl*, 2002. 1. vydání. Praha: BEN-technická literatura, ISBN 80-7300-026-1.
- [8] *IP Rotor Cooling*, [2011]. Popis základních atributů konstrukce parních turbín společnosti Mitsubishi Heavy Industries, Ltd. <http://www.mhi.co.jp>.
- [9] ČEZ, a.s., 2011. Majitel a provozovatel elektráren. Adresa: Praha 4, Duhová 2/1444, PSČ 140 53, Česká republika, <http://www.cez.cz>.
- [10] *Letecký ústav na FSI VUT v Brně*, [2012]. Pracoviště, kde byl navržen a postaven experimentální letoun MARABU. Adresa: Fakulta strojního inženýrství, Vysoké učení technické v Brně, Technická 2896/2, 616 69 Brno, <http://lu.fme.vutbr.cz>.
- [11] MILLER, Rudolf, HOCHRAINER, A., LÖHNER, K., PETERMANN, H. *Energietechnik und Kraftmaschinen*, 1972. Hamburg: Rowohlt taschenbuch verlag GmbH, ISBN 3-499-19042-7.
- [12] CSC Iskra-Energetika, 2012. Inženýrská společnost v oblasti energetiky. Adresa: 28, Vedeneev Str., Perm, Russia, 614038. Web: <http://www.iskra-energy.ru>.
- [13] FOSSET, Steve. *Lovec větru-vlastní životopis*, 2008. Řitka: Daranus, s.r.o. ISBN 978-80-86983-59-2.

- [14] MATTINGLY, Jack, HEISER, William, PRATT, David, *Aircraft Engine Design*, 2002. Second edition. Reston: American Institute of Aeronautics and Astronautics, ISBN 1-56347-538-3.
- [15] Autor neuveden. Diesel z kategorie Super, *Technický týdeník*, č. 15, 2016. Praha: Business Media CZ, ISSN 0040-1064.
- [16] BECKMANN, Georg. GILLI, Paul. *Thermal Energy Storage*, 1984. Wien: Springer-Verlag, ISBN 3-211-81764-6.
- [17] *První brněnská strojírna Velká Bíteš, a.s.*, [2012]. Výrobce a dodavatel malých plynových turbín, kryogenních turbokompresorů a malých parních turbín. Adresa: Vlkovská 279, 595 12 Velká Bíteš, <http://www.pbsvb.cz>.
- [18] *100 let: historie a současnost vývoje a výroby parních turbin v Brně*. 4. rozšířené a doplněné vydání. Praha: Trilabit, 2017. ISBN: 978-80-902681-3-5.
- [19] Nuclear Propulsion, *Federation of American Scientists*, 2000. Washington, DC: 1725 DeSales Street, NW 6th Floor, 20036, <http://www.fas.org>.
- [20] LAVERY, Brian. *Lodě*, 2005. 1. vydání. Praha: Euromedia Group k. s., ISBN 80-242-147-7.
- [21] *Siemens AG*, 2011. Výrobce a dodavatel mnoha typů tepelných turbín a turbokompresorů. Web: <http://www.siemens.com>.
- [22] *Capstone Turbine Corporation*, 2011. Výrobce a dodavatel malých plynových turbín se spalovací komorou. Web: <http://www.capstoneturbine.com>.
- [23] BATHIE, William. *Fundamentals of gas turbines*, 1984. John Wiley&Sons, Inc. ISBN 0-471-86285-1.
- [24] *General Electric Company*, 2011. Výrobce a dodavatel mnoha typů tepelných turbín a turbokompresorů. Adresa: Fairfield, CT 06828, United States. Web: <http://www.ge.com>.
- [25] MCDONALD, Colin. Recuperator considerations for future higher efficiency microturbines, *Applied Thermal Engineering*, Volume 23, Issue 12, August 2003, Pages 1463-1487. ISSN 1359-4311.
- [26] CHLUMSKÝ, Vladimír, LIŠKA, Antonín. *Kompresory*, 1978. 1. vydání. Praha: SNTL.
- [27] *History of Chrysler Corporation – Gas Turbine Vehicles*, 1979. Prepared By Technical Information Engineering, 42 stran. Web: <http://www.turbinecar.com>.
- [28] JAN, Zdeněk, ŽDÁNSKÝ, Bronislav. *Automobily – Motory*, 2010. 6. vydání. Brno: Avid, spol. s.r.o., ISBN 978-80-87143-15-5.
- [29] DOKOUPIL, Eduard. *Turbíny pro Luftwaffe: zrod a popis prvních německých proudových motorů*. Světlá: Vydáno vlastním nákladem, 2015. ISBN 978-80-260-8153-1.
- [30] *MAN Diesel & Turbo SE*, [2012]. Výrobce a dodavatel mnoha typů tepelných turbín a turbokompresorů. Adresa: Augsburg, Stadtbachstrasse 1, D-86153 Augsburg, Deutschland. Web: <http://www.mandieselturbo.com>.
- [31] KAPICA, Pjotr. *Experiment, teorie, praxe*, 1982. 1. vydání. Praha: Mladá fronta. Překlad z ruského originálu Эксперимент. Теория. Практика, 1977.
- [32] SVOBODA, Václav. *Vrtulníky*. Praha: Naše vojsko, 1979.
- [33] KUBIŠ, Stanislav. Radiální turbinové stupně v parních turbinách, *Kotle a energetická zařízení*, 2012. Sborník konference konané 19.3. až 21. 3. 2012 v Brně, ISSN 1804-6673.
- [34] KADRNOŽKA, Jaroslav. *Tepelné turbíny a turbokompresory*, 2004. 1. vydání. Brno: Akademické nakladatelství CERM, s.r.o., ISBN 80 – 7204 – 346 – 3.
- [35] FIEDLER, Jan. *Parní turbíny-Návrh a výpočet*, 2004. Vydání první. Brno: Akademické nakladatelství CERM, s.r.o., ISBN 80-214-2777-9.
- [36] KRBEK, Jaroslav, Bohumil POLESNÝ a Jan FIEDLER. *Strojní zařízení tepelných centrál: návrh a výpočet*. Brno: PC-DIR, 1999. Učební texty vysokých škol. ISBN 80-214-1334-4.
- [37] KOUSAL, Milan. *Spalovací turbíny*, 1980. 2. vydání, přepracované. Praha: Nakladatelství technické literatury, n. p.
- [38] MISÁREK, Dušan. *Turbokompresory*, 1963. Vydání první. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, n.p.
- [39] *Centrifugal & Axial Compressors*, 2011. Katalog společnosti General Electric Company. Adresa: Fairfield, CT 06828, United States, <http://www.ge.com>.
- [40] LIŠKA, Antonín, NOVÁK, Pavel. *Technika stlačeného vzduchu*, 1999. 1. vydání. Praha: Vydavatelství ČVUT, ISBN 80-01-01947-0, 1999.
- [41] KOŽOUŠEK, Josef. *Výpočet a konstrukce spalovacích motorů I*, 1978. Vydání první. Praha: SNTL, 368 stran, 333 obrázků, 12 tabulek.

