

**ЎЗБЕКСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ЖОҚАРЫ ҲӘМ ОРТА
АРНАЎЛЫ БИЛИМ МИНИСТИРЛИГИ**

**БЕРДАҚ атындағы ҚАРАҚАЛПАҚ МӘМЛЕКЕТЛИК
УНИВЕРСИТЕТИ**

КӘСИПЛИК ТӘЛИМ КАФЕДРАСЫ

**Кәсіптік тәлім бакалавр бағдары
арнаўлы сыртқы бөлім студентлери үшін**

**Гидравлика хәм гидравликалық машиналар
пәнінен лекциялар тексти**

Дүзген:

Т.Узақов

Нөкіс-2007

1. Гидравлика тийкарлары

1.1. Кирисиў. Гидравлика пәниниң ўазыйпалары

Гидравлика пәни суйықлардың тыныш хәм ҳәрекеттеги өзгериў ызымлықларын үйрететуғын пән болып есапланады. Усы ызымлықлардың анық инженерлик мәселелерди шешиў де қолланыў усылларын үйренеди. Гидравлика сөзи юнон тилинде суў хәм кубыр сөзлеринен қуралған. Оларды қосып оқығанымызда кубырдағы суўдың ҳәрекеті деген мәни келип шығады. Кейиншелли гидравлика сөзи тек суўдың трубадағы ҳәрекеті емес, ал ашық өзенлердеги ҳәрекетин де аңлататуғын болды. Себеби гидравлика напорлы (трубада) хәм ашық өзенлердеги напорсыз ҳәрекеті ызымлықларын үйренеди.

Гидравлика пәни еки бөлимнен ибарат: Гидростатика хәм гидродинамика. Гидростатика бөлиминде суғықлықлардың тыныш жағдайы ызымлықлары үйрениледі. Бундай ызымлықлар шуғырлығы бойынша қәлеген точкадағы гидростатик басымның өзгериўин анықлаўдан ибарат. Гидростатик басым ўақытқа емес, ал координаталарға байланысly.

$$p = f(x, y, z) \quad (1.1)$$

Гидродинамика бөлиминде суйықлықлардың ҳәрекеттеги гидродинамик элементлериниң өзгериў ызымлықлары үйрениледі, бунда суйықлықлардың ҳәр қыйлы точкаларда u тезлик хәм p басымлардың ўақыт өтиўи менен муғдарлары өзгереді. Берилген точкадағы тезлик хәм басымның t ўақыт аралығында өзгериўи төмендегише жазылады:

$$\begin{aligned} u_x &= f_1(x, y, z, t) \\ u_y &= f_2(x, y, z, t) \end{aligned} \quad (1.2)$$

$$\begin{aligned} u_z &= f_3(x, y, z, t) \\ p &= f(x, y, z, t) \end{aligned} \quad (1.3)$$

1.2. Гидравлика пәниниң қысқаша тарийхы хәм оның тийкаршылары

Эрамыздан 4000 жыл алдын Египетде хәм 1000 жыл бурын Китай, Сирияда, Вавилон, Греция, Римде суўдан пайдаланыў ушын дәрьяларға тоғанақлар, шығырлар қурған.

Гидравлика пәнине тийисли дәслепки қол-жазбалар эрамыздан алдын (287-212 жж) жасаған грек физиги Архимед тәрәпинен жазылған «Денениң жүзиў ызымлары» қол жазбасы болып есапланады. XV әсирде италиялы алым Леонардо Да Винчи (1452-1519) «Дәрья хәм каналларда суў ҳәрекетин үйрениў» хәмде «Суйықлықтың тесиктен ағып шығыўы» туўралы жаңалықлар ашқан.

1586-жылы Нидерландия илимпазы алым-инженер, математик Симон Стивен (1548-1620) өзиниң «Басланғыш гидротехника» китабын баспадан шығарды.

