

# **МЕХАНИКА НА ФЛУИДИТЕ**

**ВЪПРОС 10. ОПРЕДЕЛЕНИЕ И  
ОСНОВНИ СВОЙСТВА НА  
ФЛУИДИТЕ. НАЛЯГАНЕ.  
ХИДРОСТАТИЧНО НАЛЯГАНЕ.  
КИНЕМАТИКА НА ФЛУИД -  
МЕТОД НА ОЙЛЕР.  
УРАВНЕНИЕ НА  
НЕПРЕКЪСНАТОСТ.**

# I. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗА ФЛУИД. ОСНОВНО СВОЙСТВА НА ФЛУИДИТЕ.

1. **Определение:** По отношение на механичното движение течностите и газовете имат сходно поведение и затова се дефинират с общото име **ФЛУИД**.

2. **Основни свойства на флуидите:**

а/ Флуидите нямат собствена форма, а заемат формата на съда, в който се намират.

б/ При флуидите модулът на еластичност при хлъзгане ( $G=0$ ) е нула. Този факт стои в основата на свойството на флуидите наречено **ТЕЧЛИВОСТ**.

в/ За да е в покой един флуид на него не трябва да му действат тангенциални сили, а само сили на нормален натиск т.е. перпендикулярни на повърхността му.

г/ Във флуидите могат да се разпространяват само надлъжни механични вълни.

д/ По отношение на свиваемостта течностите и газовете имат съществена разлика.

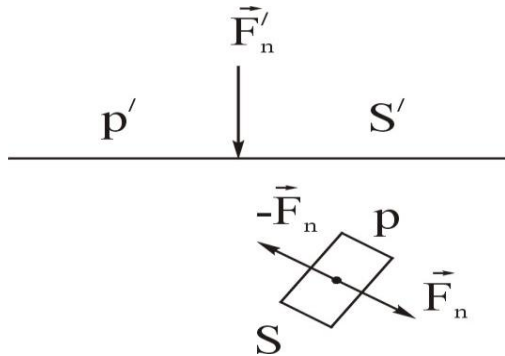
-течностите на практика са несвиваеми-необходимо е прилагането на огромни сили на всестранно свиване, за да свием течност. При тях ние ще смятаме плътността за константа и тогава ще говорим за **НЕСВИВАЕМ ФЛУИД**.

-газовете са лесно свиваеми като при сравнително малки сили на нормален натиск ние значително можем да намалим обема на газа, което увеличава неговата плътност и налягането му. В този случай говорим за **СВИВАЕМ ФЛУИД**.

В рамките на този курс ние ще се занимаваме с механика на **НЕСВИВАЕМИТЕ ФЛУИДИ**.

# II. НАЛЯГАНЕ – ЗАКОН НА ПАСКАЛ

1. Нормален натиск.  $\vec{F}'_n$  на външен нормален натиск. Площта, върху която тази сила действа, е равна на площта на свободната повърхност на течността  $S'$ .



Силата на външен натиск се предава вътре във флуида във всички негови точки и произволни посоки. Ако определим някаква повърхност вътре във флуида с площ  $S$ , перпендикулярно на нея ще действа сила на вътрешен нормален натиск. При това, ако:  $S' \neq S$ , то  $F_n \neq F'_n$ .

2. **Налягане:** **Отношението между големината на силата на нормален натиск и площта, върху която тя действа, се нарича налягане:**

$$p = \frac{F_n}{S} [Pa]$$

Основната единица за налягане в система SI е паскал  $[1Pa] = [1N/1m^2]$ .

$$1 \text{ atm} = 760 \text{ mmHg} = 1,01 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