[42] SAWYER, Tom. *Sawyer's gas turbine catalog*, 1970. 1970 edition. Stamford: Gas turbine publications.

[43] VESELÝ, Stanislav. *Spalovací komory-termodynamika a základy konstrukce*, 2007. Brno: Galant Brno, s.r.o. ISBN 978-80-254-0418-8.

[44] MICHELE, František. *Parní turbíny a kondenzace: plynové turbíny a turbokompresory : konstrukce*. Brno: Vysoké učení technické, 1985.

[45] KRBEK, Jaroslav. *Tepelné turbíny a turbokompresory*, 1990. 3. vydání. Brno: Vysoké učení technické v Brně, ISBN 80-214-0236-9.

[46] ŠKOPEK, Jan. *Parní turbína-tepelný a pevnostní výpočet*, 2007. 1. vydání. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni, ISBN 978-;80-7043-256-3.

[47] Autor neuveden. Náš test: Opel Insignia vybavený dvoulitrem biturbo CDTI, *Technický týdeník*, č. 12, 2014. Praha: Business Media CZ, ISSN 0040-1064.

[48] Tisková zpráva. Mega air compressor driven by 64 MW motor, *Turbomachinery international*. On-line článek na adrese: https://www.turbomachinerymag.com/air-separation-man-diesel-turbo-sets-new-standard-with-largest-single-turbomachinery-unit/?utm_source=Turbo+Ne%E2%80%A6 [2016-08-11].

[49] Tisková zpráva. *Petroleum Development Oman (PDO) secures long-term gas supply in the desert with four Vorecons from Voith*. On-line článek na adrese: http://www.voith.com/en/press/press-releases-99_57298.html [2017-02-13].

[50] Autor neuveden. Voda vylepšuje spalování, *Technický týdeník*, č. 18, 2016. Praha: Business Media CZ, ISSN 0040-1064.

[51] KADRNOŽKA, Jaroslav, SKÁLA, Zdeněk. *Paroplynové elektrárny a teplárny*, 1981. 1. vydání. Praha: SNTL.

[52] AMBROŽ, Jaroslav, BÉM, Karel, BUDLOVSKÝ, Jaroslav, MÁLEK, Bohuslav, ZAJÍC, Vladimír. *Parní turbíny I.-theorie a výpočet*, 1955. Vydání první. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, n.p.

