



# “ТИҚХММИ” Миллий тадқиқот университети



## Мавзу: Идеал суюқлик учун Д.Бернулли тенгламаси

---

«Гидравлика ва гидроинформатика»  
кафедраси доценти

С.Н.Хошимов

## **РЕЖА:**

---

- 1. Ҳаракатдаги идеал суюқликнинг дифференциал тенгламаласи (Эйлер);**
- 2. Идеал суюқликлар учун Д.Бернулли тенгламаси;**
- 3. Д.Бернулли тенгламасининг геометрик ва энергетик маънолари.**

## “БББ” жадвали

| <b>Билардим</b>  | <b>Билишни хоҳлаган<br/>ЭДИМ</b>  | <b>Билиб олдим</b> |
|--|---|--------------------|
| <p>1. Гидростатик босим, унинг хоссалари ва босим ўлчаш асбоблари;</p> <p>2. Текис сиртга таъсир этаётган ГБК;</p> <p>3. Суюқлик ҳаракатининг турлари;</p> <p>4. Оқимнинг асосий гидравлик элементлари;</p> <p>5. Узулмаслик тенгламаси.</p> | <p>1. Ҳаракатдаги идеал суюқликнинг дифференциал тенгламаласи (Эйлер);</p> <p>2. Идеал суюқликлар учун Д.Бернулли тенгламаси;</p> <p>3. Д.Бернулли тенгламасининг геометрик ва энергетик маъноси.</p> |                    |

**Гидравликанинг Гидродинамика** бўлимида ҳаракатдаги

---

суюқлик қонунлари ўрганилади ва уларнинг амалиётга татбиқи кўрилади.

Гидродинамиканинг асосий параметрлари **тезлик (u)** ва **босимдир (p)**. Тезлик ҳамда босим вақт ва координата бўйича ўзгарувчандир.

# Суюқлик ҳаракатининг турлари

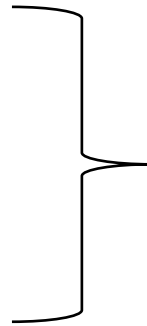
---

- 1. Беқарор ва барқарор ҳаракат;**
- 2. Текис ва нотекис ҳаракат;**
- 3. Напорли ва напорсиз ҳаракат.**

# I. Беқарор ва барқарор ҳаракат

$$p = f_1(x; y; z; t)$$

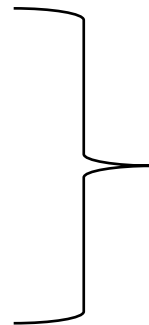
$$u = f_2(x; y; z; t)$$



**Беқарор ҳаракат;**

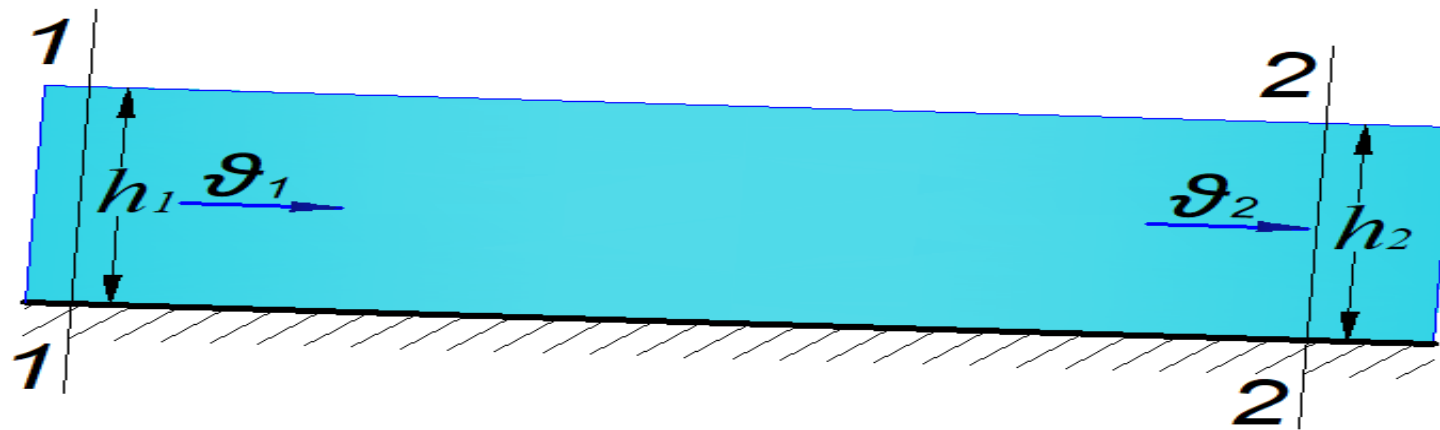
$$p = f_1(x; y; z)$$

$$u = f_2(x; y; z)$$



**Барқарор ҳаракат.**

# II. Текис ва нотекис ҳаракат

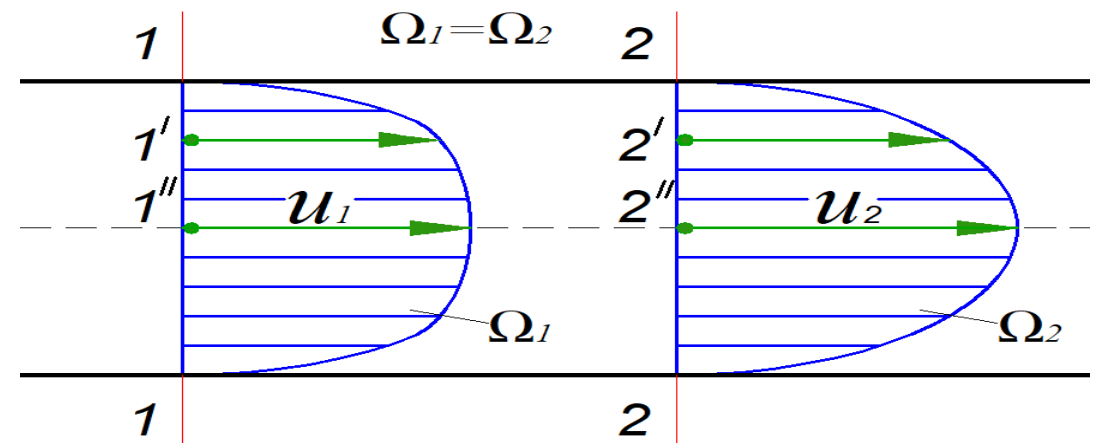
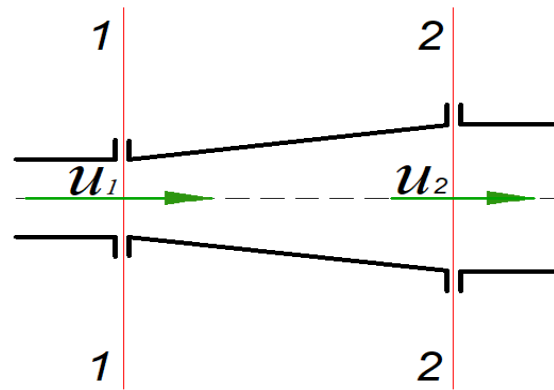
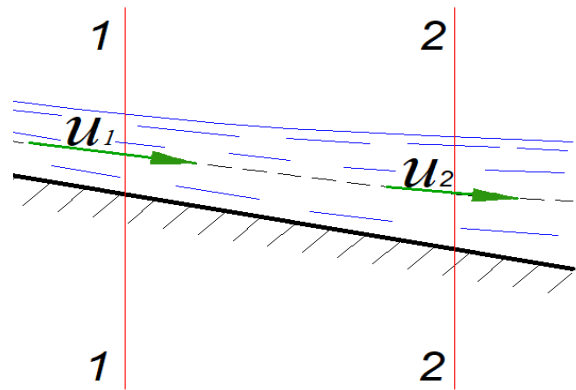