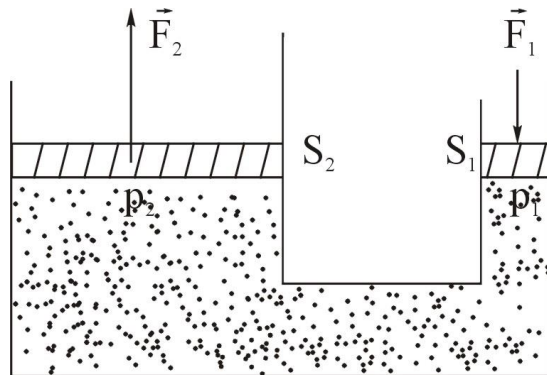
3. **Закон на Паскал:** **ВЪНШНОТО НАЛЯГАНЕ СЕ ПРЕДАВА ЕДНАКВО ВЪВ ВСИЧКИ ПОСОКИ ВЪВ ФЛУИДА**

$$p = p'$$

**И НЕ ЗАВИСИ ОТ ОРИЕНТАЦИЯТА НА ПРОИЗВОЛНА ПОВЪРХНОСТ ВЪВ ФЛУИДА.**

# Хидравлична преса

**Хидравлична преса.** Със закона на Паскал се обяснява действието на хидравличната преса (фиг.36.2). Тя се състои от два свързани цилиндрични съда (голям и малък), затворени с две бутала с площи  $S_1$  и  $S_2$  ( $S_1 \ll S_2$ ) и пълни с течност (несвиваем флуид).



фиг. 36. 2

Когато натискаме малкото бутало с външна сила  $\vec{F}_1$ , тя създава налягане на течността  $p_1$ , което се предава до голямото бутало. Течността натиска голямото бутало със сила  $\vec{F}_2$ . От закона на Паскал имаме:

и:

$$p_1 = p_2$$
$$\frac{F_1}{S_1} = \frac{F_2}{S_2}$$

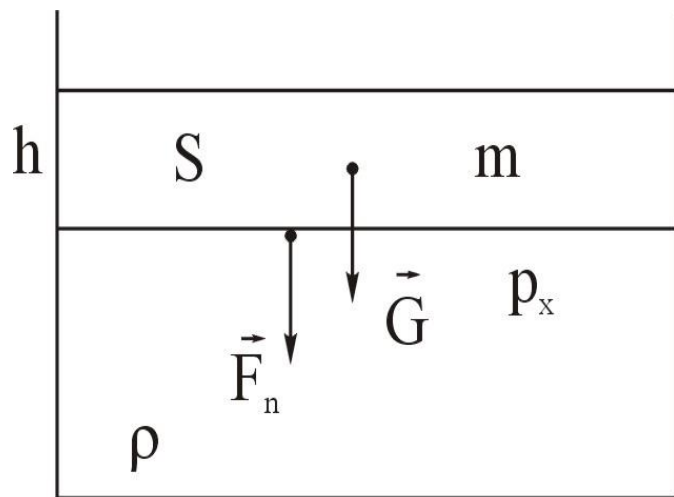
тогава:

$$F_2 = \frac{S_2}{S_1} F_1 \gg F_1$$

Или, получаваме голяма сила  $F_2$  на натиск, когато действуваме с малка сила  $F_1$ . Хидравличната преса е аналог на лостове в механиката на ИТТ и се използва широко в техниката.

# III. ХИДРОСТАТИЧНО НАЛЯГАНЕ

Нека имаме един несвиваем флуид  $\rho = \text{const}$  в полето на силата на тежестта.



По-горните слоеве натискат по-долните и така в течността се създава налягане наречено хидростатично.

$h$ -височина на горния слой на течността

$S$ - площ на слоя

$m$ -маса на течността от горния слой.

