ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1979

Seria: ENERGETYKA z. 74 Nr kol. 634

Józef FOLWARCZNY
Instytut Techniki Cieplnej

JAK DEFINIOWAĆ POJĘCIE SPRAWNOŚCI TERMODYNAMICZNEJ MASZYN PRZEPŁYWOWYCH

Streszczenie. Autor dokonuje przeglądu wybranych oznaczeń i nazw pracy, stosowanych w termodynamice technicznej i podaje wzór do obliczania sprawności internijnej (wewnętrznej), słuszny tak dla maszyn ekspansyjnych jak i dla maszyn kompresyjnych.

1. Wstęp

Profesor Ochęduszko w swej pracy naukowo-dydaktycznej część czasu poświęcał obmyślaniu właściwego nazewnictwa dla potrzeb termodynamiki technicznej. Każda z proponowanych nazw miała i ma logiczne uzysadnienie, aczkolwiek nie wszystkie propozycje Profesora były chętnie i od razu akceptowane przez jego najbliższych nawet współpracowników. Można powiedzieć, że - w tym przypadku - uczniowie byli bardziej konserwatywni od swego nauczyciela. Propozycje modyfikacji nazewnictwa w dziedzinie termodynamiki Profesor Ochęduszko opublikował w swym podręczniku [1]. Jednym z celów tego artykułu jest przegląd pojęć pracy mechanicznej, z uwzględnieniem nazw i oznaczeń tam stosowanych.

2. Pojęcia pracy mechanicznej

Zestawienie wybranych pojęć i oznaczeń

Lp.	Nazwa pracy jednostkowej	Symbol
1	Praca bezwzględna	l
2	Zewnętrzna praca bezwzględna	l_z
3	Praca techniczna	l_t
4	Zewnętrzna praca techniczna	l_{tz}
5	Praca użyteczna	l_u
6	Praca kompresji otoczenia	l_{ot}

Lp.	Nazwa pracy jednostkowej	Symbol
7	Praca tarcia	l_f
8	Praca obiegu termodynamicznego	l_{ob}
9	Praca wykresowa	l_{wk}
10	Praca internijna	l_i
11	Praca przemiany beztarciowej (przemian beztarciowych)	l_o
12	Praca efektywna	l_e
13	Praca doprowadzana do układu	l_d
14	Praca wyprowadzana z układu	l_w

Zestawienie to zawiera większość stosowanych w termodynamice nazw i oznaczeń pracy mechanicznej. Indeks d bywa również w innych przypadkach używany przy wielkościach doprowadzanych, natomiast indeks "w" dotyczy wielkości wyprowadzanych z układu. Indeksy te są stosowane tylko w razie potrzeby. Jeżeli interesuje nas na przykład jednostkowy wkład pracy w realizację przemiany kompresji, to wkład ten możemy wyrazić symbolem l_d, przy czym $l_d = -l_{tz}$.

Praca dotycząca pojedynczej przemiany bywa zaopatrywana indeksem a-b, wskazującym punkt początkowy i końcowy przemiany. W konkretnych przypadkach bywają też stosowane indeksy dodatkowe.

3. Propozycje

Podana w wykazie praca internijna oznacza to samo, co rozpowszechnioną tradycyjna nazwa - praca wewnętrzna. Chcąc posługiwać się nadal w procesie nauczania bardzo pożytecznym pojęciem pracy zewnętrznej ($l_z = l - l_f$, $l_{tz} = l_t - l_f$), autor jest za utrzymaniem nazwy "praca internijna" dla wielkości l_i, będącej sumą prac zewnętrznych i przekazywanej na zewnątrz układu.

