

ИСТРАЖИВАЊЕ УТИЦАЈА ЛОКАЛНОГ ОТПОРА ПОСТАВЉЕНОГ ИЗА МЕРНЕ БЛЕНДЕ НА СТРУЈНЕ ПАРАМЕТРЕ

RESEARCH ON INFLUENCE OF LOCAL RESISTANCE PLACED AFTER THE ORIFICE ON THE FLUID PARAMETERS

Вук Спремо, Факултет техничких наука, Нови Сад

Област – МАШИНСТВО

Кратак садржај – Предмет рада је мерна бленда, уређај за мерење протока флуида. Анализиран је утицај колена ($\varphi=90^\circ$ и $R/D=1$) као локалног отпора на вредности разлике притисака, пада притиска, коефицијента протока, губитка струјне снаге и поврата притиска код мерне бленде са једним и код мерне бленде са више отвора приликом струјања сувог ваздуха. Анализа је урађена применом експерименталне методе и рачунарске динамике флуида. Нумеричке симулације су урађене у комерцијалном пакету STARCCM+. Циљ рада је био да се установи да ли различити положаји колена иза мерне бленде на цевоводу имају утицај на наведене струјне параметре. Закључак је да колена нема скоро никаквог утицаја када су у питању разлика притисака, коефицијент протока и поврат притиска. Са друге стране, уочен је утицај, који није занемарујући, на вредности пада притиска и губитка струјне снаге.

Кључне речи: Мерна бленда, мерење протока

Abstract – The subject of this paper was an orifice for measurement of fluid flow rate. The influence of a local loss - elbow on pressure drop, pressure loss, fluid power loss, discharge coefficient and pressure recovery for single-hole and multi-hole orifices was analyzed. The stream of a dry air through both types of orifice was considered. Analysis was done using computational fluid dynamics (CFD). The numerical simulations were done in commercial software package STAR CCM+. The aim of this work was to determine if different positions of elbow behind the orifice have the influence on the mentioned fluid parameters. It was concluded that elbow doesn't have the influence on the pressure drop, discharge coefficient and pressure recovery. However, the elbow does have the influence on the pressure loss and fluid power loss for the both types of orifice.

Key words: Orifice, Fluid flow rate

1. УВОД

Предмет рада била је мерна бленда за мерење протока гаса. Разматран је утицај колена ($\varphi=90^\circ$ и $R/D=1$) као локалног отпора постављеног на цевовод унутрашњег пречника $D=70,3$ mm иза мерне бленде на струјне параметре. Утицај присуства колена са ниструјне стране сагледан је за мерну бленду са једним и са више отвора, обе параметра $\beta=0,55$.

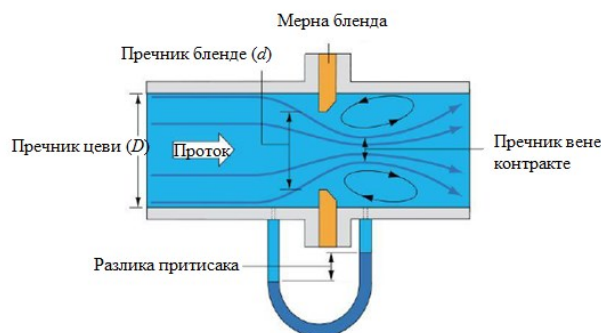
НАПОМЕНА:

Овај рад је проистекао из мастер рада чији ментор је био проф. др Синиша Бикић.

Анализа је урађена за струјање сувог ваздуха кроз цевовод температуре ваздуха испред бленде од 22°C . Разматрани су струјни услови у цевоводу испред мерне бленде брзине од 5 и 10 m/s и притисци од 4, 8 и 12 bar.

2. ТЕОРИЈСКЕ ОСНОВЕ

Неколико типова мерила протока (протокомера) користи принцип пригушивања флуидне струје. Међу њима је и мерна бленда. Показатељ протока код овог мерног уређаја је разлика притисака, па се понекад овај уређај назива и диференцијални протокомер. Величине релевантне при изучавању струјања флуида у цеви произвољног попречног пресека су притисак p , густина ρ , температура T и брзина струјања флуида v .