$G = mg$  - сила на тежестта на горните слоеве

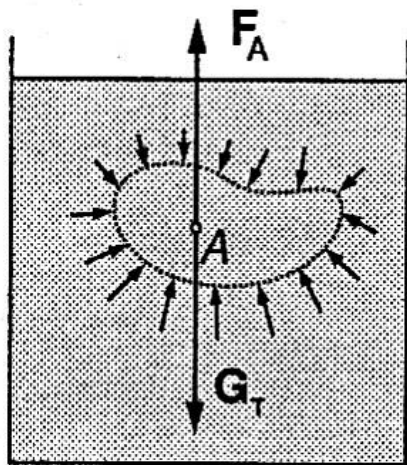
Горните слоеве натискат долната част на течността със сила на натиск:  $F_n = G = mg$ .

$$p_x = \frac{F_n}{S} = \frac{G}{S} = \frac{mg}{S} = \frac{\rho Vg}{S} = \frac{\rho Shg}{S} = \rho gh$$

Хидростатичното налягане е най-голямо на дъното на съда и е нула на свободната повърхност на течността. То не зависи от формата на съда, а само от височината на течността над даденото място.

# IV. ЗАКОН НА АРХИМЕД

На всяко тяло потопено във флуид му действа ИЗТЛАСКВАЩА СИЛА



-причина за възникване - ХИДРОСТАТИЧНОТО НАЛЯГАНЕ

-посока на действие – ВЕРТИКАЛНО НАГОРЕ

-приложна точка – В ЦЕНТЪРА НА ТЕЖЕСТТА НА ИЗМЕСТЕНИЯ ОТ ТЯЛОТО ОБЕМ ТЕЧНОСТ

-големина на силата:

$$F_A = \rho g V_T = m_T g = G_T$$

**ЗАКОН НА АРХИМЕД: НА ВСЯКО ТЯЛО ПОТОПЕНО ВЪВ ФЛУИД ДЕЙСТВА ИЗТЛАСКВАЩА СИЛА, РАВНА ПО ГОЛЕМИНА НА ТЕГЛОТО НА ИЗМЕСТЕНИЯ ОТ ТЯЛОТО ОБЕМ ФЛУИД.**



**Плаваемост на телата.** Когато едно тяло е потопено в течност, на него едновременно действат Архимедова сила  $\vec{F}_A$  с посока нагоре и сила на тежестта  $\vec{G}$  с посока надолу и приложна точка в центъра на тежестта на тялото.

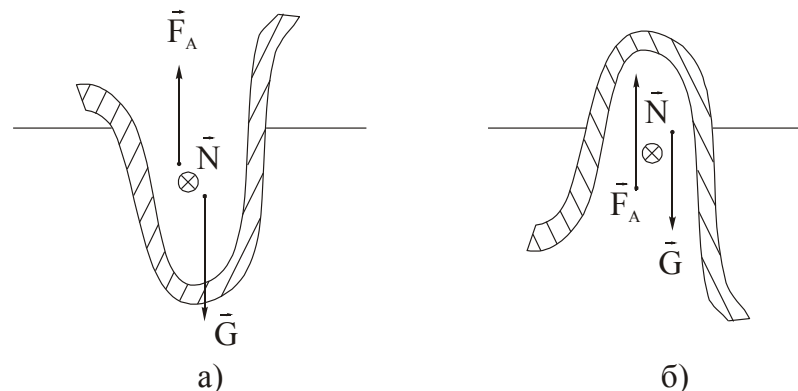
Ако:  $F_A > G$  тялото ще изплува на повърхността (положителна плаваемост). Условието за това е плътността на тялото да бъде по-малка от плътността на течността:  $\rho_T < \rho$ .

Ако:  $F_A < G$  тялото ще потъне на дъното (отрицателна плаваемост). Условието за това е  $\rho_T > \rho$ .

Ако:  $F_A = G$  тялото ще остане в покой вътре в течността (нулева плаваемост). Условието за това е  $\rho_T = \rho$ .

С променяне на средната плътност на тялото неговата плаваемост може да се изменя, което широко се използва при подводниците.