$$h_1 = h_2$$

$$v_1 = v_2$$

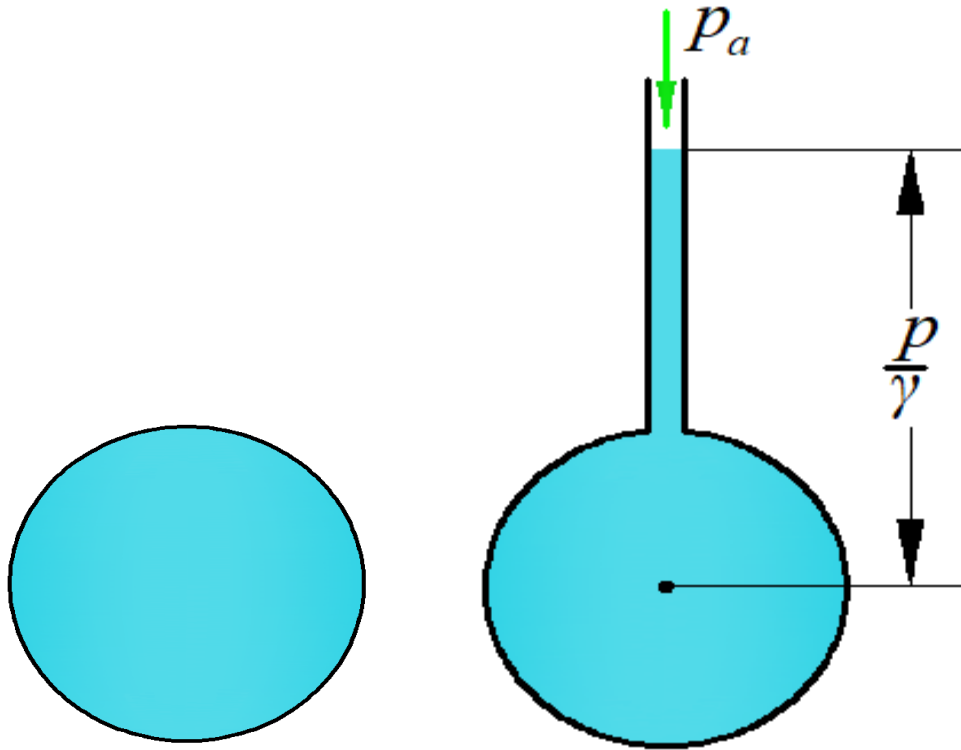
$$\omega_1 = \omega_2$$

а) текис ҳаракат

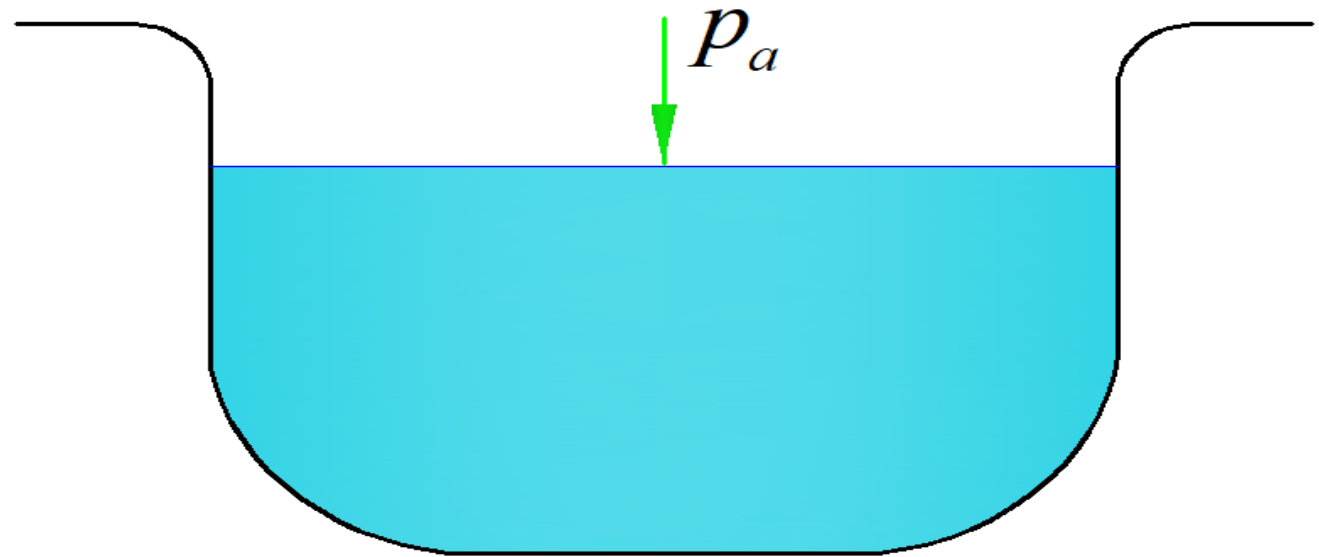


б) нотекис ҳаракат

### Ш. Напорли ва напорсиз ҳаракат



а) напорли



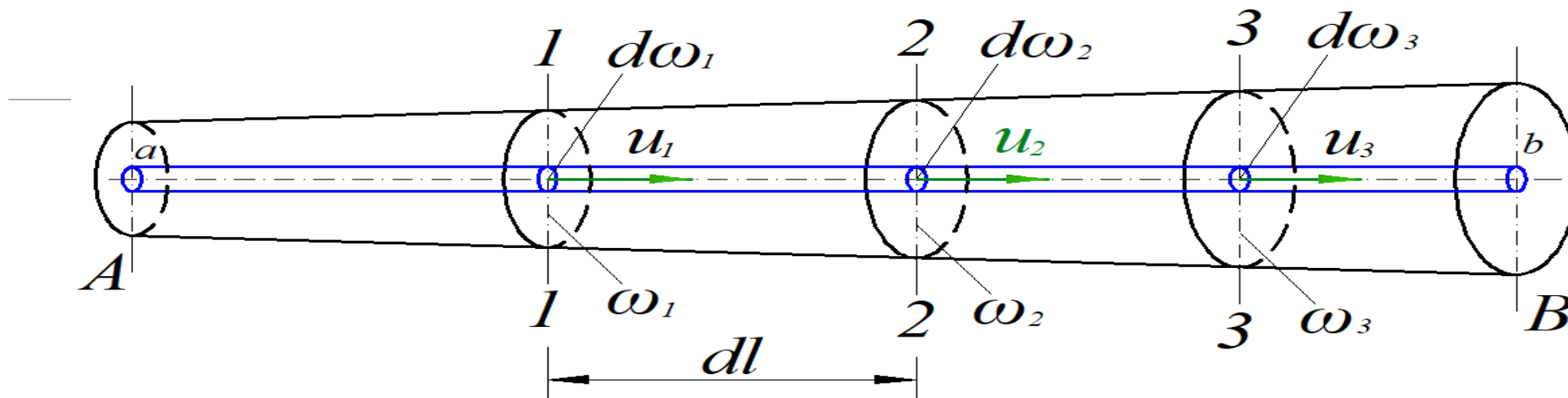
б) напорсиз



# Оқимнинг асосий гидравлик элементлари

|                       |           |                       |
|-----------------------|-----------|-----------------------|
| 1. Ҳаракат кесими     | $\omega,$ | $\text{м}^2$          |
| 2. Сарф               | $Q,$      | $\text{м}^3/\text{с}$ |
