

Питања из „Система за транспорт и дистрибуцију
флуида”

II

Питања после 6. предавања:

1. Шта проучава кинематика флуида?

Кинематика флуида проучава кретање флуида не улазећи у узроке тих кретања. То значи да кинематика флуида проучава геометрију кретања флуидних делића и флуида у целини не узимајући у обзир силе које узрокује то кретање. У суштини, кинематика флуида класификује струјања према њиховим карактеристикама и развија физичко-математичке описе кретања флуида.

2. Које величине описују струјно поље?

За покретан флуид потребно је да се одреде следеће величине у Декартовом координатном систему: $\vec{v} = (v_x, v_y, v_z)$, p , ρ , T

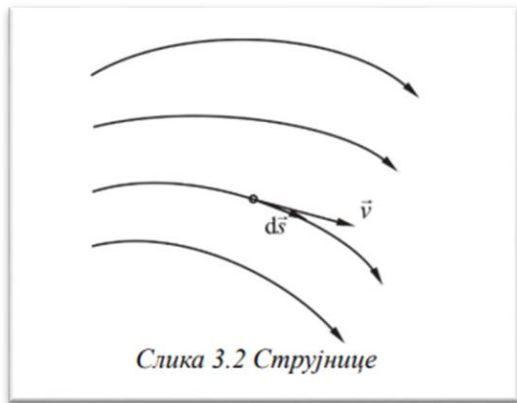
Свеукупност ових величина у посматраном простору и времену описује струјно поље. Струјно поље је стационарно, ако су све горе наведене величине само функције положаја. Када су ове величине променљиве функције и времена, поље је нестационарно.

3. Која два начина постоје за проучавање кретања флуида, које су им основне карактеристике и која веза постоји између њих?

- Лагранжов, када се за сваки флуидни делић одређује путања, брзина и убрзање;
- Ојлеров, који се састоји у праћењу брзина, убрзања и других својстава флуидних делића у једној непокретној тачки простора.

Иако се Лагранжовим начином у сваком тренутку задржава чврста физичка повезаност свих карактеристика посматраног флуидног делића, најчешће се због непрекидности флуидне средине и равноправног значаја било ког флуидног делића користи Ојлеров начин.

4. Шта је струјница и како гласи једначина струјнице? Скицирати:



Слика 3.2 Струјнице

Једначина струјнице одређена је векторском једначином:

$$[\vec{v}, d\vec{s}] = 0$$

Развијањем векторског производа добија се:

$$\frac{dx}{v_x} = \frac{dy}{v_y} = \frac{dz}{v_z}$$

5. Шта је струјна цев и које су јој особине?

Без неких значајнијих промена карактеристика струјнице, могуће је проширити струјницу на струјну цев (на скуп свих струјница које пролазе кроз све тачке затворене криве линије). У проточном пресеку струјне цеви брзине не морају бити једнаке, а узима се да је притисак константан.

6. Који протоци имају значај у механици флуида, које су им јединице, како се представљају у интегралном облику и која веза постоји између њих?

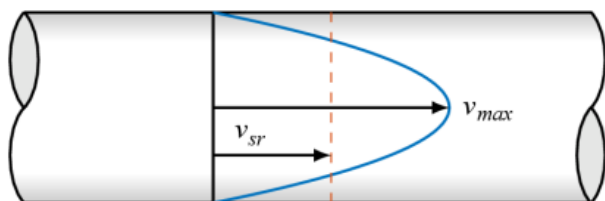
Проток је однос количине флуида који струји и времена у коме ова количина протиче кроз одређени струјни пресек. По дефиницији разликује се запремински проток $Q = V/t$ [m³/s] и масени проток $\dot{m} = m/t$ [kg/s]. За ове величине важи однос $\dot{m} = \rho Q$ [kg/s] <---(веза која постоји између њих).

$$\dot{m} = \int_A \rho(\vec{v}, d\vec{A}) \quad ; \quad Q = \int_A (\vec{v}, d\vec{A}) = - \int_{A_1} v_1 dA_1 + \int_{A_2} v_2 dA_2 \pm \int_{A_0} v_0 dA_0$$

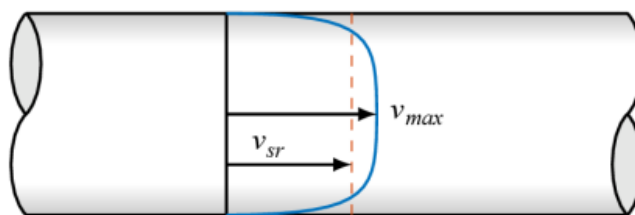
Интегрални облици су:

7. Како изгледа профил брзине у ламинарној, како у турбулентној флуидној струји у цеви кружног попречног пресека? Скицирати и унети средње брзине.

