

ÕHU ISOBAARSE ERISOOJUSE MÄÄRAMINE

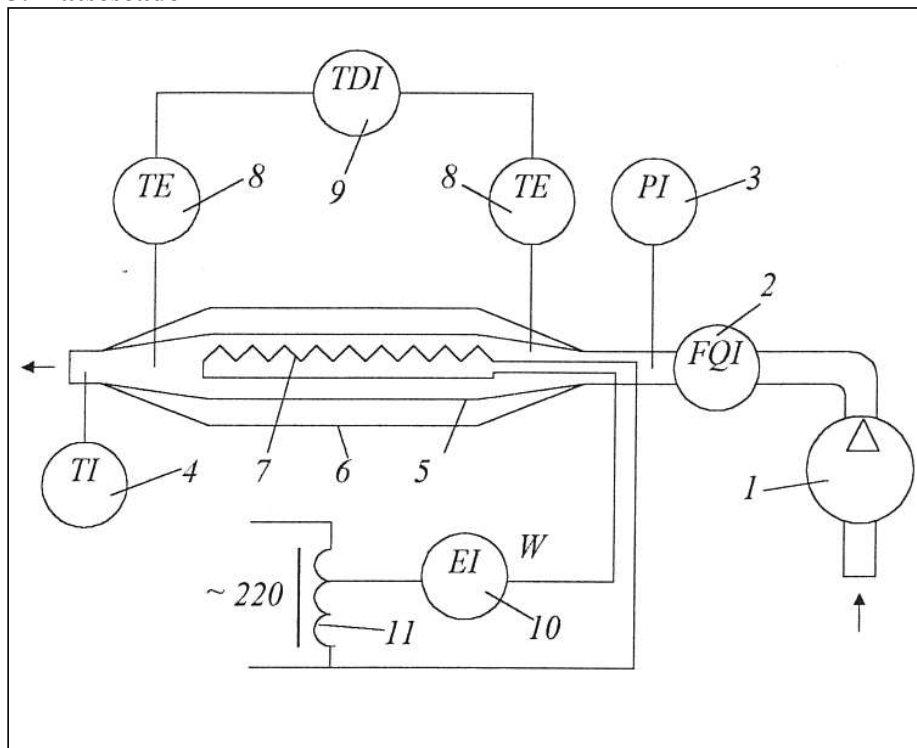
1. Töö eesmärk

Õhu keskmise isobaarse ja isohoorse erisoojuse määramine kindla temperatuurivahemiku kohta kalorimeeter- meetodiga.

2. Töövahendid, mõõteriistad

1. Suruõhk maja süsteemist
2. Läbivoolukalorimeeter
3. Gaasikularvesti (gaasikell)
4. K-tüüpi termopaarid - diferentsiaaltermopaar
5. Millivoltmeeter või potentsiomeeter
7. Vattmeeter
8. Termomeeter
9. Autotrafo
10. Ajamõõtur (kell või stopper)

3. Katseseade



Joonis 4.1. Õhu erisoojuse määramise seadme skeem: 1 – ventilaator; 2 – gaasikulumõõtur; 3 – manomeeter; 4 – termomeeter; 5 – kalorimeeter; 6 – klaasümbris; 7 – küttekeha; 8 – termopaarid; 9 – millivoltmeeter; 10 – vattmeeter; 11 – autotrafo

Katseseadme (joonis 4.1) põhiosa on klaasist kalorimeeter 2, millest juhatakse läbi suruõhk 1. Kalorimeetris on küttekeha, mille küttevoolu reguleeritakse autotrafoga 9 ja võimsust mõõdetakse vattmeetriga 7. Kalorimeetri hõbetatud sisepinnaga klaasümbris ja õhuhõre vaheruum ümbrises väldivad soojuskao väliskeskkonda peaaegu täielikult. Õhukulu läbi kalorimeetri mõõdab gaasiarvesti 3. Õhu temperatuuri kalorimeetrist väljumisel mõõdab

termomeeter 8, õhu temperatuuri tõusu mõõdab K tüüpi diferentsiaaltermopaar 4. Termopaaride termoelektromotoorjõu mõõtmiseks on millivoltmeeter 5.

4. Töö põhimõte

Temperatuurist t_1 temperatuurini t_2 kulgeva isobaarse protsessi soojus kJ

$$Q = c'_{pm} V_0 (t_2 - t_1) \quad (4.1)$$

kus c'_{pm} – keskmine isobaarne mahterisoojus temperatuurivahemikus $\Delta t = t_2 - t_1$ kJ/(m³·K),
 V_0 – õhukulu läbi kalorimeetri katse vältel m³.