| 3. Ҳўлланган периметр | $\chi,$   | $\text{м}$            |
| 4. Гидравлик радиус   | $R,$      | $\text{м}$            |
| 5. Ўртача тезлик      | $v,$      | $\text{м} / \text{с}$ |

## Узулмаслик тенгламаси



$$Q = \mathcal{I}_1 \omega_1 = \mathcal{I}_2 \omega_2 = \mathcal{I}_3 \omega_3 = \text{const}$$

$$\frac{\mathcal{I}_1}{\mathcal{I}_2} = \frac{\omega_2}{\omega_1}$$

---

**ИДЕАЛ СУЮҚЛИК УЧУН Д.БЕРНУЛЛИ  
ТЕНГЛАМАСИ**

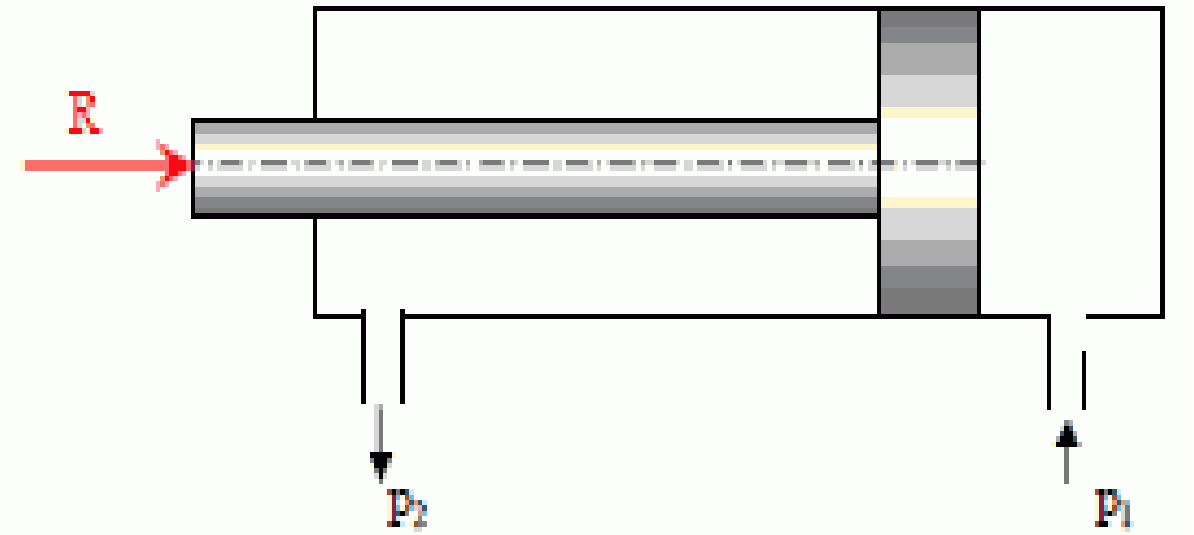
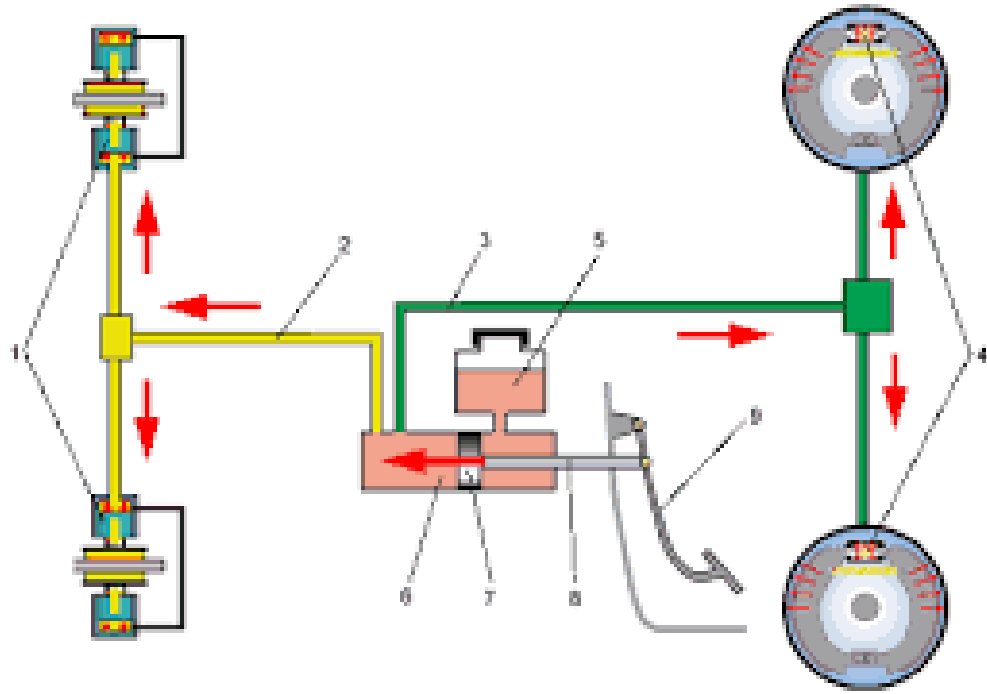
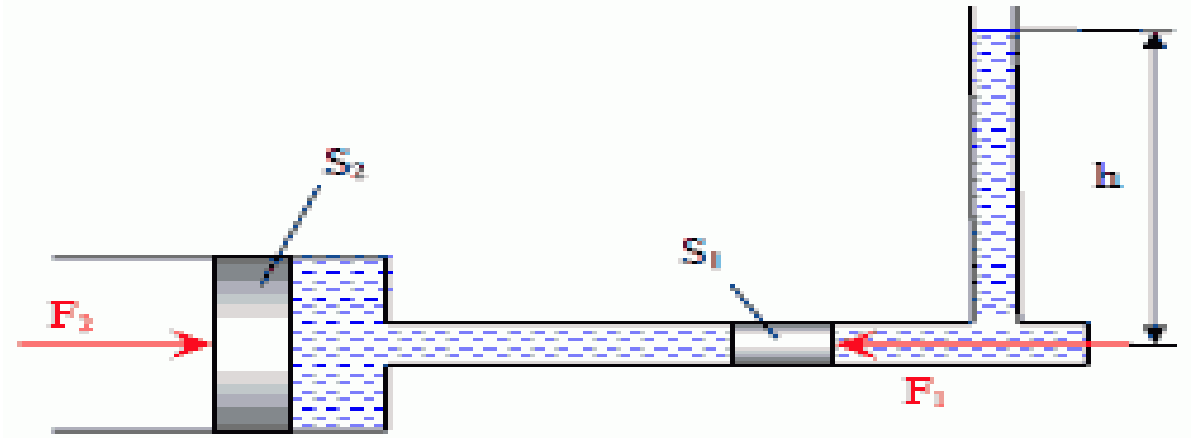
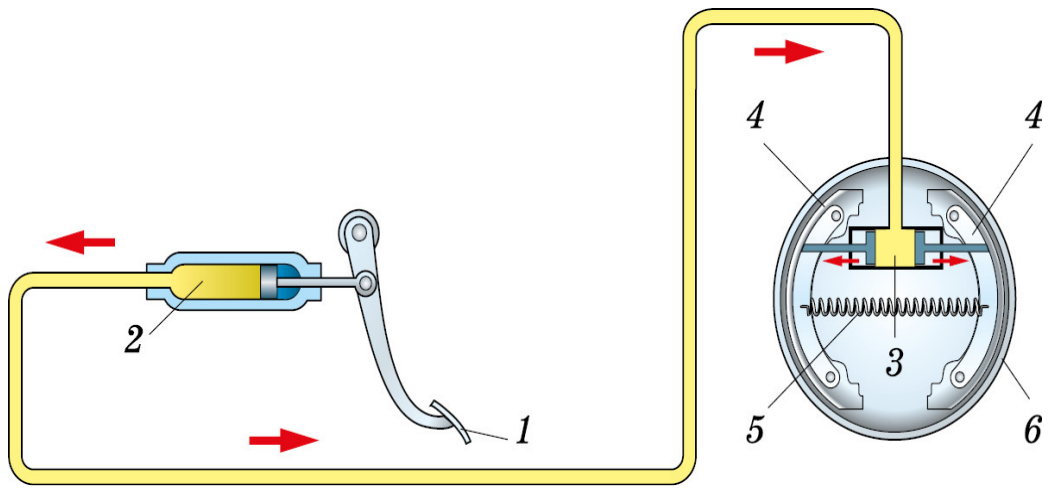
# Тенгламани қўллаш соҳалари