1612-жылы Галилео Галилей (1564-1642) өзиниң «Суўдағы денениң қозғалысы» шығармасы менен дүньяға танылған. 1643-жылы Э.Торричелли (1608-1647) суйықлықлардың тесиктен ағып шығыўы ызымын ислеп шықты. 1650-жылы Блез Паскаль (1623-1662) «Жабық ыдыстағы суйықлыққа сырттан тәсир еткен басым суйықлықтың барлық точкаларында өзгермес муғдарда тарқалады» дегени кейнинен Паскаль ызымы гидростатик басымның екінши қәсийети деп жәрияланған. 1687-жылы Исаак Ньютон (1643-1727) суйықлық қозғалысында ишки сүйкеліс ызымын ашқан.

Гидравлика пәниниң раўажланыўына тийкар салған алымлар М.В.Ломоносов (1711-1765), Д.И.Бернулли (1700-1783) 1738-жылы Гидродинамика китабы менен дүньяға танылды. 1755-жылы М.Эйлер (1707-1783) суйықлық қозғалысының дифференциал теңлемелерин ислеп шықты.

1.3. Суйықлық хәм оның физикалық қәсийети

Суйықлық қандай ыдысқа салынса, сол ыдыс формасына киретуғын ағыўшаңлық қәсийетине ийе оның белгили формасы жоқ.

Гидравликада суйықлық дегенде тийкарынан суў нәзерде тутылады, бирақ суйықлықлар хәм газлер қозғалысы гидравлика ызымлықлары тийкарында үйрениледі. Гидравликада газлер эластик суйықлықлар деп қаралады. Тамшылы суйықлықлар хәм газлер төмендеги қәсийетлери менен бир нешке уксайды:

- 1) тамшылы сұйық формаға ийе емес физикалық қасиеттері
- 2) газлер жабысқақтығы төмен болып сұйықтықлардинамикасына жақынлайды
- 3) температура төмендесе сұйықтықлар қатты денеге айналады.

1.4. Идеал хәм реал сұйықтықлар

Идеал сұйықтық деп, басым хәм температура тәсірінде өзінің көлемін өзгертпейтуғын, өзгермес тығызлыққа ийе, ишки сүйкеліс күші болмаған, жабысқақтығы болмаған сұйықтықларға айтылады. Табиғатта хәммә сұйықтықлар реал сұйықтықлар болып есапланады.

1) тыныш жағдайдағы сұйықтық үйренилип атырғанда сұйықтықларды идеал хәм реал сұйықтықларға ажыратыу зәрурияты жоқ, себеби тыныш жағдайдағы сұйықтықта урынба кернеу болмайды.

2) жабысқақтық қозғалыстағы реал сұйықтықтың тийкарғы қасиеттерінің бири, соның ушын реал сұйықтықлар қозғалысы үйренілгенде ишки сүйкеліс күшін есапқа алыуымыз шәрт.

1.5. Реал сұйықтықлардың тийкарғы физикалық қасиеттері

Жабысқақтық

Сұйықтықлардың тийкарғы физикалық характеристикалары гидравликада тығызлық, салыстырма ауырлық жабысқақтық болып есапланады.

Тығызлық ρ (ρ_0) хәриби менен белгиленеди.

$$\rho = \frac{M}{V} \quad (1.4)$$

M -масса, кг

V -көлем, m^3

Салыстырма ауырлық γ хәриби менен белгиленеди.

$$\gamma = \frac{G}{V} \quad (1.5)$$

G -ауырлық.

Масса менен ауырлық өз-ара төмендегіше байланыста болады.

$$Mg = G \quad (1.6)$$

$$M = \frac{G}{g} \quad (1.7)$$

g -еркин түсіу тезлениуі, $\frac{m}{сек^2}$.

