



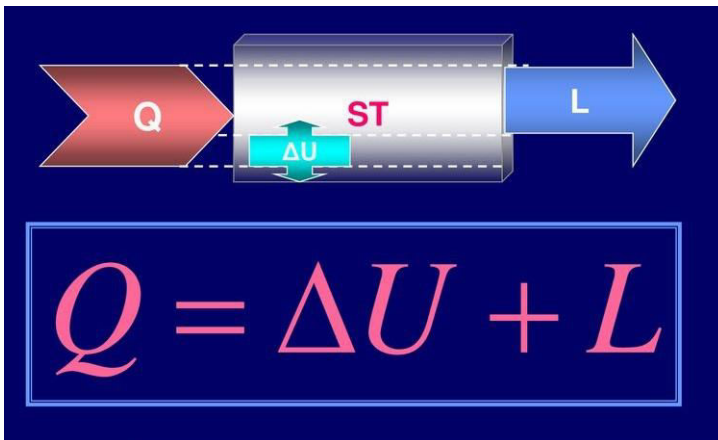
Digitally signed by
Technical Scientific
Library, TUM
Reason: I attest to the
accuracy and integrity of
this document

UNIVERSITATEA TEHNICĂ A MOLDOVEI

TERMODINAMICA TEHNICĂ

Partea I

Îndrumar metodic pentru seminar



Chișinău
2022

UNIVERSITATEA TEHNICĂ A MOLDOVEI

**FACULTATEA ENERGETICĂ
ȘI INGINERIE ELECTRICĂ
DEPARTAMENTUL ENERGETICĂ**

Corina CHELMENCIUC

Valentin MUSTEAȚĂ

TERMODINAMICA TEHNICĂ

Partea I

Îndrumar metodic pentru seminare

**Chișinău
Editura „Tehnica-UTM”
2022**

CZU 536.7(075.8)

C 40

Lucrarea a fost discutată și aprobată la Consiliul FEIE, proces-verbal nr.5 din 14.04.22.

Lucrarea didactico-metodică reprezintă un îndrumar metodic pentru seminare la disciplina *Termodinamica tehnică* privind însușirea mai profundă de către studenți a metodologiei de rezolvare a problemelor aferente temelor de bază din curricula acestei discipline (procese asociate agenților de lucru din mașinile termice) și obținerea abilităților practice la rezolvarea problemelor.

Îndrumarul metodic este destinat studenților Universității Tehnice a Moldovei cu forma de studii la zi și cu frecvență redusă, programele de studii 0713.2 *Termoenergetică*, 0710.1 *Inginerie și management în energetică*, 0713.1 *Electroenergetică*, 0713.3 *Ingineria sistemelor electromecanice*, 0710.2 *Ingineria și managementul calității*, precum și altor programe înrudite cu caracter energetic.

Autori: lect.univ., dr. Corina Chelmenciu

prof.univ., dr. hab.

Valentin Musteață

Redactor responsabil: conf. univ., dr. Viorica Hlusuov

Recenzent: lect. univ. Dumitru Braga

DESCRIEREA CIP A CAMEREI NAȚIONALE A CĂRȚII DIN RM

Chelmenciu, Corina.

Termodinamica tehnică: Îndrumar metodic pentru seminare / Corina Chelmenciu, Valentin Musteață; redactor responsabil: Viorica Hlusuov; Universitatea Tehnică a Moldovei, Facultatea Energetică și Inginerie Electrică, Departamentul Energetică.

– Chișinău: Tehnica-UTM, 2022

– ISBN 978-9975-45-792-7.

Partea 1-a. – 2022.–112 p.: fig., tab. – Bibliogr.: p. 107 (11 tit.).

– 60 ex. – ISBN 978-9975-45-793-4.