# *Тенгламани қўллаш соҳалари*





# ИДЕАЛ СУЮҚЛИК ҚАНДАЙ СУЮҚЛИК?

---

Идеал суюқлик деб **ҳажмини мутлақо ўзгартирмайдиган** ва **ёпишқоқликка эга бўлмаган** суюқликка айтилади.

$$1) \rho = \frac{m=const}{V=const} = const$$

2) Ишқаланиш кучини ҳисобга олмаслик мумкин.

# ҲАРАКАТДАГИ ИДЕАЛ СУЮҚЛИКНИНГ ДИФФЕРЕНЦИАЛ ТЕНГЛАМАЛАСИ

---

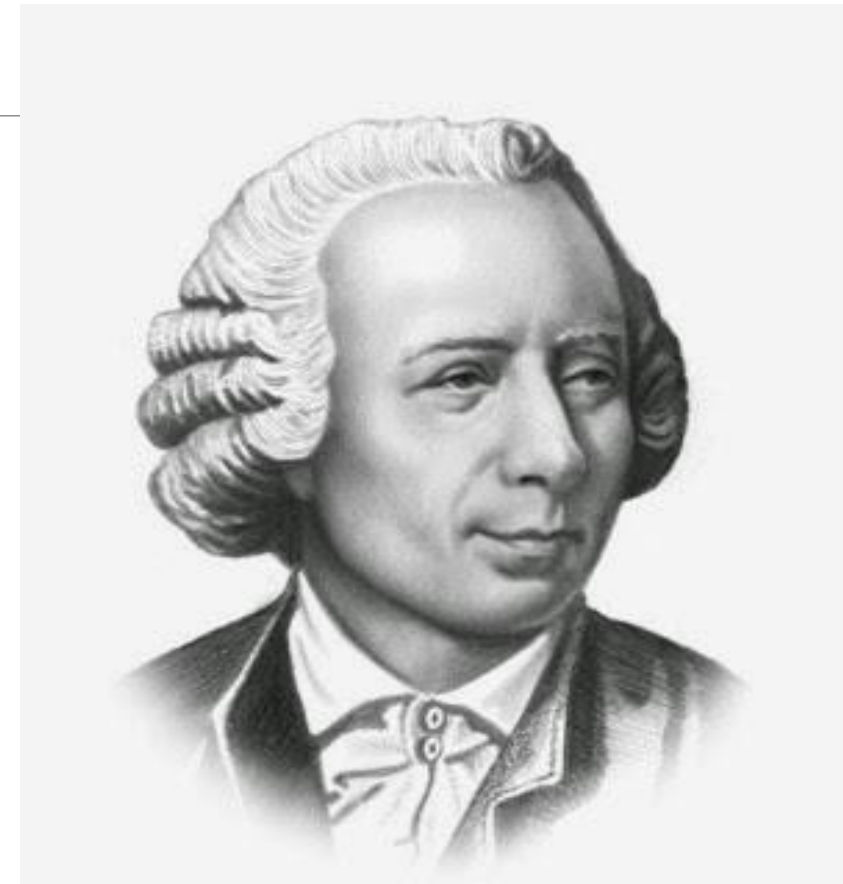
Ҳаракат тенгламасини келтириб чиқариш учун назарий механика фанидан маълум бўлган Даламбер принциpidан фойдаланамиз.