[53] KŘÍŽ, Jaromír. Využití malých parních zdrojů pro kogeneraci, zásady projektování těchto zdrojů výroby elektřiny, *3T. Teplo, technika, teplárenství*, 2005, č. 3. Pardubice: Teplárenské sdružení České republiky, 1996-2010, ISSN 1210 – 6003.

[54] MBANASZKIEWICZ, Ariusz. Steam turbines start-ups, *Transactions of the Institute of Fluid-Flow Machinery*, 2014, Volume nr 126, page 169-198. ISSN: 0079-3205. GICID: 71.0000.1500.0138.

Bibliografická citace článku

ŠKORPÍK, Jiří. Tepelné turbíny a turbokompresory, *Transformační technologie*, 2011-02, [last updated 2020-01]. Brno: Jiří Škorpík, [on-line] pokračující zdroj, ISSN 1804-8293. Dostupné z <https://www.transformacni-technologie.cz/23.html>.

Přílohy

159

Řešení úlohy

Zadané parametry úlohy jsou:

$$t_c = 40 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Podle značení obrázku [23.155] lze pro maximální teplotu páry sestavit rovnici:

$$t_b = t_4 - \Delta T_1, \\ t_4 = 542,824 \text{ } ^\circ\text{C} \text{ [6.625]}.$$

Diferenci teplot ΔT_1 navrhne podle [1, s. 64], [2, s. 126]:

$$\Delta T_1 = 15 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

$$t_b = 527,824 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Nejvyšší možný tlak bude odpovídat průsečíku izoentropie z bodu c a teploty t_b v i - s diagramu. Bod c v i - s diagramu je v průsečíku křivky suchosti páry a izotermy t_c :

$$s_c = 7,488 \text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}; p_b = 2,10184 \text{ MPa}.$$

Výkon paroplynového oběhu jako součet výkonu plynové části a parní části oběhu:

$$P = P_B + P_{R-C}, \\ P_B = 14\,612,72 \text{ kW} \text{ [6.625]}.$$

Při zanedbání práce napájecího čerpadla lze psát:

$$P_{R-C} = \dot{m}(i_b - i_c), \\ i_b = 3\,528,74 \text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1}; \\ i_c = 2\,333,15 \text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1}.$$

Vyrobené množství páry se vypočítá z energetické bilance dodaného tepla z plynového oběhu a potřebného tepla na výrobu daného množství páry:

$$\dot{m}_B \cdot c_p (t_4 - t_{5'}) = \dot{m}(i_b - i_{b'}) \Rightarrow \dot{m} = \frac{c_p (t_4 - t_{5'})}{i_b - i_{b'}} \dot{m}_B,$$

$$c_p = 1,004 \text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1} \text{ [6.625]};$$

$$i_{b'} = 920,08 \text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1};$$

$$\dot{m}_B = 30 \text{ kg}\cdot\text{s}^{-1} \text{ [6.625]}.$$

Podle značení obrázku [23.155] lze pro teplotu vzduchu $t_{5'}$ sestavit rovnici:

$$t_{5'} = t_{b'} + \Delta T_2, \\ t_{b'} = 214,903 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Diferenci teplot ΔT_2 navrhne podle [36, s. 64], [51, s. 126]:

$$\Delta T_2 = 15 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

$$t_{5'} = 229,903 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

$$\dot{m} = 3,6130 \text{ kg}\cdot\text{s}^{-1}.$$

$$P_{R-C} = 4\,319,7088 \text{ kW}.$$

$$P = 18\,932,4288 \text{ kW}.$$

Tepelná účinnost paroplynového oběhu podle vzorce:

$$\eta = \frac{P}{P_D} = 0,62359,$$

$$P_D = 30\,360,18 \text{ kW}.$$

Podíl výkonu parní části na celkovém výkonu:

$$\frac{P_{R-C}}{P} = 0,22816.$$

Teplota vzduchu t_5 za posledním výměníkem parního oběhu se vypočítá z energetické bilance na úseku $t_{5'}-t_5$ plynové části a t_b-t_a parní části oběhu, jejíž rovnice při zanedbání zvýšení entalpie vody v napájecím čerpadle má tvar:

$$\dot{m}_B \cdot c_p (t_{5'} - t_5) = \dot{m}(i_{b'} - i_a) \Rightarrow t_5 = t_{5'} - \frac{\dot{m}}{\dot{m}_B} \frac{i_{b'} - i_a}{c_p} = \\ = 139,63 \text{ } ^\circ\text{C}, \\ i_a = 167,533 \text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1}.$$