536.7(075.8)

C 40

Redactor Eugenia Balan

Bun de tipar 03.05.22

Formatul 60x84 1/16

Hârtie offset. Tipar RISO

Comanda nr. 40

2004, UTM, Chișinău, bd. Ștefan cel Mare și Sfânt, 168
Editura „Tehnica-UTM” 2045, Chișinău, str. Studenților, 9/9

ISBN 978-9975-45-792-7

© C. Chelmenciu, V. Musteață

ISBN 978-9975-45-793-4 (Partea 1)

© UTM, 2022

CUPRINS

PREFATĂ.....	5
INTRODUCERE.....	6
1. NOȚIUNI DE BAZĂ ALE TERMODINAMICII TEHNICE.....	9
1.1. Unități de exprimare a mărimilor fizice utilizate în disciplina studiată.....	9
1.2. Parametri de stare.....	12
1.3. Funcții de stare ale corpului.....	15
1.4. Formele de schimb de energie.....	16
1.5. Probleme rezolvate.....	20
1.6. Probleme propuse pentru rezolvare.....	25
2. PRINCIPIUL ÎNTÂI AL TERMODINAMICII.....	31
2.1. Generalități.....	31
2.2. Indicii energetici ai ciclurilor directe și inversate.....	33
2.3. Probleme rezolvate.....	36
2.4. Probleme propuse pentru rezolvare.....	41
3. GAZE PERFECTE.....	46
3.1. Noțiuni generale.....	46
3.2. Ecuațiile gazelor perfecte.....	47
3.3. Calculul parametrilor și funcțiilor gazului perfect în diverse procese.....	48
3.4. Amestecuri de gaze perfecte.....	50
3.5. Probleme rezolvate.....	52
3.6. Probleme propuse pentru rezolvare.....	57
4. PRINCIPIUL DOI AL TERMODINAMICII.....	63
4.1. Generalități.....	63
4.2. Calculul variației entropiei.....	65
4.3. Indicii ciclurilor reversibile directe și inversate.....	67
4.4. Probleme rezolvate.....	69
4.5. Probleme propuse pentru rezolvare.....	74

5. GAZE REALE ȘI VAPORI.....	77
5.1. Ecuația de stare pentru gazele reale.....	77
5.2. Stări caracteristice pentru vaporii de apă (abur).....	78
5.3. Parametrii aburului la diferite stări.....	80
5.4. Procese termodinamice de bază ale vaporilor de apă.....	81
5.5. Probleme rezolvate.....	83
5.6. Probleme propuse pentru rezolvare.....	87
6. CURGEREA GAZELOR ȘI VAPORILOR.....	90
6.1. Noțiuni generale.....	90
6.2. Curgerea prin ajutaje convergente.....	90
6.3. Curgerea prin ajutajul Laval.....	94
6.4. Laminarea gazelor și a vaporilor.....	97
6.5. Probleme rezolvate.....	98
6.6. Probleme propuse pentru rezolvare.....	104
BIBLIOGRAFIE	107
ANEXE.....	108

PREFAȚĂ

În lucrarea dată sunt prezentate aspecte teoretice și probleme tipice din capitolele termodinamicii tehnice aferente proceselor agenților de lucru din mașinile termice. Unele probleme sunt rezolvate și vor servi în calitate de ajutor pentru dezvoltarea abilităților de rezolvare a problemelor de către studenți.

Practica pedagogică la predarea cursului *Termodinamică tehnică* arată că mulți studenți întâlnesc dificultăți la rezolvarea problemelor. Dacă se ține cont de faptul că variația acestor probleme după conținut și metodele de rezolvare poate fi foarte mare și diversă, atunci este clar că necesitatea acestei lucrări metodice este indiscutabilă. Ea va ajuta studenților să obțină soluții nu numai la problemele mai simple, dar și la cele la care se solicită sinteza cunoștințelor din mai multe capitole, iar rezolvarea lor presupune depunerea unui efort intelectual mai mare.

