

DIAFRAGMAKULUMÕÕTURI TAREERIMINE

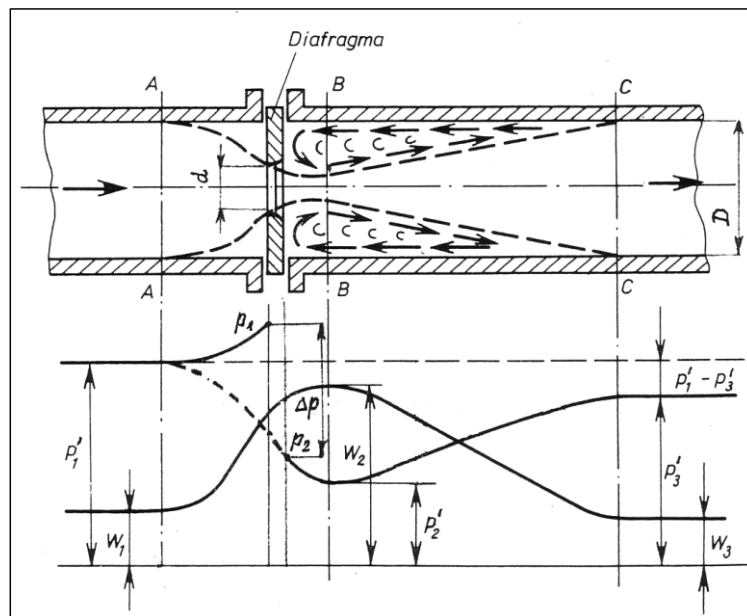
1. Töö eesmärk

1. Tutvuda diafragmakulumõõduri ehituse ja tööpõhimõttega.
2. Tareerida diafragmakulumõõdur. Koostada tareerimiskõverad $Q = k\sqrt{\Delta p}$ ja $C = f(\text{Re}_D)$ korral. Esitada koostatud kõverate valemid ja diafragmakulumõõduri tööpiirkond.

2. Tööks vajalikud vahendid

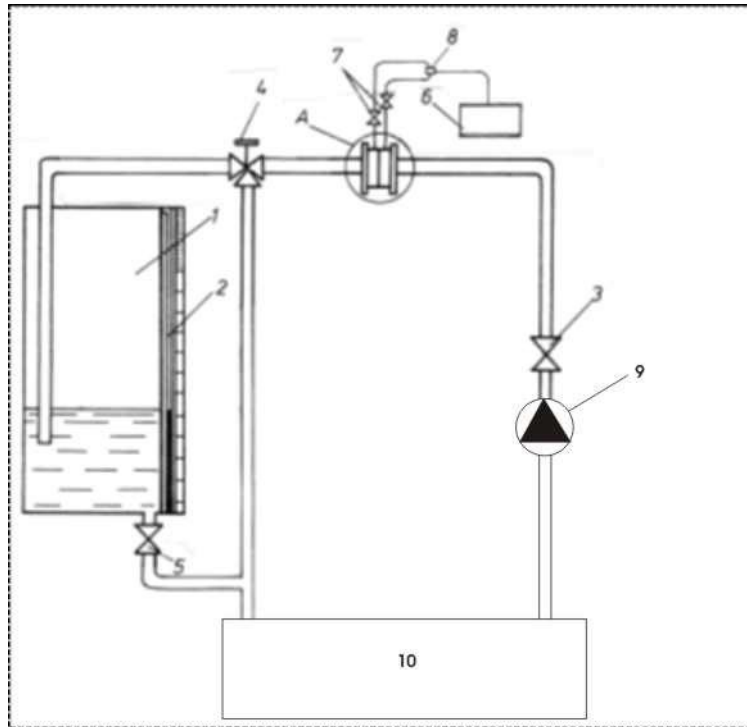
1. Mõõdetiafragma veetoru sirgel lõigul
2. Mõõtepaak veeklaasiga
3. Rõhulangu mõõteriist
4. Piesoelektriline muundur
5. Termomeeter
6. Stopper

3. Katseseadme skeem ja tööpõhimõtte kirjeldus



Joonis 2.1. Joa ahenemine ja voolu kiirenemine diafragma piirkonnas

Vedeliku voolamisel läbi torule asetatud diafragma tekib joa kohalik ahenemine ja vooluse kiirenemine (joonis 2.1). Joa kineetiline energia suureneb, kuid potentsiaalne energia, seega ka staatiline rõhk väheneb. Teatud kaugusel diafragma taga saavutab voolukiirus esialgse väärtuse ning staatiline rõhk taastub osaliselt (p'_3). Diafragma hüdrodünaamilise takistuse tõttu esineb jääv rõhukadu ($p_1 - p'_3$).