Слика 2.1 Мерна бленда [1]

Математички модел којим се може, према разлици притисака, израчуати запремински проток гласи:

$$Q = \psi A_0 v_2 = \frac{\psi A_0}{\sqrt{\alpha_2 - \alpha_1 m^2 \psi^2}} \sqrt{\frac{2}{\rho} (p_1 - p_2)}$$

где су:

Q – запремински проток флуида [m^3/s];

p_1 – притисак испред бленде [Pa];

p_2 – притисак иза бленде [Pa];

ρ – густина флуида [kg/m^3];

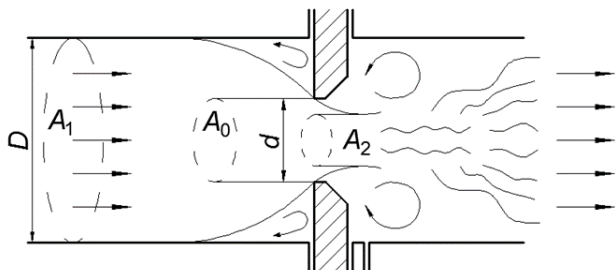
v_2 – средња брзина струјања флуида иза бленде [m/s];

A_0 – површина отвора бленде [m^2];

ψ – коефицијент контракције [-].

Како флуидна струја догиче бленди, притисак расте незнатно, па затим нагло опада како пролази кроз исту. Наставља да опада све док флуидна струја не формира тзв. вену контракту, а затим постепено расте све до приближно 5-8 пречника цеви низводно. Највиша вредност притиска иза бленде је мања од

вредности притиска испред бленде због локалних губитака и вртлога који настају убрзавањем флуидне струје протицањем кроз бленду. Треба разликовати појмове **разлика притисака** и **пад притиска**. Наиме, разлика притисака се појављује непосредно испред и иза бленде, док пад притиска представља разлику између неузнемирене флуидне струје испред и иза мерне бленде.

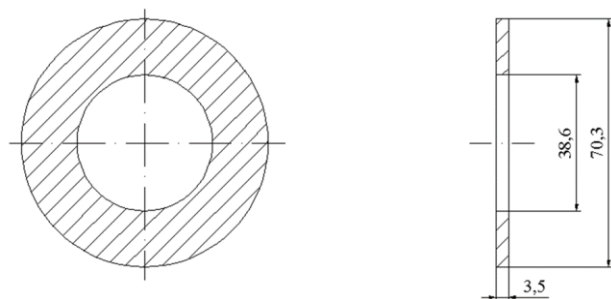


Слика 2.2 Струјање флуида кроз бленду [2]

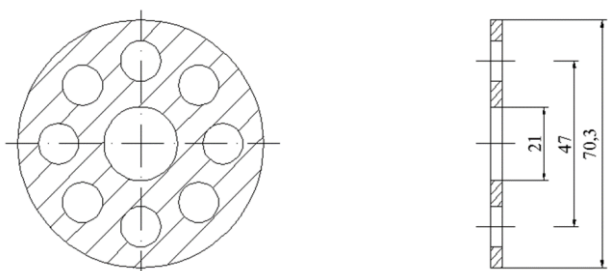
3. МАТЕРИЈАЛ И МЕТОД

Нумеричка симулација је реализована у програмском пакету STARCCM+ који за дискретизацију парцијалних диференцијалних једначина користи метод коначних запремина [3].

Посматран је проток ваздуха кроз мерну бленду са једним отвором (ШО), слика 3.1, и мерну бленду са више отвора (МНО), слика 3.2. Треба нагласити да се ради о сувом ваздуху, тако да утицај влаге на резултате струјних параметара неће бити разматран.



Слика 3.1 Мерна бленда са једним отвором



Слика 3.2 Мерна бленда са више отвора

Мерне бленде су постављене у цевовод унутрашњег пречника $D=70,3$ mm, док је ширина мерних бленди 3,5 mm. Иако је циљ овог рада био да се анализира утицај колена на струјне параметре мерењем протока мерном блендом са више отвора, урађене су и симулације са мерном блендом са једним отвором, како би се ова два типа бленди могли међусобно упоредити.

Као једино упрошћење у геометрији мерне бленде сматраће се да нема закошених ивица. У табели Т.1 приказани су услови при којима су урађене симулације.

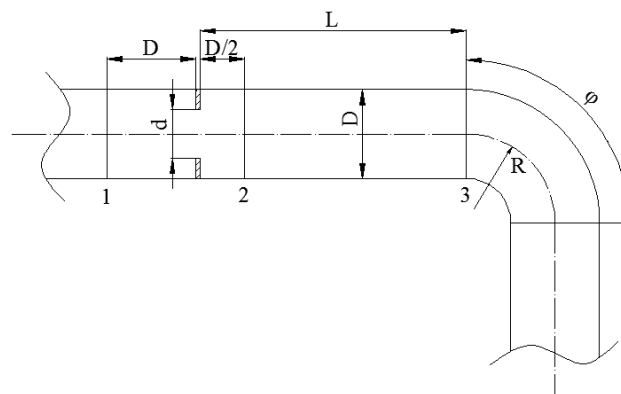
Т.3.1 Параметри са којима ће се подешавати нумеричке симулације