În același timp, obținerea unor soluții de sine stătător la probleme încurajează activitatea studenților și aprofundează esențial însușirea teoretică a cursului, sporind mult interesul față de disciplină. Găsirea individuală a soluției problemei, obținerea rezultatului corect și aprecierea obiectivă de către profesor a efortului depus de student pot crea motivații pentru o activitate creativă asupra cursului. Principalul constă în obținerea de către student a încrederii în soluționarea problemelor. Fără acest sentiment rezultatele vor fi nesatisfăcătoare. De aceea, după conținut problemele sunt mai complicate și mai simple. Profesorul este obligat să selecteze pentru fiecare student problemele în așa mod, încât să creeze o motivație de activitate asiduă.

Lucrarea este destinată, în special, studenților specialităților din domeniul energiei și ingineriei electrice. Unele capitole vor fi utile și pentru studenții altor specialități inginerești.

INTRODUCERE

Înșușirea calitativă și profundă a cursului *Termodinamica tehnică* este imposibilă fără formarea unor abilități de rezolvare a diferitor tipuri de probleme termodinamice.

Rezolvarea problemelor, obținerea unor rezultate numerice ale parametrilor și indicilor proceselor și ciclurilor contribuie la o însușire mai profundă și mai creativă a materialului teoretic, perfecționează și educă un intelect adevărat de inginer. Prin aceasta se realizează posibilitatea de a utiliza cunoștințele teoretice în calculele ingineresti de destinație energetică. Rezolvarea problemelor cu un conținut termodinamic dă posibilitatea de a obține un volum foarte mare și interesant de informație din practica inginerească cotidiană.

Planificarea activității pentru seminare se face în conformitate cu Curriculumul disciplinei *Termodinamica tehnică*.

Etapele activității de rezolvare a problemelor:

1. Înainte de rezolvarea problemelor la o temă oarecare este necesar a studia materialul teoretic corespunzător, care se prezintă în fiecare capitol. Aceasta nu poate înlocui lucrul de sine stătător cu conspectul/notele de curs sau manualele, dar va ajuta mult la elaborarea algoritmului de rezolvare a problemei.

2. Se analizează atent metodologia de calcul al problemelor tip rezolvate și prezentate în îndrumar pentru fiecare temă separat, după care este foarte utilă analiza rezultatelor problemelor rezolvate. Aceste acțiuni vor da posibilitatea de a evita un șir de erori atât în etapa întocmirii algoritmului de rezolvare a problemei, cât și în etapa efectuării calculelor. Și, fără îndoială, toate acestea vor contribui la dezvoltarea abilităților studenților și la formarea unui specialist mai inteligent.

3. Se rezolvă problemele propuse pentru rezolvare, care pot fi probleme indicate de profesor în calitate de activitate individuală la sfârșitul fiecărui seminar, cât și cele selectate personal de student.

Problemele este rațional a fi rezolvate după următoarea schemă metodică:

a) elucidarea conținutului problemei. Inițial este necesar de înțeles condițiile problemei, de analizat profund toată informația prezentată în problemă, ce se cunoaște, ce este necunoscut, ce este necesar de găsit pe baza legilor cunoscute. Pentru aceasta este necesar de aflat la ce temă ori la ce teme se referă problema;

b) pentru a înțelege mai ușor conținutul problemei se recomandă de reprodus schema principală a instalației sau procesele ori ciclurile în diferite diagrame termodinamice. În această etapă este foarte important de clarificat ce informație suplimentară în corespundere cu conținutul problemei poate fi colectată din îndrumatele tehnice sau din tabelele termodinamice;

c) elaborarea planului de rezolvare. Se presupune de găsit în formă generală relațiile analitice ale mărimilor date și celor necunoscute, ce se calculează, și de stabilit ce transformări sunt necesare pentru obținerea soluției problemei;

d) acțiunea principală la rezolvarea problemei constă în găsirea ideii de soluționare a problemei. Ideea rezolvării, de obicei, se bazează pe cunoașterea materialului teoretic și experiența rezolvării problemelor;

e) elaborând ideea de rezolvare a problemei este necesar a întocmi consecutivitatea matematică a calculelor, a clarifica ce date se folosesc la calcule și ce date sunt de prisos;

