

# Mérési segédlet

## H02 Kapulégfüggöny kísérleti vizsgálata

2013/14 II. félév

verzió:  
2014. 04.13

## 1. Előzetes ismeretek

A segédlet elolvasása előtt ajánljuk Lajos Tamás tankönyvéből alaposan tanulmányozni a következő fejezeteket: az impolzustétel [1]; sík szabadsugarak és tulajdonságaik [2]; kapulégfüggönyök és működésük [3]. Ezen kívül érdemes felidézni az alapvető áramlástan menynyiségek mérésére szolgáló eszközöket, működési elvüket, és a hozzájuk kapcsolódó kiértékelő képleteket [4]. Ezeket az anyagrészeket ismertnek tételezzük fel.

## 2. A mérés során szereplő mennyiségek és használt jelölésük

## 3. A mérőberendezés leírása

## 4. Elméleti összefoglaló méréshez és kiértékeléshez

A mérés során rendelkezésre álló kapulégfüggöny-modellen három alapvetően különböző üzemállapotot állíthatunk be: ezeket nem szivárgó, befelé szivárgó és kifelé szivárgó légfüggönynek fogjuk hívni. Szivárgás alatt itt a kapulégfüggönyön áthaladó eredő térfogatáramot értjük. Egy nem szivárgó légfüggöny esetében (rendellenes üzemállapot esetén) lehetséges, hogy a kapu különböző részein befelé- vagy kifelé áramló közeget találunk, de az eredő térfogatáram nulla.

### *Mérendő bemeneti és kimeneti paraméterek a különböző esetekben*

A) Nem szivárgó légfüggöny: a belső tér szivócsonkját lezárjuk, a kupun áthaladó eredő térfogatáram nulla. Ezt az üzemállapotot, melyet az irodalom [3] tárgyal, és amelynek viszonyait – névleges működés esetén - ismerjük.

Ekkor a beállítható bemeneti paraméterek egy üzemállapothoz:

a környezeti abszolút nyomás és hőmérésklet, ebből számítva a levegő sűrűsége

jet dinamikus nyomása, ebből számítva a szabadsugár sebessége, térfogatárama és impulzusárama résszélesség

kapuszélesség

kapuszög

A rendszer viselkedéséből adódó, mérhető kimeneti paraméterek:

nyomáskülönbség a kültér és beltér között, ebből számítva a kapulégfüggöny görbületi sugara

B) Kifelé szivárgó légfüggöny: a belső tér szivócsonkját kinyitjuk, ekkor a szabadsugár a belső tér levegőrészeit magával ragadva, a szivócsonkon át a belső téren keresztülhaladó, majd abból a kapulégfüggönyön át kifelé távozó, eredő térfogatáramot hoz létre.

Ekkor a beállítható bemeneti paraméterek egy üzemállapothoz:

a környezeti abszolút nyomás és hőmérésklet, ebből számítva a levegő sűrűsége

jet dinamikus nyomása, ebből számítva a szabadsugár sebessége, térfogatárama és impulzusárama résszélesség

kapuszélesség

kapuszög

A rendszer viselkedéséből adódó, mérhető kimeneti paraméterek:

nyomáskülönbség a kültér és beltér között, ebből számítva a kapulégfüggöny görbületi sugara a szívócsonkhoz illesztett beszívó mérőtölcséren mérhető nyomáskülönbség, ebből számítva a belső téren áthaladó térfogatáram.

C) Befelé szivárgó légfüggöny: a belső tér szívócsonkjára egy a levegő elszívására, vagyis nyomáskülönbség létrehozására képes áramlástechnikai gépet kötünk. Ezzel olyan nyomásviszonyokat hozunk létre, hogy valamennyi levegő a szabadsugárból és a külső térből a kapun keresztül a belső téren áthaladva a szívócsonkon fog távozni. Ekkor tehát a kapulégfüggönyön át befelé haladó eredő térfogatáram jön létre.