Радни флуид:	Суви ваздух
Температура флуида t :	22 °C
Притисак p :	4 bar 8 bar 12 bar
Густина ρ :	5,92 kg/m ³ 10,65 kg/m ³ 15,417 kg/m ³
Брзина струјања v :	5 m/s 10 m/s
Модел турбуленције:	$k-\epsilon$
Растојање колена од бленде L :	1D, 2D, 3D, 4D, 5D, 6D, 7D

Напомиње се да је урађен и експеримент који ће послужити као верификација добијених података симулација. Експериментална метода је урађена са равним деоницама испред (860 mm) и иза (276,2 mm) мерне бленде без присуства колена. Радни флуид је био ваздух у опсегу притиска од 2 до 12 bar, температуре од 20 до 32° C и запреминским протоцима ваздуха од 14 до 150 m³/h.

Пажња је била усредсређена на пет величина: разлику притисака Δp_{1-2} која настаје на бленди, пад притиска Δp_{1-3} који настаје због постојања мерне бленде, коефицијент протока μ , губитак струјне снаге ΔP и поврат притиска p_x/p_1 .

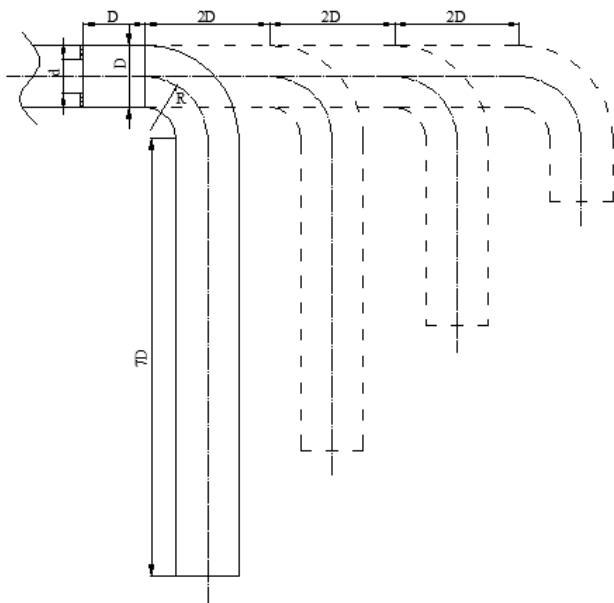
На слици 3.3 приказане су равни на којима ће се мерити вредности притисака испред бленде p_1 на растојању од 1D, иза бленде p_2 на растојању $D/2$ и на улазу у колено p_3 (и тако за сваку деоницу). Растојање L представља дужину деонице цевовода од мерне бленде до колена и оно варира од 1D до 7D. Реч је о притисцима који су осредњени по површини попречног пресека (статички притисци при мерењу притиска флуида у неком пресеку).



Слика 3.3 Приказ равни на којима су мерени притисци p_1 , p_2 и p_3

Анализирана је енергетска ефикасност бленде за случај када се иза мерне бленде у цевоводу налази колено на различитим растојањима.

Овде је битно напоменути да се приликом померања колена за свако D од бленде, неће мењати запремина флуидног простора, јер за свако повећање растојања колена од бленде L , дужина равне деонице иза колена ће се смањити за исто растојање, слика 3.4.



Слика 3.4 Приказ померања колена иза мерне бленде

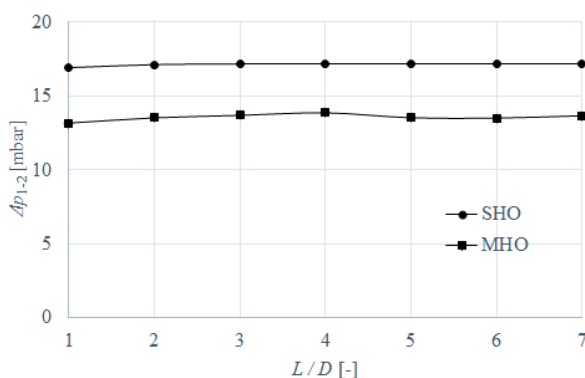
4. РЕЗУЛТАТИ

На основу добијених резултата установљен је утицај положаја колена иза мерне бленде на наведене струјне параметре.