Когато едно тяло плава по повърхността на дадена течност:  $F_A = G$  и тялото е в равновесие. Това равновесие ще бъде устойчиво (фиг.36.7а), когато приложната точка на силата на тежестта е под приложната точка на Архимедовата сила. При отклонение на тялото от това положение ще възниква двойка сили  $(\vec{F}_A, \vec{G})$ , чийто момент ще се стреми да върне тялото в равновесното положение.



фиг. 36. 7

Когато приложната точка на  $\vec{G}$  е над тази на  $\vec{F}_A$  (фиг.33.7 б), равновесието е неустойчиво, защото моментът на двойката сили  $(\vec{F}_A, \vec{G})$  ще продължава да отклонява тялото от равновесното положение.

# V. КИНЕМАТИКА НА ФЛУИД. МЕТОД НА ОЙЛЕР

## 1. Методи на описание:

а/ Метод на Лагранж - описва движението на всяка частица от флуида.

б/ Метод на Ойлер - извършва наблюдение на движението на дадено място

2. Метод на Ойлер: **За всяка точка от пространството, в което се движи флуида се измерва и записва скоростта на частиците, които в даден момент преминават през точката на наблюдение. Дефинира се ПОЛЕ НА СКОРОСТИТЕ**

$$\vec{v} = \vec{v}(\vec{r}, t)$$

## 3. Видове движения на флуид според вида на полето на скоростите:

а/ нестационарно - полето на скоростите зависи от мястото и времето

б/ стационарно - полето на скоростите не се мени с времето. В точката на наблюдение всички преминаващи частици имат еднакви скорости.

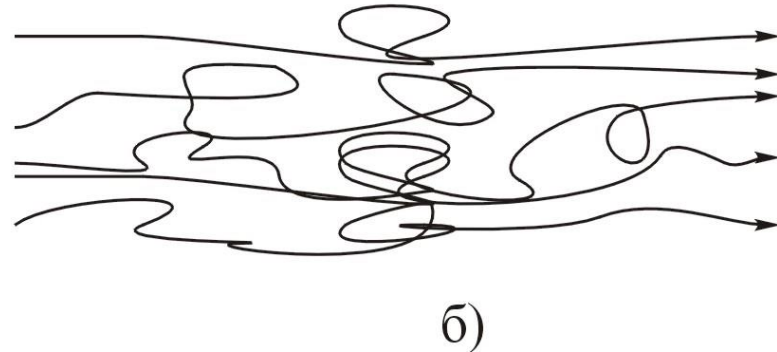
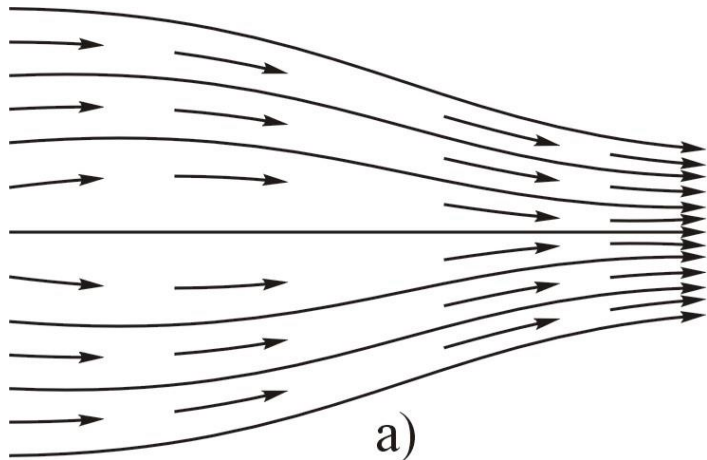
$$\vec{v} = \vec{v}(\vec{r})$$

## 4. Видове движения на флуида според характера на движението на флуида.

а/ ламинарно движение - частиците се движат в отделни успоредни слоеве. Траекториите на частиците не се пресичат, т.е. частиците не напускат слоевете, в които се намират. Наблюдава се при ниски скорости.