Joonis 2.2. Diafragma kulumõõtori tareerimisseadme skeem:

1 – mõõtepaak; 2 – nivooklaas; 3 – veekulu reguleerimiskraan; 4 – vee sisselaskekraan; 5 – väljalaskekraan; 6 – rõhulangu mõõteriist; 7 – impulsskraanid; 8 – piesomuundur; 9 – pump; 10 – kogumispak; A – diafragma sõlm

Muutuva rõhulanguga kulumõõtur koosneb kuludiafragmast, piesomuundurist ja nendega ühendatud numbrinäiduga mõõteriistast. Staatile rõhulang vahetult diafragmas (joonis 2.1) $\Delta p = p_1 - p_2$ sõltub vedeliku kulust. Selle sõltuvuse määramist katselisel teel nimetatakse diafragma kulumõõtori tareerimiseks, mis ongi töö põhiülesanne. Torule on monteeritud rõngaskambritega diafragma (sõlm A, joonis 2.2). Veevoolu avamiseks mõõtepaaki ja sellest möödajuhtimiseks järjekordse veekulu reguleerimise ajal on ette nähtud kraan 4. Rõhulangu mõõdetakse digitaalmõõteriistaga 6, mis saab impulsi piesomuunduri 8 kaudu. Diafragma lahutamiseks mõõteriistast on impulsstorudel kraanid 7. Katse ajal mõõtepaaki 1 kogunenud vee maht määratakse nivooklaasi 2 mõõteskaalalt. Veekulu reguleeritakse kraani 3 abil. Mõõtepaaki tühjendatakse kraani 5 kaudu. Diafragma ehitus (sõlm A) on joonisel 2.3.

Kokkusurumatu vedeliku ($\rho = \text{const}$) voolamisel kehtib Bernoulli võrrand

$$\frac{p}{\rho} + \frac{w^2}{2} + gz = \text{constant} \quad (2.1)$$

w – vedeliku vool kiirus m/s;

g – raskuskiirendus m/s²;

z – iseloomustatava punkti kõrgus m;

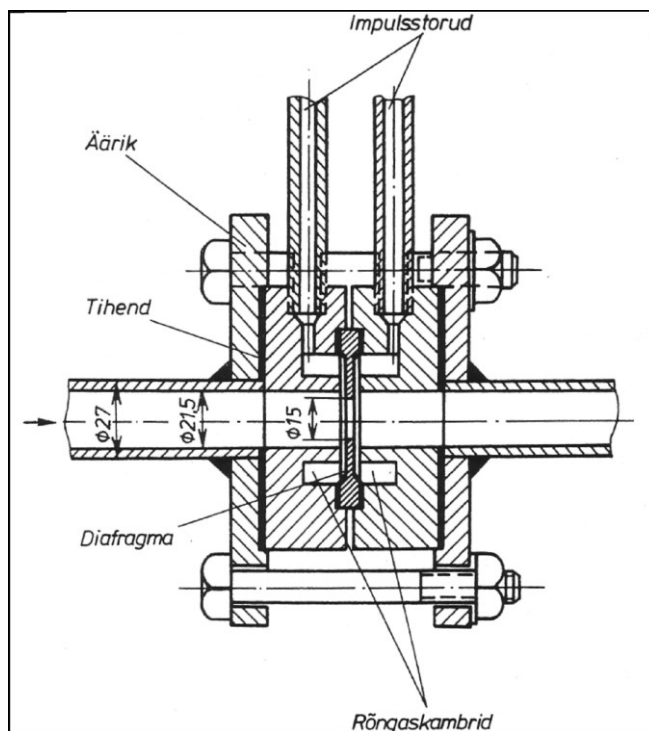
p – vedeliku staatile rõhk valitud punktis;

ρ – vedeliku tihedus.

Kehtib ka joa pidevuse võrrand (massijäävusseadus)

$$\rho A w = \text{constant} \quad (2.2)$$

kus A – toru ristlõikepind m^2 ;
 w – vedeliku vool kiirus m/s ;
 ρ – vedeliku tihedus.



Joonis 2.3. Diafragma sõlm A

Võrrandite (2.1) ja (2.2) koos lahendamisel ja arvestades tegeliku rõhulanguga $\Delta p = p_1 - p_2$ vahetult diafragma ees ja taga, saadakse seos vedeliku mahulise kulu ja staatilise rõhulangu vahel

$$Q = \alpha A \sqrt{\frac{2 \Delta p}{\rho}} \quad \text{m}^3/\text{s} \quad (2.3)$$

kus A – diafragma ristlõikepind m^2 ;
 α – diafragma kulutegur;
 ρ – vedeliku tihedus;
 Δp – rõhulang diafragmas.

Diafragma kulutegur α arvestab joa ahenemise iseloomu, energiakadu voolamisel läbi diafragma ning kiiruste ebaühtlast jaotust joa ristlõikes

$$\alpha = CE \quad (2.4)$$

kus
 C – läbivoolutegur;
 E – drosseli geomeetria tegur.

$$E = (1 - \beta^4)^{-0.5}$$

$$\beta = \frac{d}{D}, \quad (d = 15 \text{ mm}, D = 21,5 \text{ mm})$$

Läbivoolutegur C sõltub drosseli geometriast, voolamisrežiimi iseloomustavast Reynoldsi arvust ja diameetrite suhtest β . Selle teguri välja arvutamiseks on koostatud keerukaid empiirilisi valemeid. Lisainfot leiab Ingermanni koostatud õpikust [1].