# ҲАРАКАТДАГИ ИДЕАЛ СУЮҚЛИКНИНГ ДИФФЕРЕНЦИАЛ ТЕНГЛАМАЛАРИ

Мувозанатдаги суюқликнинг дифференциал тенгламасига инерция кучларини қўшиб қуйидаги ифодага келамиз:

$$\left. \begin{aligned} \frac{du_x}{dt} &= X - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} \\ \frac{du_y}{dt} &= Y - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y} \\ \frac{du_z}{dt} &= Z - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial z} \end{aligned} \right\} (1)$$



**Леонард Эйлер**  
(1707-1783)

# ТЕНГЛАМАДА:

---

$X, Y, Z$

-бирлик масса кучларининг координата ўқларига проекцияси;

$\frac{\partial p}{\partial x}, \frac{\partial p}{\partial y}, \frac{\partial p}{\partial z}$

- босим градиенти;

$\frac{du_x}{dt}, \frac{du_y}{dt}, \frac{du_z}{dt}$

-бирлик инерция кучларининг координата ўқларига проекцияси;

$\rho$

- суюқлик зичлиги.

## ИДЕАЛ СУЮҚЛИК УЧУН Д.БЕРНУЛЛИ ТЕНГЛАМАСИ

Бунинг учун юқоридаги тенгламанинг икки томонини мос равишда кўпайтириб қўшамиз:

$$dx, dy, dz$$

$$\underbrace{\frac{du_x}{dt} dx + \frac{du_y}{dt} dy + \frac{du_z}{dt} dz}_A = \underbrace{Xdx + Ydy + Zdz}_B - \frac{1}{\rho} \underbrace{\left( \frac{\partial p}{\partial x} dx + \frac{\partial p}{\partial y} dy + \frac{\partial p}{\partial z} dz \right)}_C \quad (2)$$

Тенгламанинг ҳар бир ҳадини алоҳида-алоҳида қараб чиқамиз.

Маълумки:

$$u_x = \frac{dx}{dt}; u_y = \frac{dy}{dt}; u_z = \frac{dz}{dt}$$

Тенгламанинг **A** ҳадини қуйидаги кўринишга келтирамиз:

$$\begin{aligned} \frac{du_x}{dt} dx + \frac{du_y}{dt} dy + \frac{du_z}{dt} dz &= u_x du_x + \\ + u_y du_y + u_z du_z &= \frac{1}{2} d(u_x^2 + u_y^2 + u_z^2) \end{aligned} \quad (3)$$

$u_x^2 + u_y^2 + u_z^2 = u^2$  бўлганлиги учун (2) тенгламанинг биринчи ҳадини қуйидагича ёзамиз:

$$\mathbf{A:} \quad \frac{1}{2} d(u_x^2 + u_y^2 + u_z^2) = \frac{1}{2} d(u^2) \quad (4)$$

Тенгламанинг **B** ҳади:

Агар масса кучлардан фақат **оғирлик кучи** таъсирини инобатга олсак, (2)

---

тенгламанинг **B** ҳади қуйидаги кўринишга келади:

$$X = 0; Y = 0; Z = -g$$

**B:**

$$Xdx + Ydy + Zdz = -g dz$$

(5)

(2) тенгламанинг **C** ҳади, босимнинг тўлиқ дифференциалини ифодалайди, яъни

---

$$\mathbf{C:} \quad \frac{\partial p}{\partial x} dx + \frac{\partial p}{\partial y} dy + \frac{\partial p}{\partial z} dz = dp \quad (6)$$

Аниқланган ифодаларни **(2)** тенгламага қўйиб, қуйидагига эга бўламиз:

$$\frac{1}{2} d(u^2) + \frac{1}{\rho} dp + g dz = 0 \quad (7)$$

(7) ифодани интеграллаб қуйидагини оламиз:

---

$$\frac{u^2}{2g} + \frac{p}{\rho g} + z = \text{const} \quad (8)$$

ёки

$$\gamma = \rho g$$

$$z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{u_1^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{u_2^2}{2g} \quad (9)$$

(9) идеал суюқликнинг элементар оқимчаси учун **Д.Бернулли тенгламаси** дейилади.

Бу (9) тенглама 1738 й. Д.Бернулли томонидан таклиф этилган бўлиб, унинг номи билан аталади ва *гидродинамиканинг асосий тенгламаси* ҳисобланади.

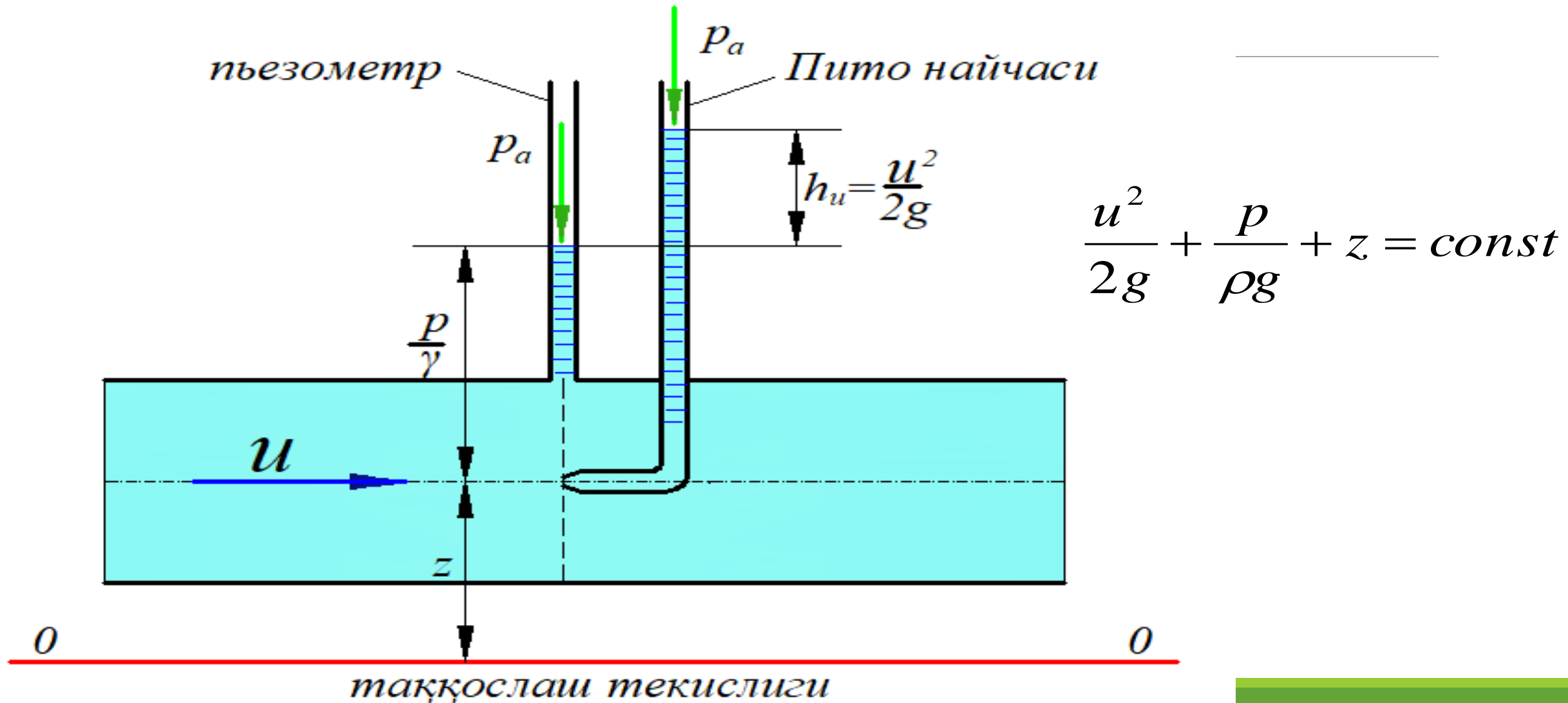
$$z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{u_1^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{u_2^2}{2g}$$