Ако је струјање у цеви ламинарно, тада се може доказати да је средња брзина једнака половини максималне брзине v_{max} (у оси цеви). У случају турбулентног струјања то није случај; средња брзина је нешто мања од максималне брзине.



ламинарно



турбулентно

***8. Шта представља једначина континуитета и како гласи за стационарно струјање нестишљивог и стишљивог флуида? Скицирати и написати једначину континуитета за тај случај.**

Једначина континуитета је закон одржања масе. Закон одржања масе гласи: у току неког процеса маса система је константна, или нема промене масе система у току времена. Када стационарно струји компресибилен флуид кроз цев, једначина континуитета се своди на $\dot{m}=0$, при чему је $\dot{m} = \rho v A$.

Питања после 7. предавања:

1. Одакле води порекло Бернулијева једначина, шта представља и како гласи за струјање идеалног флуида?

За инжењерску анализу струјних проблема најважнија је Бернулијева једначина (БЈ). Строго узевши, Бернулијева једначина важи за једну струјницу. Међутим, скоро сви практични задаци решавају се директно - применом Бернулијеве једначине са њеним пратећим условом – једначином континуитета (ЈК). Значај једначине огледа се у њеном садржају који представља биланс појединих врста флуидне енергије.

$$\frac{v^2}{2} + \frac{p}{\rho} + gz = \text{const.} \quad [\text{J/kg}]$$

Њен општепознат облик без губитака: је основни облик.

Сваки члан на левој страни представља енергију коју у себи садржи јединична маса флуидне струје. Први члан представља кинетичку енергију, други енергију притиска, а трећи положајну енергију. Константа на десној страни означава да је збир наведене три врсте енергије константан за било коју тачку струјнице.

2. Који се облици Бернулијеве једначине користе, како се зову поједини чланови и чему је једнака снага флуидног млаза?

- Основни облик:

$$\frac{v^2}{2} + \frac{p}{\rho} + gz = \text{const.} \quad [\text{J/kg}]$$

- Други, врло често употребљаван облик Бернулијеве једначине је:

$$\frac{v^2}{2g} + \frac{p}{\rho g} + z = \text{const.} \quad [\text{J/N}] [\text{mST}]$$

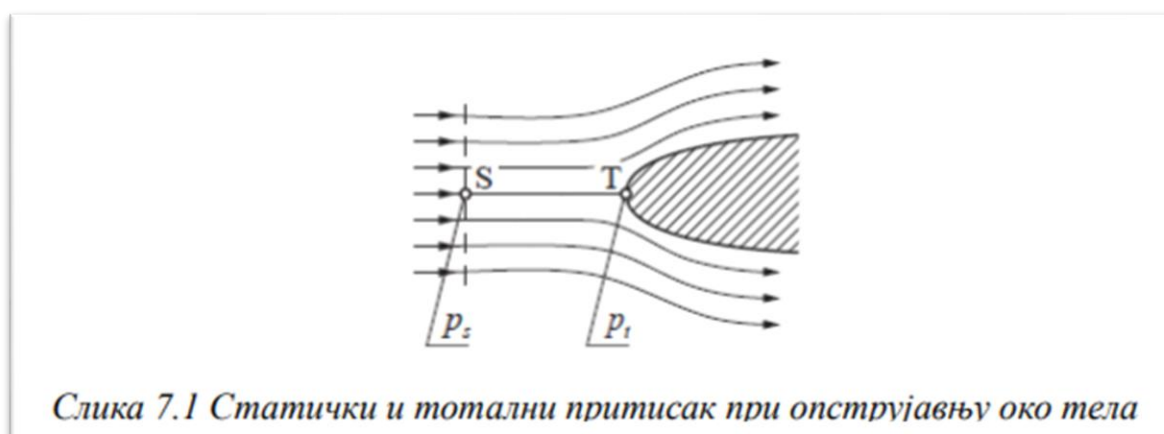
чланови су редом: брзинска висина, притисна (пијезометарска) висина и геодезијска висина.