Ekkor a beállítható bemeneti paraméterek egy üzemmárhoz:

a zárt tér beszívócsonkján kialakított mérőperemen mérhető nyomáskülönbség, melyből az elszívott térfogatáram számítható – ezt a szívást biztosító gép üzemi állapotjának szabályozásával és az elszívócsonk után berakott bypass ágban lévő pillangószelepek állásával tudjuk szabályozni a környezeti abszolút nyomás és hőmérséklet, ebből számítva a levegő sűrűsége  
jet dinamikus nyomása, ebből számítva a szabadsugár sebessége, térfogatárama és impulzusárama  
résszélesség

kapuszélesség

kapuszög

A rendszer viselkedéséből adódó, mérhető kimeneti paraméterek:

nyomáskülönbség a kültér és beltér között, ebből számítva a kapulégfüggöny görbületi sugara.

### ***Rendes és rendellenes üzemi állapotok felismerése***

Rendes üzemi állapot során a kapulégfüggőnyt alkotó szabadsugár a kapu falához tapad (a Coanda-effektus következtében) és ez az állapota stabil. A beállított kapuszög meghatározza a szabadsugár alakját, elsősorban görbületi sugarát, ebből pedig kialakul a belső és külső tér közti nyomáskülönbség.

Rendes üzemi állapotban a kapulégfüggöny nem szivárgó. Amennyiben a szivárgás térfogatárama kis mértékű a légfüggöny befúvásnál fellépő térfogatáramához képest, úgy feltételezhetjük, hogy a légfüggöny rendes üzemi állapotban van, és a rendes üzemi állapotnak megfelelő képletek érvényesek maradhatnak.

Rendellenes üzemi állapot lép fel nem szivárgó kapulégfüggőnyénél, ha a kapuszög vagy a kapuszélesség túl nagy, ezért a szabadsugár nem tud a kapu falához tapadni és stabilan görbületű alakot felvenni. Ekkor a szabadsugár csapkodhat (ingadozó nyomáskülönbséget létrehozva), vagy stabilan elválhat a falról és kiegyenesedhet. Ez utóbbi üzemi állapotban a belső- és külső tér nyomásváltozása nullává válik.

Szintén rendellenes üzemi állapot lép fel akkor, ha a szivárgás mértéke számottevő, hiszen ekkor a rendes üzemi állapot elméletében tárgyalt impulzusáram-viszonyokhoz képest jelentős eltérés tapasztalható. Erős befelé szivárgáskor a szabadsugár a belső tér felé görbül, és az elszívócsonkon keresztül távozik, a nyomásviszonyok bonyolultak. Erős kifelé szivárgáskor a szabadsugár nem görbül meg, mivel a szívócsonkon keresztül a külső és belső tér nyomáskülönbsége ki tud egyenlítődni, ekkor a nyomásviszonyok mellett elsősorban a térfogatáram-viszonyok az érdekesek.

## 5. Mérési feladatok

A) nem szivárgó kapulégfüggöny

A belső tér szivócsonkjának lezárásával és az esetleges rések szigetelésével hozzon létre nem szivárgó légfüggönyt!

Végezze el a bemenő és kimenő paraméterek mérését a következő parametrikus vizsgálattal:

a környezeti abszolút nyomás és hőmérsékletét a mérés elején és végén mérje le, az átlagukból számítsa a levegő sűrűségét.

jet dinamikus nyomását állítsa a mérőkocsi által megengedett maximális értékre, a mérés során Pitot-csővel előre választott rendszeres időközönként a rés három pontjában mérje a dinamikus nyomást, ezekből térbeli átlagolás után számítsa az újramérések közti időszakokra vonatkozó diamikus nyomást, sebességet, térfogatáramot és impulzusáramot.

a résszélesség értékét az elején állítsa be fixen egy kis értékre úgy, hogy az a felhasznált Pitot-cső átmérőjénél még nagyobb legyen.