Даниил Бернулли  
(1700—1782)



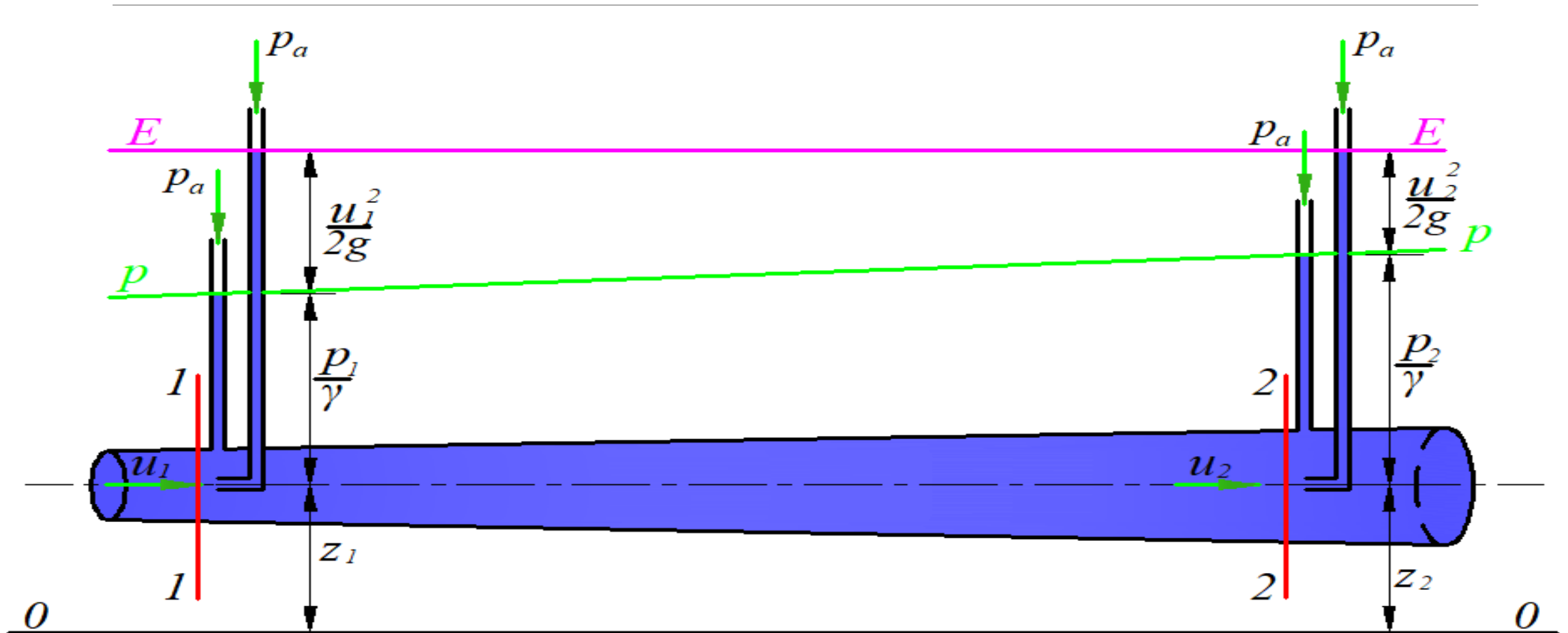
# Д.Бернулли тенгламасига доир чизма



## Д.Бернулли тенгламасининг геометрик маъноси

| Белги                                       | Геометрик маъноси     |
|---|-----------------------|
| $z$   | Геометрик баландлик   |
| $h_p = \frac{p}{\gamma}$                    | Пъезометрик баландлик |
| $z + \frac{p}{\gamma}$                      | Пъезометрик напор     |
| $h_v = \frac{u^2}{2g}$                      | Тезлик напори         |
| $H = z + \frac{p}{\gamma} + \frac{u^2}{2g}$ | Гидродинамик напор    |

# Идеал суюклик учун Д.Бернулли тенгламасга доир чизма



## Д.Бернулли тенгламасининг энергетик маъноси

| Белги  | Энергетик маъноси             |
|--|-------------------------------|
| $E_x = \frac{mgz}{mg} = z$   | Солиштирама ҳолат энергияси   |
| $E_\sigma = \frac{mg\left(\frac{p}{\gamma}\right)}{mg} = \frac{p}{\gamma}$ | Солиштирама босим энергияси   |
| $H_p = z + \frac{p}{\gamma}$   | Солиштирама потенциал энергия |
| $E_k = \frac{mu^2}{mg2} = \frac{u^2}{2g}$                                  | Солиштирама кинетик энергия   |
| $H = z + \frac{p}{\gamma} + \frac{u^2}{2g}$                                | Солиштирама тўла энергия      |