- Снага флуидне струје/млаза добија се множењем сваког члана Бернулијеве једначине са масеним протоком (ρQ), па је:

$$P = \frac{1}{2} \rho Q v^2 + pQ + z \rho g Q = \text{const.} \text{ [W]}.$$

2. Који притисци постоје приликом струјања флуида (скица, једначине) и како се мере?

При кретању, поред статичког притиска p_s (сви ранији притисци имају карактер статичког), постоји и динамички притисак p_d који је мера кинетичке енергије флуидне струје. Збир ова два притиска је тотални притисак p_t , што проистиче из примене БЈ за тачке S и T (слика 7.1).



$$\frac{p_s}{\rho} + \frac{v^2}{2} = \frac{p_t}{\rho}$$

$$p_t = p_s + \frac{\rho v^2}{2}$$

$$p_t = p_s + p_d,$$

Тотални притисак мери се у тачкама где је брзине флуида једнака нули, тј. у зауставним тачкама, па се зато назива и зауставни притисак. Инструмент за одређивање тоталног притиска назива се Питова цев.

Статички притисак мери се на површинама преко којих флуид прелази непромењеним брзинама (нпр. рупе на зидовима цеви).

Динамички притисак одређује се посредним путем, мерењем разлике тоталног и статичког притиска. Уређај за мерење динамичког притиска зове се Прантлова сонда.

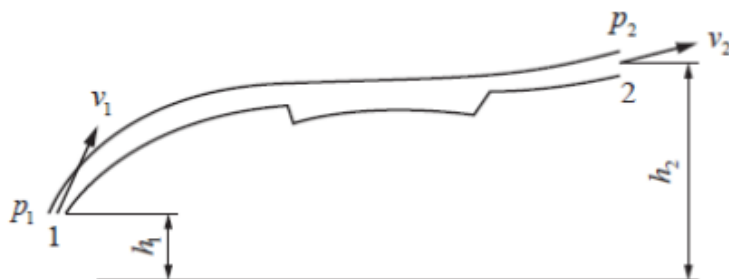
4. Којих правила се треба држати приликом писања Бернулијеве једначине?

1. БЈ се увек пише само за два пресека и то тако да се са леве стране налази флуидна енергија у пресеку одакле тече струја (слика 4.5);
2. Са десне стране флуидна енергија у пресеку ка коме се струјање врши;

3. Испред БЈ обавезно се ставља податак БЈ 1-2 којим је означено за које тачке је написана Бернулијева једначина:

БЈ 1 – 2:

$$\frac{p_1}{\rho} + \frac{v_1^2}{2} + gh_1 = \frac{p_2}{\rho} + \frac{v_2^2}{2} + gh_2$$



Слика 4.5 Уочени струјни пресеци и њихове карактеристике

5. Како може да се смањи број непознатих у Бернулијевој једначини?

Уз БЈ која у основном облику садржи шест непознатих (v_1 , v_2 , p_1 , p_2 , h_1 , h_2), увек се везује и једначина континуитета. У простим цевним проблемима ЈК гласи:

$$v_1 \frac{\pi d_1^2}{4} = v_2 \frac{\pi d_2^2}{4}$$

и у БЈ елиминише једну непознату – брзину. Ако се геодезијске висине (енергије положаја) оцењују у односу на ниже означен пресек, у БЈ уместо висина h_1 и h_2 јавља се њихова разлика као једна непозната.

Иако су увођењем једначине континуитета и реперног нивоа од ниже тачке елиминисане две непознате, основни облик БЈ садржи још 4 непознате и због тога се мора посветити посебна пажња избору карактеристичних тачака 1 и 2. Пресеке (нпр. тачке 1 и 2) треба узимати на местима за која постоји највећи број познатих података.

6. Зашто се уводи корекциони фацтор кинетичке енергије, чему је једнак и његово место у Бернулијевој једначини?