4. Töö käik

Enne katse alustamist nullitakse diferentsiaalmanomeetri näit vajutades nuppu „Tare“. Mitmesuguste veekulude korral, mida reguleeritakse ventiili 3 abil, mõõdetakse aja τ jooksul paaki kogunev vee maht Q' . Veehulk Q' loetakse mõõdetpaagi nivooklaasi 2 skaalalt dm^3 . Iga veekulu korral loetakse 4 korda diferentsiaalmanomeetri näit (katse alguses, kohe pärast kraani asendi muutmist, ja siis iga minuti järel, viimane näit võetakse just enne kraani asendi muutmist). Katse kestab 4 minutit või kuni mõõteanumasse on kogunenud 100 dm^3 vett. Kokku teostatakse 10 katset erinevatel veekuludel. Kulud tuleks valida nõnda, et kaetaks kogu katseseadme töövahemik (minimaalsest maksimaalse kuluni). Katsetulemuste kõvera väljajoonistamise seisukohalt on kasulik võtta tihedamalt punkte väikese veekulu juures. Voolava vee temperatuuri mõõdetakse termomeetriga.

5. Katseandmete töötlemine

Sõltuvusest (2.3) arvutatakse kulutegur α katseliselt leitud veekulu ja rõhulangu järgi ja esitatakse funktsioonina Reynoldsi arvust Re_D

$$Re_D = \frac{wD}{\nu} \quad (2.6)$$

kus w – vedeliku voolamise kiirus torus m/s ;
 D – hüdrauliline diameeter m ;
 Q – vedeliku kulu m^3/s ;
 ν – vedeliku kinemaatiline viskoossus m^2/s .

Suuruste ρ ja ν väärtused leitakse vastavalt temperatuurile käsiraamatutest või Internetist.

Mõõtmiste tulemused koondatakse tabelisse 2.1.

Lisaks tuleks välja arvutada igale mõõtmisele Reynoldsi arv, kulutegur ja läbivoolutegur. Sõltuvuse $C = f(Re_D)$ ehitamisel kantakse Re_D abstsisssteljele **logaritmilises** mastaabis. Sõltuvuse $Q = k\sqrt{\Delta p}$ puhul kantakse $\sqrt{\Delta p}$ ($\text{Pa}^{1/2}$) abstsisssteljele, Q (m^3/s) ordinaatteljele ja punktide abil koostatud lähendatud sirge sunnitakse läbima teljestiku 0-punkti. Hinnata rõhuvahe mõõtmise määramatust erinevate veekulude korral. Esitada läbivoolutegur koos määramatusega erinevatel kuludel ja keskmiselt. Esitada k väärtus koos määramatusega.

Tabel 2.1

Nr.	Rõhulang	Katse jooksul kogumispaki voolanud vee kogus	Katse kestvus
	Δp	Q'	τ
	kPa	dm ³	s
1			

Vee temperatuur: $t =$ °C

6. Kontrollküsimesi ja ülesandeid

1. Näidata, kuidas kulgeb ligikaudu staatilise rõhu muutus diafragma torulõigul.
2. Mis on normaaldiafragma? Millistele tingimustele ta peab vastama? Tutvuda normaaldiafragma konstruktsiooniga raamatust.
3. Kuidas tuleb diferentsiaalmanomeetri impulssjuhtmed diaframmaga ühendada? Kas diaframmale võimalikult lähedale või eemale?
4. Millised on põhilised nõuded normaaldiafragma paigaldamisel torule?
5. Kas impulssjuhtmete pikkus mõjutab mõõtmistäpsust?
6. Millised tegurid halvendavad diafragma kulumääramise täpsust?
7. Millistest teguritest sõltub kulutegur α ? Põhjendada saadud $\alpha = f(Re_D)$ kulgu.
8. Milliseid teisi drosseli konstruktsioone peale diafragma veel kasutatakse?
9. Mil määral on saadud tareerimiskõver rakendatav teiste vedelike ja gaaside kohta, kui need voolavad läbi sama diafragma?
10. Milleks on vaja ekspluatatsioonis olevaid diafragmasid aeg-ajalt ümber tareerida?

7. Kirjandus

1. Ingermann, K. Soojustehnika mõõtevahendid. TTÜ Kirjastus 2015
2. Kull, A. Soojustehnilised mõõtmised. Tallinn, Valgus, 1974.
3. Soojustehnika käsiraamat. Tallinn: Valgus, 1977.
4. Мурин Г. Теплотехнические измерения. Москва: Энергия, 1979.