б/ турбулентно движение - частиците се движат по сложни, бързо променящи се и взаимно пресичащи се траектории. Образуват се вихри. Наблюдава се при високи скорости



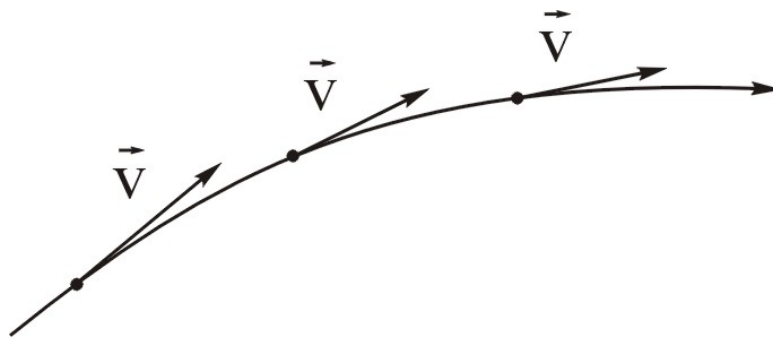
в/ Число на Рейнолдс: При повишаване на скоростта на флуида движението от ламинарно постепенно преминава в турбулентно и обратно при намаляване на скоростта. Критерия за преход се определя от стойността на ЧИСЛОТО НА РЕЙНОЛДС.

$$R_e = \frac{\rho r v}{\eta}$$

$\rho$  – плътност на флуида,  $\eta$  – вискозитет на флуида  
 $v$  – средна скорост на потока,  $r$  – характерен напречен линеен размер на флуида

Числото на Рейнолдс има критическа стойност  $C = 1160$ . Когато за даден флуид  $Re < C$ , движението е ламинарно, а когато  $Re > C$ , движението преминава в турбулентно.

## 5.Токова линия:

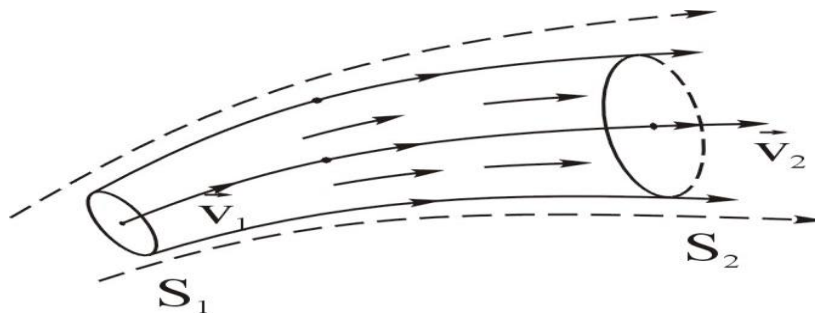


а/ определение: **Мислена линия в полето на скоростите, във всяка точка на която скоростта е по допирателната към тази линия, се нарича токова линия.**

б/ характеристика на токови линии на стационарно поле на скоростите:

- не се изменя с времето
- съвпада с траекториите на частиците
- показват посоката на движението на флуида.
- изчертават се така, че тяхната гъстота на дадено място да е пропорционална на големината на скоростта.

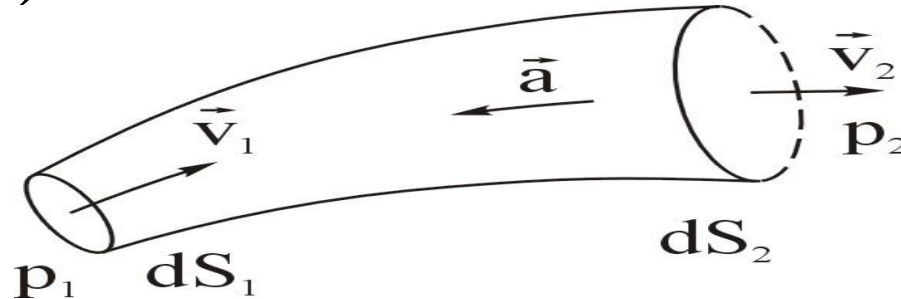
## 6.Токова тръба:



а/ определение: Група от токови линии, ограничена от две напречни сечения с площи  $S_1$  и  $S_2$ .