A kapuszélesség és kapuszög változtatásával állítson be különböző üzemállapotokat, és mérje meg a bel- és kültér közti nyomáskülönbséget! A modell által megengedett kapuszélesség-kapuszög tartományban legalább 20, egyenletesen elosztott pontot vegyen föl! Ezután – ha talál a nyomáskülönbség szempontjából különösen viselkedő paramétertartományt, azok környezetében újabb 20 pontot állítson be! Összesen legalább negyven üzemállapoti pontban mérjen!

Vizualizálja a légfüggöny működését lézersík és a környezetbe fecskendezett füsttel, vagy a kocsi ventilátorán keresztül a szabadsugarba, vagy a zárt tér szivócsonkján keresztül a zárt térbe fecskendezett füsttel. Legalább két különböző, lényegesen eltérő üzemállapotot vizsgáljon. A látottakat vesse össze a kapulégfüggöny feltételezett működési viszonyaival. Erről készítsen szöveges értékelést, vázlatrajzot. Lehetőség szerint fényképezze le a vizualizált áramlást.

Kiértékelés: mutassa be az elsődlegesen mért mért és ebből számított bemeneti és kimeneti paraméterek táblázatát. Ábrázolja az elsődlegesen változtatott bemeneti paraméterek függvényében a kimeneti parameter változását görbesereggel, vagy 3D plot formájában. Számítsa ki az irodalom által megadott képletek segítségével a beállított bemeneti paraméterekből a névleges üzemállapot esetén adódó nyomáskülönbséget, és vesse össze a mérésekkel.

Végezze el a mért adatok dimenziótlanítását: számítsa ki az ön által beállított dimenziótlan  $B$  és  $\sin \beta$  bemeneti paramétereket, valamint a mért nyomáskülönbségekből a dimenziótlan  $D$  nyomáskülönbséget. Számítsa ki az ön által mért adatokból számítható  $K$  tényezőt, és ábrázolja ezt  $B$  és  $\sin \beta$  függvényében az irodalomban megadott képlettel együtt!

Értékelje a kapott rendszer viselkedését. van-e kvalitatív vagy akár kvantitatív egyezés az irodalom által jóslt eredmények és a mért eredmények között? Mely paramétertartományban jó az egyezés? Van-e olyan paramétertartomány, ahol a rendszer viselkedése lényegesen eltér az irodalom által jóslttól? Hogyan jellemezhetjük itt a rendszer viselkedését? Milyen összевűgést lehet teremteni ekkor a kimeneti és bemeneti paraméterek között?

## B) Kifelé szivárgó kapulégfüggöny

A belső tér szívócsonkjára illesszen beszívó mérőtölcsért és az esetleges rések szigetelésével hozzon létre kifelé szivárgó légfüggönyt!

Végezze el a bemenő és kimenő paraméterek mérését a következő parametrikus vizsgálattal:

a környezeti abszolút nyomás és hőmérsékletét a mérés elején és végén mérje le, az átlagukból számítsa a levegő sűrűségét.

jet dinamikus nyomását változtassa a mérőkocsi által megengedett maximális érték és ennek 20%-a között minimum 3 fokozatban. A mérés során Pitot-csővel előre választott rendszeres időközönként a rés három pontjában mérje a dinamikus nyomást, ezekből térbeli átlagolás után számítsa az újramérések közti időszakokra vonatkozó dinamikus nyomást, sebességet, térfogatáramot és impulzusáramot.

a résszélesség értékét az elején állítsa be fixen egy kis értékre úgy, hogy az a felhasznált Pitot-cső átmérőjénél még nagyobb legyen. A kapuszélességet rögzítse egy fix értéken.

A kapuszög és a sebesség változtatásával állítson be különböző üzemállapotokat, és mérje meg a bel- és kültér közti nyomáskülönbséget, valamint a beszívó mérőperemen mérhető nyomásesést! A modell által megengedett sebesség-kapuszög tartományban legalább 20, egyenletesen elosztott pontot vegyen föl! Ezután – ha talál a két mért nyomáskülönbség szempontjából különösen viselkedő paramétertartományt, azok környezetében újabb 20 pontot állítson be! Összesen legalább negyven üzemállapoti pontban mérjen!