Määratav keskmine mahterisoojus (4.1)

$$c'_{pm} = \frac{Q}{V_0 (t_2 - t_1)} \quad (4.1a)$$

Aja τ jooksul mõõdetakse õhukulu läbi kalorimeetri, selle soojendamiseks kulutatud soojust ja õhu temperatuuri tõusu kalorimeetris.

Keskmine isobaarne masserisoojus kJ/(kg·K)

$$c_{pm} = c'_{pm} / \rho_0 \quad (4.2)$$

kus ρ_0 – õhu tihedus normaalingimustel kg/m³, $\rho_0 = \mu/22.4$,
 μ – õhu moolmass $\mu = 28.93$ kg/kmol.

Seos isohoorse ja isobaarse erisoojuse vahel (Mayeri võrrandist)

$$c_{vm} = c_{pm} - R \quad (4.3)$$

kus R – õhu gaasikonstant kJ/(kg·K) (google - „universal and Individual Gas Constants“).

5. Töö käik

Juhendaja on eelnevalt käivitanud süsteemi ja teostanud reguleerimise. Mõne aja pärast (>10 minutit) saabub kalorimeetris termiline tasakaal (temperatuur jääb stabiilseks). Kirjutatakse üles kuluarvesti algnäit, sellest hetkest algab ka katse. Iga minuti järel kirjutatakse tabelisse

- küttevõimsus P_w ,
- õhu temperatuur kalorimeetrist väljumisel t_2 ja temperatuuri tõus kalorimeetris Δt .

Katse kestus $\tau = 10$ min. Katse lõpeb kuluarvesti näidu ja katse kestuse üheaegse registreerimisega. Katset korratakse 2 korda mõnevõrra erinevate küttevõimsustega (juhendaja täpsustab), mille tõttu ka temperatuuritõus kalorimeetris on iga kord erinev.

Hoiatused

1. Vältida olukordi, millal küttekeha on jahutuseta.

Kogutud andmete aritmeetilistest keskvärtustest arvutatakse erisoojus (4.1a), kusjuures soojus kJ

$$Q = Q_{el} = P_w \tau \cdot 10^{-3} \quad (4.4)$$

kus P_w – küttevõimsus W,
 τ – katse kestvus s.

Märkus. Protsessi soojuse võrdsustamine küttesoojusega (4.6) ei ole päris korrektne. Tegelikult

$$Q_{el} = Q + Q_k + Q_n \quad (4.5)$$

kus Q_k – kalorimeetri osade soojendamissoojus,
 Q_n – kalorimeetri jahtumiskaod.

Q_k ja Q_n ei ole suured, nende arvestamine on ebatäpne, mistõttu kehtivaks loetakse võrdus (4.5), kuid katsetulemuste täpsuse hindamisel tuleb mainitud seika arvestada.

Arvutada c_{pm} (4.3), c_{vm} (4.4), c'_{vm} (4.5) ja $k = c_{pm}/c_{vm}$.

Töö järeldustes pöörata tähelepanu üksikute katseseeriade tulemuste erinevuse põhjustele, võrrelda tulemusi teoreetiliste väärtustega, mida võib leida näiteks internetist „õhu omadused“, „air thermal properties“ vms.

7. Kontrollküsimused

1. Selgitada, mispärast $c_p > c_v$ ($c_{pm} > c_{vm}$).
2. Milliste gaaside erisoojus ei sõltu temperatuurist?
5. Millise gaasi korral on vaja arvestada erisoojuse sõltuvust ka rõhust?

8. Kirjandus

1. Ots, A. Termodünaamika. Tallinn: Valgus, 1972 323 lk.
2. Kull, A., Mikk, I., Ots, A. Soojustehnika. Tallinn: Valgus, 1974. 552 lk.
3. Беляев Н.М. Термодинамика. Киев, 1987. 344 с.
4. Лабораторный практикум по термодинамике и теплопередаче. Под ред. В.И. Крутова и Е.В. Шишова. М., 1988. 216 с.
5. Зубарев В.Н., Александров А.А. Практикум по технической термодинамике. 2-е изд. М., 1971. 352 с.
6. Käsiraamat gaaside füüsikaliste omaduste kohta.