У зависности од врсте струјања (ламинарно, прелазно, турбулентно) члан $v_{sr}^2/2$ не даје увек праву величину кинетичке енергије и потребно је увести корекциони фактор α , који ће помножен са $v_{sr}^2/2$, дати стварну величину кинетичке енергије по јединици

масе: $E_k = \alpha \frac{v_{sr}^2}{2}$ Ова енергија треба да се уведе у БЈ за ламинарно струјање кроз цеви је $\alpha = 2$, а за турбулентно струјање је $\alpha = 1,01-1,1$, па се најчешће узима као 1.

Питања после 8. предавања:

1. Како гласи Бернулијева једначина за струјање реалног флуида? Зашто се уносе допунски чланови и шта представљају?

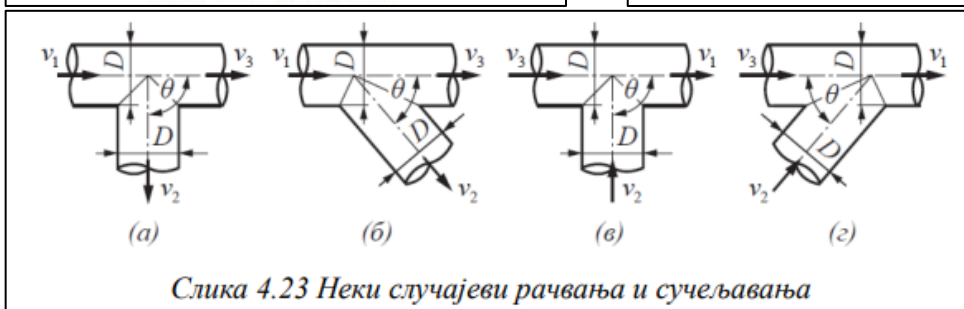
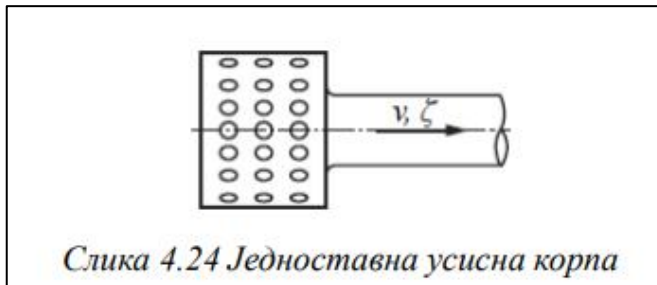
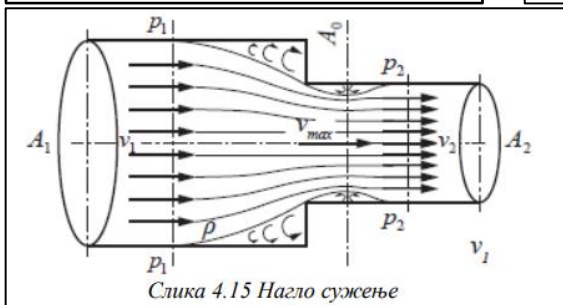
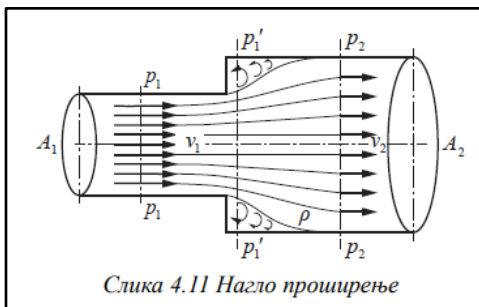
$$\frac{p_1}{\rho} + \alpha_1 \frac{v_1^2}{2} + gz_1 = \frac{p_2}{\rho} + \alpha_2 \frac{v_2^2}{2} + gz_2 + \Sigma gh_i$$

Вискозне силе које се јављају при струјању кроз цевоводе у практичним задацима представљају се члановима који у себи садрже губитке енергије. Губици се деле на локалне губитке и губитке услед трења. Ови чланови са губицима енергије представљају се у процентима кинетичке енергије.

2. Када се јављају локални губици и како се представљају? Навести места где се јављају локални губици и скицирати пет различитих места где се јављају локални губици.

Локални губици се јављају при промени вектора брзине. Карактеристична места где се јављају локални губици су: колена, вентили, бленде, нагла проширења и сужења, усисне корпе, рачве и др.