f) elaborarea planului de rezolvare a problemei. Este necesar de verificat atent toate relațiile matematice și transformările efectuate, ajungând la o încredere justă că orice acțiune este corectă. Aici este foarte important a folosi corect unitățile mărimilor fizico-tehnice și coeficienților care se conțin în ecuațiile de calcul. Totodată, această informație trebuie exprimată în unitățile sistemului internațional SI;

g) analiza critică a rezultatelor obținute. Presupune examinarea rezultatelor intermediare și finale cu aprecierea

factorilor ce influențează asupra lor la variația mărimilor inițiale, verificarea veridicității rezultatelor numerice, corespunderii lor cu datele fizice și practice. Este util a examina atent tot algoritmul de rezolvare a problemei și în ce unități s-au obținut rezultatele intermediare și cel final.

4. Pentru fiecare problemă indicată de profesor pentru lucrul individual se prezintă la următorul seminar datele inițiale, rezolvarea detaliată și răspunsul în caietul pentru seminar. Profesorul verifică rezolvarea și evaluează lucrul individual al studentului. Pentru a fi admis la examenul final la termodinamica tehnică, studentul trebuie să prezinte rezolvările tuturor problemelor indicate de profesor pentru activitatea individuală pe parcursul semestrului și să fie evaluate cu note trecătoare.

Pentru studierea materialului teoretic și examinarea unor probleme model se recomandă următoarea literatură:

1. Florian I., Niculescu R. Termodinamică tehnică. Pitești: Editura Universității din Pitești, 2005.

2. Arharov A. ș.a. Termotehnica. Chișinău: Lumina, 1991.

3. Roșca M., Blaga A. Termotehnica. Oradea: Editura Universității din Oradea, 2008.

4. D. C. Petrilean. Termodinamica tehnică și mașini termice. București: Editura AGIR, 2010.

5. S. Petrescu. Tratat de inginerie termică: principiile termodinamicii: Abordări clasice și moderne. București: Editura AGIR, 2007.

6. B. Popa ș.a. Termotehnica, agregate și instalații termice. Culegere de probleme. București: Editura Tehnică, 1979.

7. В.А. Кириллин, В.В. Сычев, А.Е. Шейндлин. Техническая термодинамика. Москва: Энергия, 1983.

8. Т.Н. Андрианова и др. Сборник задач по технической термодинамике. Москва: Энергоатомиздат, 1981.

9. В.И. Крутов и др. Техническая термодинамика. Москва: Высшая школа, 1991.

BIBLIOGRAFIE

1. Florian I., Niculescu R. Termodinamica tehnică. Pitești: Editura Universității din Pitești, 2005. - 200 p.
2. Roșca M., Blaga A. Termotehnică. Oradea: Editura Universității din Oradea, 2008. - 165 p.
3. Oprițoiu A. Termotehnică și aparate termice. Termodinamica tehnică. Institutul Politehnic Cluj-Napoca, 1989. - 225 p.
4. Popa V. ș.a. Termotehnică, agregate și instalații termice. Culegere de probleme. București: Editura Tehnică, 1979. - 422 p.
5. Андрианова Т.Н. и др. Сборник задач по технической термодинамике. Москва: Энергоатомиздат, 1981. - 240 с.
6. Ривкин С.Л., Александров А.А. Теплофизические свойства воды и водяного пара. Москва: Энергоатомиздат, 1984. - 423 с.
7. <http://www.termo.utcluj.ro/mf/luc1.pdf> [citat 27.01.2022].
8. Arharov A. ș.a. Termotehnica. Chișinău: Lumina, 1991. - 496 p.
9. Кузовлев В.А. Техническая термодинамика и основы теплопередачи. Москва: Высшая школа, 1983. - 335 с.
10. Нащокин В.В. Техническая термодинамика и теплопередача. Москва: Высшая школа, 1975. - 496 с.
11. Рабинович О.М. Сборник задач по технической термодинамике. Москва: Машиностроение, 1973. - 344 с.