(1.7)-масса муғдарын (1.4)-ге қойсақ, тығызлық хәм салыстырма ауырлық арасында

$$\gamma = \rho g \quad (1.8)$$

бунда тығызлық

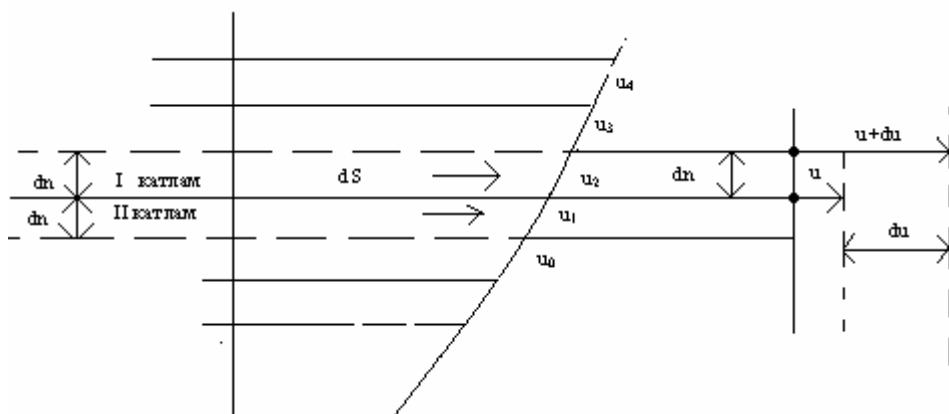
$$\rho = \frac{\gamma}{g} \quad (1.9)$$

СИ де тығызлық өлшем бирлиги

$$[\rho] = \frac{[\gamma]}{[g]} = \frac{F}{L^3} : \frac{L}{T^2} = \frac{FT^2}{L^4} = \frac{M}{L^3} \quad (1.10)$$

Жабысқақтық

Сұйықтық қатламларының арасындағы қатламлардың орталықта сүйкеліс күшін жеңіуге, қатламлардың өз-ара жылжыуына сарп етилген күш-жабысқақтық деп аталады. Ньютон нызамына мууапық, сұйықтық қатламларының өз-ара жылжыуы ушын керекли болған күш еки қатлам арасындағы орталыққа, қатламлардың бир-бирине салыстырмалы жылжыу тезлигине хәм усы сұйықтықтың жабысқақтық коэффициентине пропорционал.



1.1-сүрөт.

$$T = \mu dS \frac{du}{dn} \quad (1.11)$$

T -тәсир етип атырған ишки сүйкеліс күши;
 dS -еки қатлам ортасындағы элементар орталық;
 μ -динамикалық жабысқақлық коэффициенті;
 $\frac{du}{dn}$ -тезлік градиенті.

Сүйкелиу күшін теңлемениң еки тәрепин dS ке бөлип шығарамыз.

$$\tau = \mu \frac{du}{dn} \quad (1.12)$$

Кинематик жабысқақлық коэффициенті

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} \quad (1.13)$$

μ -динамикалық жабысқақлық коэффициенті;
 ρ -тығызлық.

$$\nu = \frac{m^2}{сек}$$

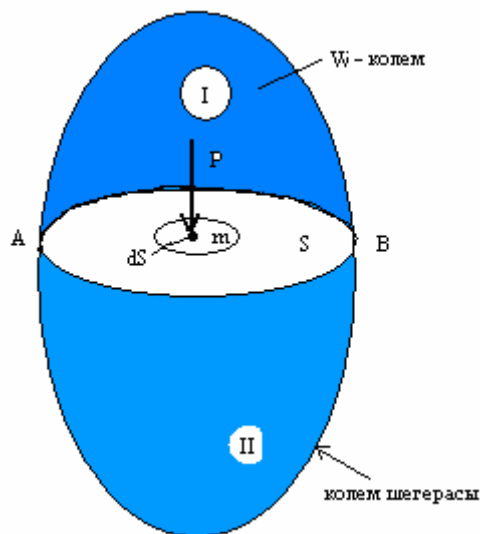
Тексеріу ушын сораулар

1. Гидравлика пәнінің ұазыйпалары нелрден ибарат?
2. Гидравлика пәни қашаннан баслап қәліплескен?
3. Суйықлық ұәм оның физикалық қәсийетлерин айтып бериң?
4. Идеал хәм реал суйықлықлар дегенимиз не?
5. Жабысқақлық,қалайынша анықланады?