# VI. УРАВНЕНИЕ НА НЕПРЕКЪСНАТОСТ

1. Постановка на задачата: Несвиваем флуид  $\rho = const$  се движи стационарно  $\vec{v} = \vec{v}(\vec{r})$  по безкрайно тънка токова тръба



2. Характеристика на движението:

а/ това че потока е стационарен означава, че няма изтичане на флуид през околните стени на токовата тръба.

б/ това че флуида е несвиваем означава, че няма разреждане или сгъстяване на флуида в тръбата.

в/ от а/ и б/ следва ЧЕ КОЛИЧЕСТВО  $dm_1$  ФЛУИДЪТ ВТЕКЪЛ ПРЕЗ СЕЧЕНИЕТО  $dS_1$  ЗА ДАДЕН ИНТЕРВАЛ ОТ ВРЕМЕ  $dt$  Е РАВНО НА КОЛИЧЕСТВОТО  $dm_2$  НА ИЗТЕКЛИЯ ФЛУИД ПРЕЗ СЕЧЕНИЕТО  $dS_2$

$$dm_1 = dm_2$$

$$dm_1 = \rho dV_1 = \rho v_1 dt dS_1$$

$$dm_2 = \rho dV_2 = \rho v_2 dt dS_2$$

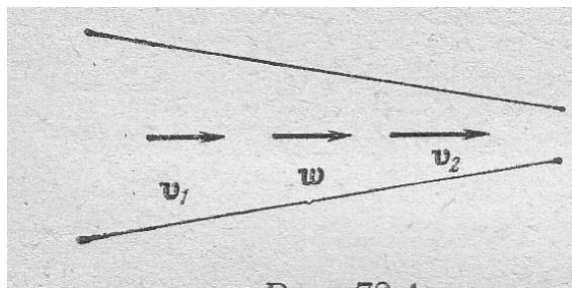
Тогава имаме:  $v_1 dS_1 = v_2 dS_2$

**УРАВНЕНИЕ НА НЕПРЪКЪСНОСТ:** ПРОИЗВЕДЕНИЕТО ОТ СКОРОСТТА НА ЧАСТИЦИТЕ В ДАДЕНО НАПРЕЧНО СЕЧЕНИЕ НА ТОКОВАТА ТРЪБА И ПЛОЩА НА ТОВА СЕЧЕНИЕ ОСТАВА ПОСТОЯННО ПО ЦЯЛАТА ДЪЛЖИНА НА ТРЪБАТА В СЛУЧАЙ НА НЕСВИВАЕМ ФЛУИД ДВИЖЕЩ СЕ СТАЦИОНАРНО.

$$vdS = const$$

**ОСНОВНИ СЛЕДСТВИЯ:**

**1. ТАМ КЪДЕТО ТОКОВАТА ТРЪБА СЕ СТЕСНЯВА СКОРОСТТА НА ФЛУИДА НАРАСТВА. В ШИРОКИТЕ ЧАСТИ ФЛУИДА СЕ ДВИЖИ ПО-БАВНО.**



**2. АКО СЕЧЕНИЕТО НА ТРЪБАТА СЕ МЕНИ НЕПРЪКЪСНАТО ТО НЕСВИВАЕМЯТ ФЛУИД СЕ ДВИЖИ С УСКОРЕНИЕ. ТОВА УСКОРТЕЛНО ДВИЖЕНИЕ Е СЛЕДСТВИЕ ОТ РАЗЛИКАТА В НАЛЯГАНЕТО В ДВЕТЕ КРАИЩА НА ТРЪБАТА. ЗАКОНА НА ПАСКАЛ СЕ НАРУШАВА.**