## ГИДРАВЛИК ВА ПЬЕЗОМЕТРИК НИШАБЛИК

Суюқлик идеал деб қаралганда гидравлик нишаблик

---

$$J_e = 0$$

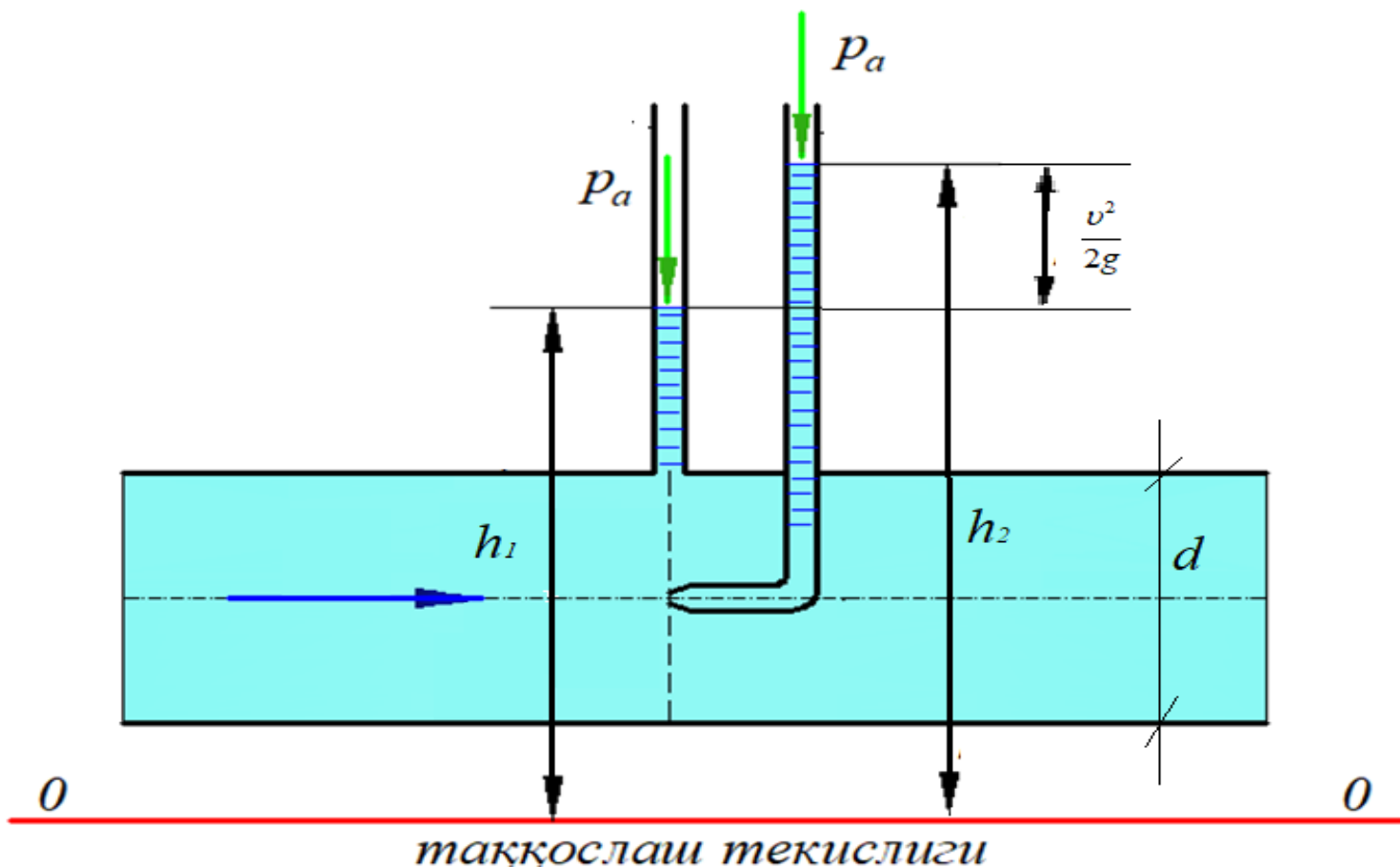
**Пьезометрик нишаблик** деб пьезометрик чизиқнинг узунлик бирлигига нисбатан ўзгаришига айтилади:

ёки

$$J_p = \frac{\left( z_1 + \frac{p_1}{\gamma} \right) - \left( z_2 + \frac{p_2}{\gamma} \right)}{l}$$

$$J_p = - \frac{d}{dl} \left( z + \frac{p}{\gamma} \right)$$

# МАВЗУГА ДОИР МАСАЛАЛАР



1-масала.

Берилган:

$$h_1 = 0.9 \text{ м},$$

$$h_2 = 1.1 \text{ м},$$

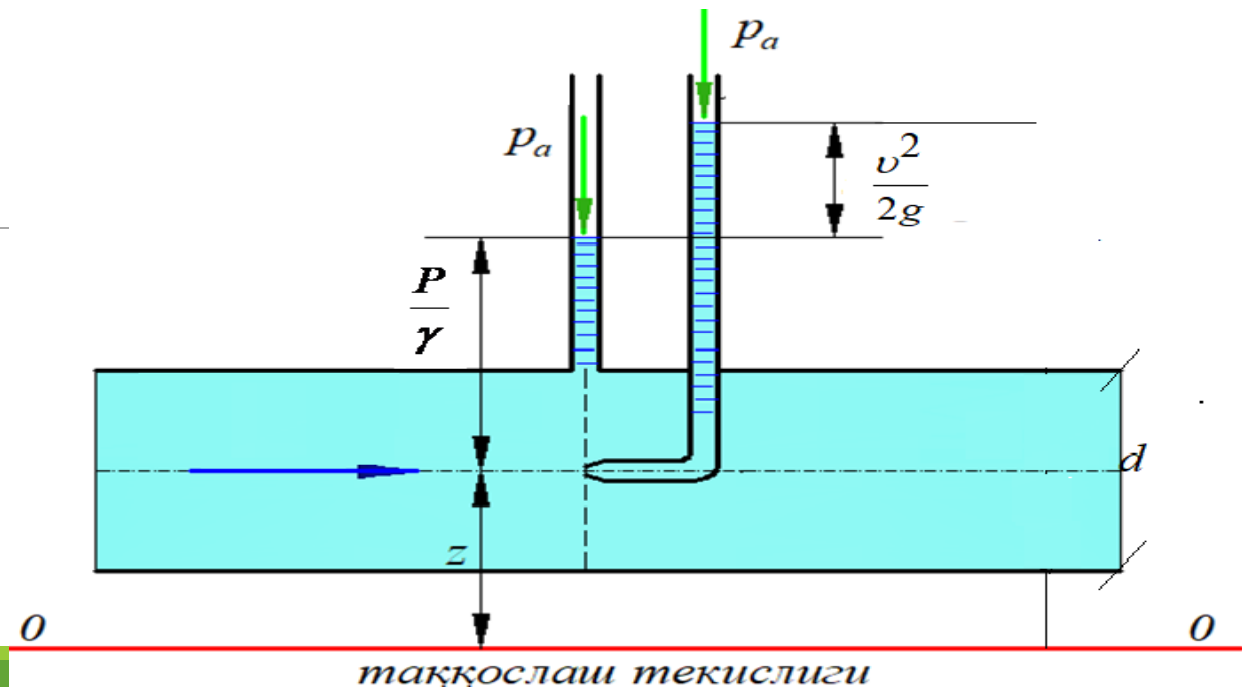
$$d = 0.2 \text{ м}, \quad Q = ?$$

# Топширик

Ҳисобланг:  $d = N_1$  см ли қувурда тезлик напори

$$\frac{u^2}{2g} = 0,3 \text{ м га тенг. Сарфни аниқланг.}$$

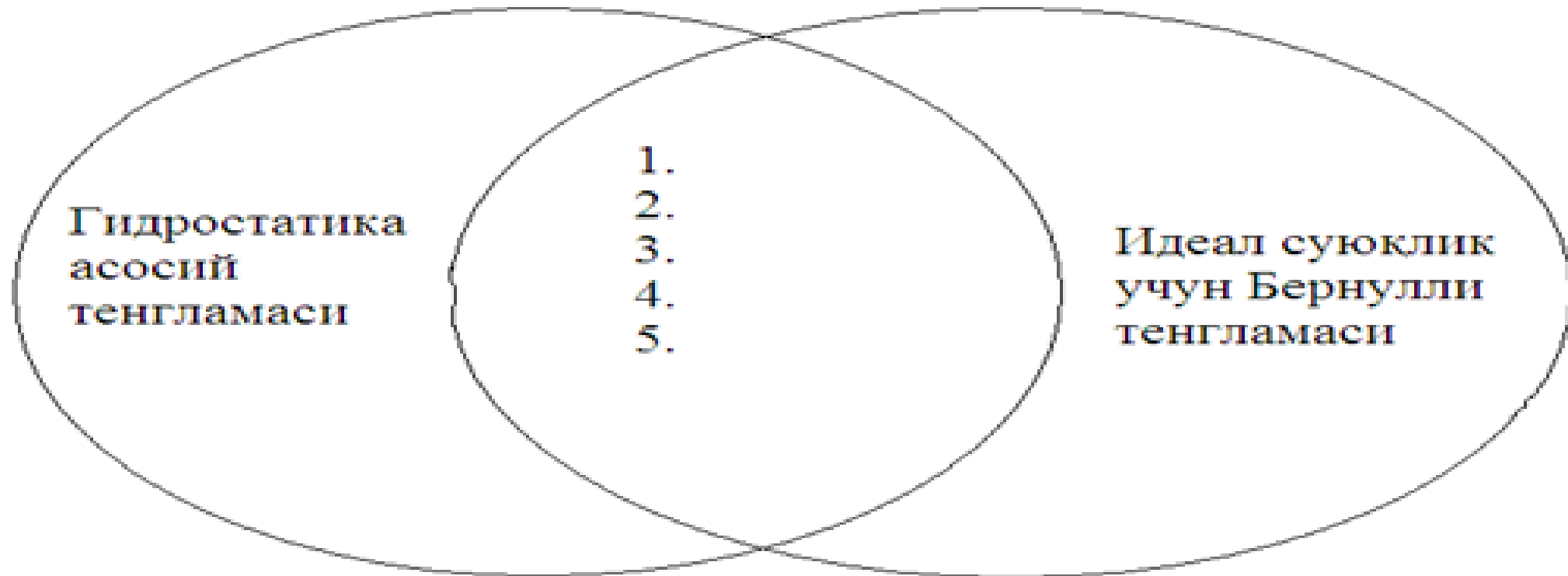
Бу ерда:  $N_1$ - исмингиздаги ҳарфлар сони



## Уйга вазифа

### Венна диаграммасини тузинг: Умумий жиҳатларини топинг

---





# Фойдаланишга тавсия этилган адабиётлар

1. Зуйков А.Л. «Гидравлика», учебник, Москва, 2014 г., 517 с.
2. Штеренлихт Д.В. «Гидравлика», учебник, М. Энергоатомиздат, 1992 г., 111-127 с.
3. Latipov Q.Sh., Arifjanov A.M., Fayziyev X., «Gidravlika», Toshkent. TAQI, 2015y.
4. Melvyn Kay, Practical Hydraulics (Taylor & Francis 2 Park Square, Milton Park, Abingdon, Oxon OX14 4RN ) 2008.-253 pages
5. А.Арифжанов, П.Н.Гурина. Гидравлика. -Ташкент. ТИМИ, 2011г.
6. А.Арифжанов, Қ.Рахимов, А.Ходжиев Гидравлика. Toshkent. ТИМИ 2016.
7. Arifjanov A.M. Gidravlika (gidrostatika). Toshkent. TIQXMMI 2022.
8. А.М. Arifjanov, X.Fayziev, A.U.Toshxojaev Gidravlika. Toshkent. TAQI 2019.
9. К.Ш.Латипов, А.Арифжанов, Х.Кадиров, В.Ташов «Gidravlika va gidravlik mashinalar», Navoiy sh., Alisher Navoiy, 2014 y.-406b.
10. Philip M. Gerhart Andrew L. Gerhart John I. Hochstein Fundamentals of Fluid Mechanics. ISBN 978-1-119-08070-1 (Binder-Ready Version). USA 2016
11. Philippe Gourbesville • Jean Cunge Guy Caignaert Advances in Hydroinformatics. ISBN 978-981-10-7217-8. Springer Nature Singapore Pte Ltd. 2018
12. А.М.Арифжанов «Gidravlikadan masalalar to‘plami» - Toshkent, 2005 y.-88b.
13. [www.gidravlika-obi-life.zn.uz](http://www.gidravlika-obi-life.zn.uz)



ТОШКЕНТ ИРРИГАЦИЯ ВА ҚИШЛОҚ  
ХЎЖАЛИГИНИ МЕХАНИЗАЦИЯЛАШ  
МУҲАНДИСЛАРИ ИНСТИТУТИ



**TIAME**  
Tashkent Institute of Irrigation and  
Agricultural Mechanization Engineers



**Мурожат учун манзиллар**

**[//tiame.uz/](http://tiame.uz/)**

**Tel.: 71-237 19 71**

**Pochta: [xoshimov.50907@mail.ru](mailto:xoshimov.50907@mail.ru)**

**[www.gidravlika-obi-life.zn.uz](http://www.gidravlika-obi-life.zn.uz)**

**«Гидравлика ва гидроинформатика»**

**Кафедраси доценти**

**С.Н.Хошимов**

---

**ЭЪТИБОРИНГИЗ УЧУН РАХМАТ**