Vizualizálja a légfüggöny működését lézersík és a környezetbe fecskendezett füsttel, vagy a kocsi ventilátorán keresztül a szabadsugárba, vagy a zárt tér szívócsonkján keresztül a zárt térbe fecskendezett füsttel. Legalább két különböző, lényegesen eltérő üzemállapotot vizsgáljon. A látottakat vesse össze a kapulégfüggöny feltételezett működési viszonyaival. Erről készítsen szöveges értékelést, vázlatrajzot. Lehetőség szerint fényképezze le a vizualizált áramlást.

Kiértékelés: mutassa be az elsődlegesen mért és ebből számított bemeneti és kimeneti paraméterek táblázatát. Ábrázolja az elsődlegesen változtatott bemeneti paraméterek függvényében a kimeneti paraméterek (nyomáskülönbség és térfogatáram) változását görbesereggel, vagy 3D plot formájában. Annak feltételezésével, hogy a légfüggöny nem szivárog, számítsa ki az irodalom által megadott képletek segítségével a beállított bemeneti paraméterekből a névleges üzemállapot esetén adódó nyomáskülönbséget, és vesse össze a mérésekkel.

Végezze el a mért adatok dimenziótlanítását: számítsa ki az ön által beállított dimenziótlan  $B$  és  $\sin$  Beta bemeneti paramétereket, valamint a mért nyomáskülönbségekből a dimenziótlan  $D$  nyomáskülönbséget. Definiálja és számítsa ki a dimenziótlan  $Q$  parameter, mint a szivárgási térfogatáram és a szabadsugár befűvő részén mérhető térfogatáram hányadosát. Ábrázolja  $B$ ,  $D$  és  $Q$  kapcsolatát!

Számítsa ki az ön által mért adatokból számítható  $K$  tényezőt, és ábrázolja ezt  $B$  függvényében az irodalomban megadott képlettel együtt!

Értékelje a kapott rendszer viselkedését. van-e kvalitatív vagy akár kvantitatív egyezés az irodalom által jóslt eredmények és a mért eredmények között? Mely paramétertartományban jó az egyezés? Van-e olyan paramétertartomány, ahol a rendszer viselkedése lényegesen eltér az irodalom által jóslttól? Hogyan jellemezhetjük itt a rendszer viselkedését? Milyen összefüggést lehet teremteni ekkor a kimeneti és bemeneti paraméterek között?

### C) Befelé szivárgó kapulégfüggöny

A belső tér szivócsonkjára kösse rá a bypass ággal ellátott csővel a szivást biztosító gépet! Az esetleges rések szigetelésével hozzon létre befelé szivárgó légfüggönnyt!

Végezze el a bemenő és kimenő paraméterek mérését a következő parametrikus vizsgálattal:

a környezeti abszolút nyomás és hőmérsékletét a mérés elején és végén mérje le, az átlagukból számítsa a levegő sűrűségét.

A résszélesség értékét az elején állítsa be fixen egy kis értékre úgy, hogy az a felhasznált Pitot-cső átmérőjénél még nagyobb legyen. A kapuszélességet és kapuszögét rögzítse egy fix értéken.

Kikapcsolt jet mellett mérje meg az elszívott térfogatáram maximális értékét. Számítsa ki, hogy ezt a térfogatáramot a jettel milyen dinamikus nyomás mellett érhetjük el.

A jet dinamikus nyomását változtassa minimum 4 fokozatban. A mérés során Pitot-csővel előre választott rendszeres időközönként a rés három pontjában mérje a dinamikus nyomást, ezekből térbeli átlagolás után számítsa az újramérések közti időszakra vonatkozó dinamikus nyomást, sebességet, térfogatáramot és impulzusáramot.