Анализом добијених резултата експеримента и нумеричких симулација примећује се да су вредности симулација релативно блиске са вредностима експеримента, као и да је вредност релативне грешке у просеку мања код мерне бленде са једним отвором и износи 5%. Релативна грешка код мерних бленди са више отвора у просеку износи 13,5%.

4.1 Разлика притисака

На слици 4.1 су графички приказани резултати разлике притисака Δp_{1-2} за мерне бленде са једним и са више отвора.



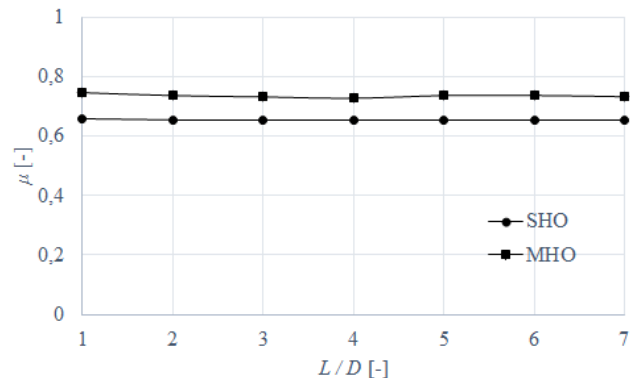
Слика 4.1 Разлика притисака при условима испред бленде: притисак ваздуха од 4 bar и брзина струјања ваздуха од 5 m/s

Анализом добијених резултата уочено је да растојање колена од мерне бленде нема значајан утицај када је у питању разлика притисака, и за случај мерне бленде са једним и за случај мерне бленде са више отвора, што је и било очекивано. Мерне бленде са једним отвором стварају већу разлику притисака у односу на бленде са више отвора, што је такође било очекивано.

Бленда са једним отвором је осетљивија па се, при истим условима, на њој мери тачније разлика притисака а самим тим, и запремински проток ваздуха.

4.2 Коефицијент протока

На слици 4.2 графички су приказане вредности коефицијента протока μ за мерне бленде са једним и са више отвора.

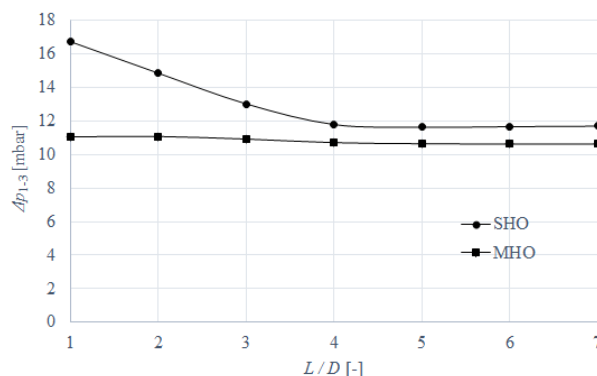


Слика 4.2 Коефицијент протока при условима испред бленде: притисак ваздуха од 4 bar и брзина струјања ваздуха од 5 m/s

Анализом добијених резултата може се закључити да разматрано колено као локални отпор нема готово никакав значајан утицај на вредност коефицијента протока, ни за мерну бленду са једним ни са више отвора. То је и очекивано на основу предходне анализе, јер је коефицијент протока μ у директној вези са разликом притисака Δp_{1-2} . Такође, може се закључити и да је вредност коефицијента протока већа код мерних бленди са више отвора у односу на бленду са једним отвором.

4.3 Пад притиска

На слици 4.3 графички су приказане вредности пада притиска Δp_{1-3} за мерну бленду са једним и са више отвора.



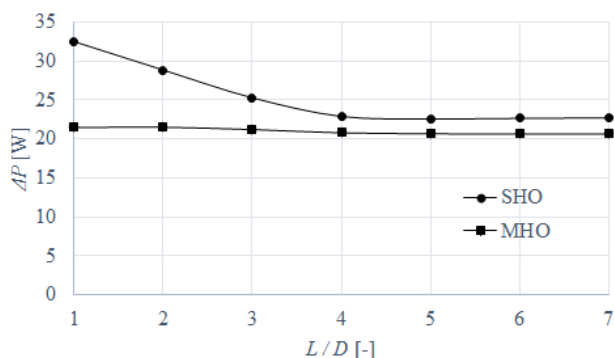
Слика 4.3 Пад притиска при условима испред бленде: притисак ваздуха од 4 bar и брзина струјања ваздуха од 5 m/s

Анализом добијених резултата може се закључити да присуство колена иза мерне бленде има утицај на пад притиска ваздуха. Код мерне бленде са једним отвором пад притиска ваздуха је услучају присуства разматраног колена на растојању колена од мерне бленде мањем од 4D за 20-30% већи од случаја кад цевовод има равну деоницу иза мерне бленде без

присутства колена. Присуство разматраног колена има мањи утицај на пад притиска ваздуха код мерне бленде са више отвора, где је на растојању колена од мерне бленде мањем од $4D$ пад притиска за 5-10% већи у односу на случај равне деонице без присуства колена. Такође, треба напоменути и да је пад притиска ваздуха код мерне бленде са више отвора мањи у односу на мерну бленду са једним отвором, што је и очекивано. За случај већег растојања од $4D$, колена нема значајнијег утицаја на вредности струјних параметара.