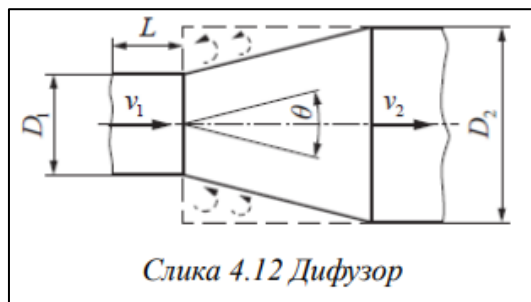
Локални губици могу да се распореде у неколико група: проширења, сужења, кривине, рачве и цевне арматуре.



3. За шта служи дифузор? Скицирати и написати Бернулијеву једначину.

Употребом дифузора (слика 4.12) смањује се губитак у односу на нагло проширење. Експерименти су показали да је коефицијент губитка ζ функција угла θ и односа површина A_2/A_1 .

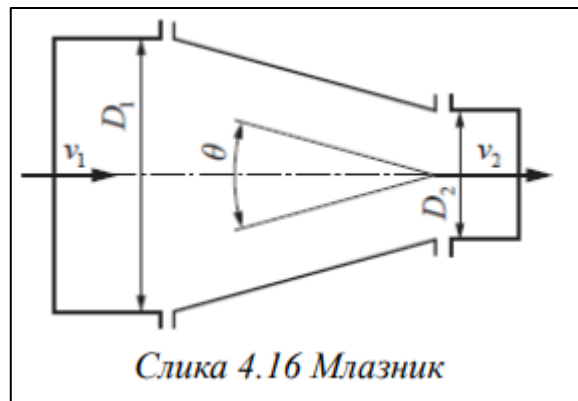
$$\zeta = \frac{\Delta p}{\frac{1}{2} \rho (v_1^2 - v_2^2)} = \frac{\Delta p}{\frac{1}{2} \rho v_1^2 \left(1 - \left(\frac{A_1}{A_2} \right)^2 \right)},$$



4. За шта служи млазник? Скицирати и написати Бернулијеву једначину.

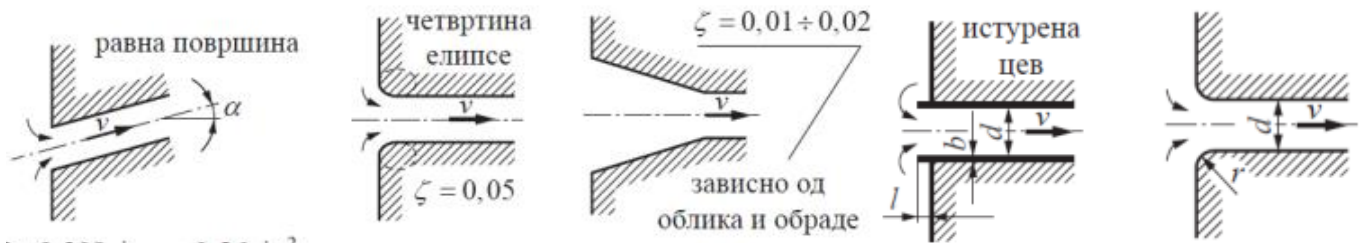
Постепено сужење (слика 4.16), у нормално изведеним конструкцијама, одликује се малим коефицијентом губитка ζ . Губитак се везује за већу брзину v_2 , тј.

$$\Delta p = \zeta \rho \frac{v_2^2}{2}.$$



5. Како могу да се поправе улазни губици у цевоводу? Скицирати:

Улазни губици мањи су уколико је улаз подешен тако да је блажа промена струјнице. Треба избегавати усвајање наглог сужења за улаз у цевоводе, а уместо тога практиковати заобљене прелазе. Постепено сужавајућим, добро обрађеним пресеком могуће је највише смањити улазни губитак. Различите врсте цевних улаза:



6. За шта служе вентили? Написати Бернулијеву једначину у правом цевоводу константног попречног пресека на коме се налази вентил.

Вентил се поставља уз усисну корпу да би се спречило истицање флуида из усисне гране цевовода по искључењу пумпе.

$$\zeta = \frac{2,2}{D},$$

7. Како се представљају губици услед трења? Шта представљају поједини чланови тог израза?