A jet dinamikus nyomásának és a beszívó mérőperemen mérhető nyomsákkülönbségeknek a változtatásával állítson be különböző üzemállapotokat, és mérje meg a bel- és kültér közti nyomsákkülönbséget! A modell által megengedett dinamikus nyomás-nyomsákkülönbség tartományban legalább 10, egyenletesen elosztott pontot vegyen föl! Ezután mérjen újabb, legalább 10 olyan beállításban, amikor a jet dinamikus nyomása a mérőperem nyomsákkülönbségéhez képest nagy, és 10 olyan pontban, amikor a jet dinamikus nyomása kicsi a mérőperemen mért értékekhez képest. Ha talál a két mért nyomsákkülönbség szempontjából különösen viselkedő paramétertartományt, azok környezetében újabb 10 pontot állítson be! Összesen legalább negyven üzemállapoti pontban mérjen!

Vizualizálja a légfüggöny működését lézersík és a környezetbe fecskendezett füsttel, vagy a kocsli ventilátorán keresztül a szabadsugárba, vagy a zárt tér szivócsonkján keresztül a zárt térbe fecskendezett füsttel. Legalább két különböző, lényegesen eltérő üzemállapotot vizsgáljon. A látottakat vesse össze a kapulégfüggöny feltételezett működési viszonyaival. Erről készítsen szöveges értékelést, vázlatrajzot. Lehetőség szerint fényképezze le a vizualizált áramlást.

Kiértékelés: mutassa be az elsődlegesen mért és ebből számított bemeneti és kimeneti paraméterek táblázatát. Ábrázolja a nyomsákkülönbség és a jet- és az elszívott térfogatáramok összefüggését görbesereggel, vagy 3D plot formájában. Annak feltételezésével, hogy a légfüggöny nem szivárog, számítsa ki az irodalom által megadott képletek segítségével a beállított bemeneti paraméterekből a névleges üzemállapot esetén adódó nyomsákkülönbséget, és vesse össze a mérésekkel.

Végezze el a mért adatok dimenziótlanítását: számítsa ki az ön által beállított dimenziótlan  $B$  és  $\sin \beta$  bemeneti paramétereket, valamint a mért nyomsákkülönbségekből a dimenziótlan  $D$  nyomsákkülönbséget. Definiálja és számítsa ki a dimenziótlan  $Q$  parameter, mint a szivárgási térfogatáram és a szabadsugár befúvó részén mérhető térfogatáram hányadosát. Ábrázolja  $D$  és  $Q$  kapcsolatát!

Számítsa ki az ön által mért adatokból számítható  $K$  tényezőt, és ábrázolja ezt  $B$  függvényében az irodalomban megadott képlettel együtt!

Értékelje a kapott rendszer viselkedését. van-e kvalitatív vagy akár kvantitatív egyezés az irodalom által jóslt eredmények és a mért eredmények között? Mely paramétertartományban jó az egyezés? Van-e olyan paramétertartomány, ahol a rendszer viselkedése lényegesen eltér az irodalom által jóslttól? Hogyan jellemezhetjük itt a rendszer viselkedését? Milyen összefüggést lehet teremteni ekkor a kimeneti és bemeneti paraméterek között?

## 6. Források

Az impulzustétel [1]; sík szabadsugarak és tulajdonságaik [2]; kapulégfüggönyök és működésük [3]. Ezen kívül érdemes felidézni az alapvető áramlástan menntiségek mérésére szolgáló eszközöket, működési elvüket, és a hozzájuk kapcsolódó kiértékelő képleteket [4].

[1] Dr. Lajos Tamás: Az áramlástan alapjai, Budapest, 2008. 7.1.1 fejezet

[2] Dr. Lajos Tamás: Az áramlástan alapjai, Budapest, 2008. 7.5.2 fejezet

[3] Dr. Lajos Tamás: Az áramlástan alapjai, Budapest, 2008. 7.5.2 fejezet

[4] Dr. Lajos Tamás: Az áramlástan alapjai, Budapest, 2008. 6.2.5,6.3.1,6.3.3,6.3.4,6.3.5 fejezetek