4.4 Губитак струјне снаге

На слици 4.4 графички су приказане вредности губитка струјне снаге ΔP за мерну бленду са једним и са више отвора.



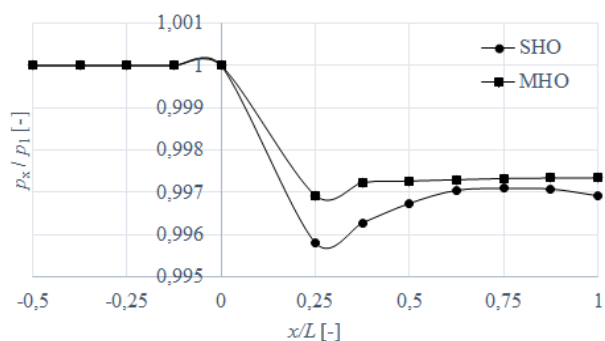
Слика 4.4 Губитак струјне снаге при условима испред бленде: притисак ваздуха од 4 bar и брзина струјања ваздуха од 5 m/s

Анализом добијених резултата може се закључити да присуство разматраног колена такође има утицај, који није занемарљив, када су у питању губици струјне снаге. То је и савим очекивано, пошто су губици у директној вези са падом притиска. Губици струјне снаге су мањи код мерне бленде са више отвора од губитака код мерне бленде са једним отвором. За случај присуства разматраног колена на растојању од бленде са једним отвором мањем од $4D$ за 20-30% су већи губици струјне снаге него за случај кад цевовод има равну деоницу иза мерне бленде без присуства колена. Када је у питању бленда са више отвора, губици струјне снаге су за 5-10% већи него за случај равне деонице иза бленде тј. без присуства колена. Јасно је да што је колена ближе мерној бленди, то је његов утицај већи на вредности губитка струјне снаге.

4.5 Поврат притиска

На слици 4.5 графички су приказане вредности поврата притиска p_x/p_1 .

Анализом добијених резултата може се закључити да положај разматраног колена у односу оба типа мерних бленди нема готово никакав утицај на поврат притиска. Наиме, најнижа вредност поврата притиска се налази на око 0,25 вредности бездимензионог растојања x/L , и за случај мерне бленде са једним и за случај мерне бленде са више отвора.



Слика 4.5 Поврат притиска при условима испред бленде: притисак од 4 bar брзина струјања ваздуха од 5 m/s

Оно што се такође може закључити је да је поврат притиска већи код бленди са више отвора у односу на бленде са једним отвором.

5. ЗАКЉУЧАК

Анализирањем је установљено да колена има већи утицај на губитак када се налази ближе мерној бленди, што доводи до закључка да уколико се жели избећи велики губитак струјне снаге, препорука је да се колена, као отпор, не поставља на цевовод на мањој дужини равне деонице од $4D$ од мерне бленде. Када су у питању разлика притисака, коефицијент протока и поврат притиска, установљено је да колена нема готово никакав утицај на ове струјне параметре. Упоредивањем мерних бленди са једним и са више отвора закључено је да оба типа имају своје предности у односу на други тип. Уколико захтеви у пракси налажу да мерење протока буде тачније, тада се треба користити бленда са једним отвором. Овај тип бленде ствара већу разлику притиска и то је чини осетљивијом што доводи до веће тачности при мерењу. Ако, са друге стране, захтеви налажу да губици струјне снаге буду што мањи, тада се треба ослонити на мерне бленде са више отвора.

6. РЕФЕРЕНЦЕ

- [1] Instrumentation Tools, 2016.
- [2] П. Цвијановић, (1998). Мерење флуидних величина, Стилос.
- [3] STARCCM+ Tutorial, 2019.

Кратка биографија:



Вук Спремо рођен је у Новом Саду, 1992. године, где је завршио основну и средњу школу. Дипломирао је 2016. године на Факултету техничких наука, студијски програм Машинство, на Департману за Енергетику и процесну технику, смер Гасна и нафтна техника.