Ważnym wskaźnikiem oceny działania adiatermicznych, ekspansyjnych maszyn przepływowych jest stosunek pracy internijnej do pracy teoretycznej l_o, zwany sprawnością internijną (wewnętrzną), a oznaczany symbolem η_i. Sprawność internijna dotycząca adiatermicznych maszyn kompresyjnych oznaczana jest tym samym symbolem, a obliczana jest jako stosunek l_o do l_i. Istnieje możliwość jednoznacznego zdefiniowania pojęcia sprawności internijnej. Stąd propozycja, aby sprawność tę obliczać ze wzoru

$$\eta_i = \left(\frac{l_i}{l_o}\right)^{\mathrm{sign}(l_o)} \tag{1}$$

W równaniu tym wykładnik potęgowy jest równy 1 lub -1, w zależności od znaku algebraicznego pracy l_o. Znak pracy internijnej na ogół jest taki sam jak i znak pracy teoretycznej l_o.

4. Przykład obliczenia sprawności η_i

Przykład ten jest przykładem bardzo uproszczonym i abstrakcyjnym. Załóżmy, że istnieje maszyna tłokowa, w której są realizowane po kolei przemiany występujące w prawobieżnym obiegu Carnota. Różnica polega na tym, że górna izoterma jest przemianą dławienia, pozostałe zaś przemiany pozostają przemianami odwracalnymi. Zakłada się też, że tłok jest beztarciowy. W przykładzie tym, który nie należy do grupy adiatermicznych maszyn przepływowych, praca l_i będzie równa pracy wykresowej, pomniejszonej o pracę tarcia przemiany dławienia $l_f = q_f$ (praca górnej izotermy). Natomiast teoretyczna praca l_o jest równa w tym przypadku pracy wykresowej, czyli równa pracy odwracalnego, prawobieżnego obiegu Carnota. Zatem

$$l_o = \eta_C\, q_f, \qquad l_i = \eta_C\, q_f - q_f.$$

Stąd

$$\eta_i = \frac{\eta_C - 1}{\eta_C} < 0.$$

Rozważania dotyczyły 1 kg czynnika termodynamicznego. Znak algebraiczny pracy teoretycznej w tym przypadku $\mathrm{sign}(l_o) = 1$.

W realnych przypadkach - jak już wspomniano - mamy do czynienia przeważnie z pracami l_i oraz l_o tego samego znaku i dlatego z reguły $\eta_i > 0$. Ujemna wartość sprawności internijnej może też wystąpić przy maszynie realnej, takiej jak tłokowa maszyna parowa. Jeżeli napełnienie cylindra parą świeżą będzie dostatecznie małe, to po odjęciu od pracy wykresowej [1] pracy tarcia otrzymamy również ujemną wartość pracy l_i oraz ujemną wartość sprawności η_i. Natomiast przy badaniach sprężarek nie zachodzi możliwość uzyskania ujemnych wartości sprawności internijnej.

5. Uwagi końcowe

To krótkie opracowanie przeznaczone jest do wygłoszenia na sympozjum, którego celem jest przypomnienie działalności Profesora Ochęduszki w Politechnice Śląskiej. Wysunięte w tym artykule propozycje niechaj będą punktem wyjścia do dyskusji i wzajemnej wymiany doświadczeń pedagogicznych w szerszym gronie polskich termodynamików.

LITERATURA

[1] Ochęduszko St.: Termodynamika stosowana. WNT, Warszawa 1970.

КАК ОПРЕДЕЛЯТЬ ПОНЯТИЕ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОГО КОЭФФИЙИЕНТА ПОЛЕЗНОГО ДЕЙСТВИЯ ПРОТОЧНЫХ МАШИН

Р е з ю м е

Автор приводит обзор избранных обозначений и названий работы, используемых в технической термодинамике и предлагает формулу определения внутреннего коэффициента полезного действия, касающегося как детандеров, так и компрессоров.

HOW TO DEFFINE THE THERMODYNAMIC EFFICIENCY OF FLUID - FLOW MACHINES

S u m m a r y

The paper contains a survey of chosen work designations and terms applied in technical thermodynamics and puts forward a formula to calculate internal efficiency both for expansion as for compression machines as well.