Губици који се јављају због трења последица су вискозности и изражавају се са Дарси-Вајсбаховом (Darcy-Weisbach) формулом.

$$gh_w = \lambda \frac{l}{d} \frac{v^2}{2},$$

----->

где су:

- l, d - дужина и пречник цевовода за који се одређује губитак,
- v - средња брзина струјања флуида кроз цевовод,

- λ - коефицијент трења.

8. Од чега зависи коефицијент трења? Дефинисати све величине.

Коефицијент трења зависи од режима струјања (Рејнолдсовог броја Re) и од релативне хrapавости цевовода $\delta = e/d$ (e -апсолутна хrapавост).

9. Колико износи коефицијент трења за ламинарно струјање?

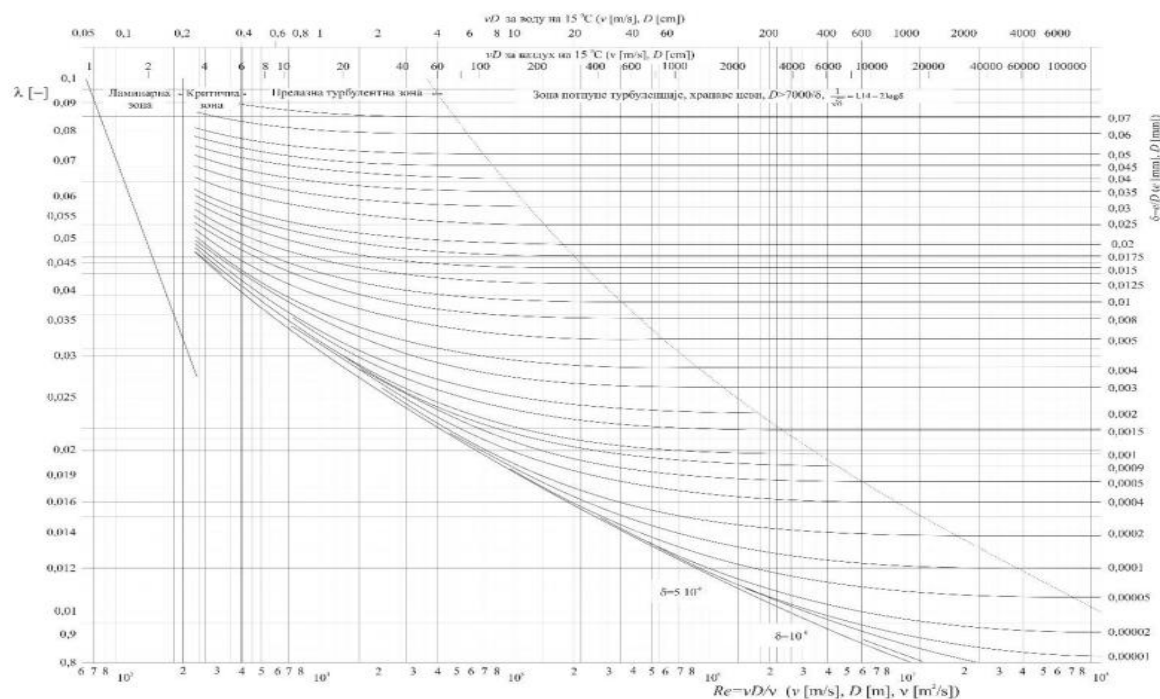
У ламинарном подручју коефицијент трења λ дат је Стоксовом формулом:

$$\lambda = \frac{64}{Re}.$$

10. Како се одређује коефицијент трења за турбулентно струјање?

Између ламинарне и турбулентне области налази се критична зона, $2000 < Re < 4000$ у којој се може очекивати ламинаран или турбулентан режим струјања флуида. За област потпуне турбуленције (хrapаве цеви) дебљина филма је занемарљива у односу на хrapавост, што изазива потпуно турбулентно струјање у целом пресеку цеви. Пад притиска сразмеран је v^2 и коефицијент трења не зависи од Re .

11. Скицирати Мудијев дијаграм. (*najbolje pogledati u svesci*)



12. Који попречни пресеци цеви су највише заступљени у пракси и зашто?