2. Гидростатика

2.1. Гидростатикалық басым хәм оның қәсийетлери

Суудан қәлеген W көлемли суу ажыратып m точкасын белгилеймиз, усы точка арқалы AB тегислик өткиземиз. Бул еки бөлекке ажыратады. AB тегисликтеги майданды S деп белгилеймиз. Сонда гидростатикалық басым



$$\frac{\Delta P}{\Delta S} = \bar{p} \quad (2.1)$$

$$p = \lim_{\Delta S \rightarrow 0} \left(\frac{\Delta P}{\Delta S} \right) \quad (2.2)$$

точкадағы гидростатикалық басым (Pa).

Гидростатикалық басымның бірінші қасиеті. Гидростатикалық басымның бағыты точкадағы гидростатикалық басым ΔS майданшаға нормал бойынша тәсир етеді хәм бул басым қысыушы болады.

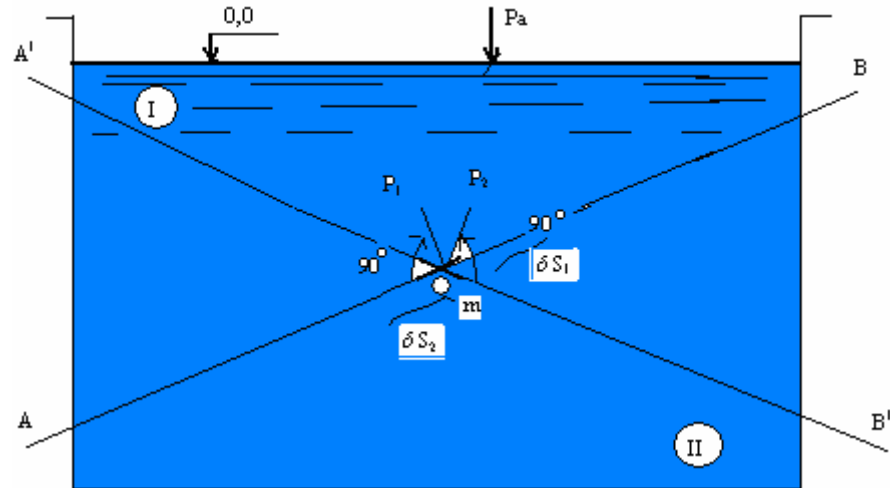
I-бөлектен II-бөлекке a точкасында p басым $N' - N''$ нормал бойынша тәсир етпей атыр десек p ны p_n хәм p_τ ға ажыратыуымыз керек. Тыныш жағдайдағы сұйықтықта ишки урынба күш болмайды. $p_\tau = 0$, буннан көринеди AB тегислигиндеги a точкада δS майданшасының бетине тәсир етиуши p басым тек $N' - N''$ нормал сызық бойлар бағытланады. δ точкада δS майданшаға p басым $N' - N''$ нормал сызық бойынша II-бөлектің сыртына бағытланған болсын. Онда b точкада сызыушы күш пайда болады. Тыныш жағдайдағы сұйықтықлар сызыу күшине қарсылық көрсетиу қасиетине ийе емес. Гидростатикалық басым хәр дайым сызыушы емес қысыушы болады.

Гидростатикалық басымның екінші қасиеті. Гидростатикалық басымның мұғдары, берілген точкада тәсир қылып атырған AB тегислигиндеги δS майданшаның бетине хәм ол тегислик қалайынша жайласқанына байланыслы емес. AB тегислигин басым тәсир етип атырған точка арқалы қандай мүйешке бурсақта усы точкаға тәсир етиуши басым мұғдары өзгермейди.

Дәлиллеу: Басым I-бөлектен II-бөлекке тәсир етип атырған деп алсақ m точкасында p басым AB хәм $A'B'$ тегисликлерінде хәр қыйлы dS_1, dS_2 лерге p_1 хәм p_2 деп белгилеймиз.

Точкадағы гидростатикалық басым майданға нормал бағытланған болады. Паскаль нызамына мууапық $p_1 = p_2 = p_3 = \dots = p_i$.

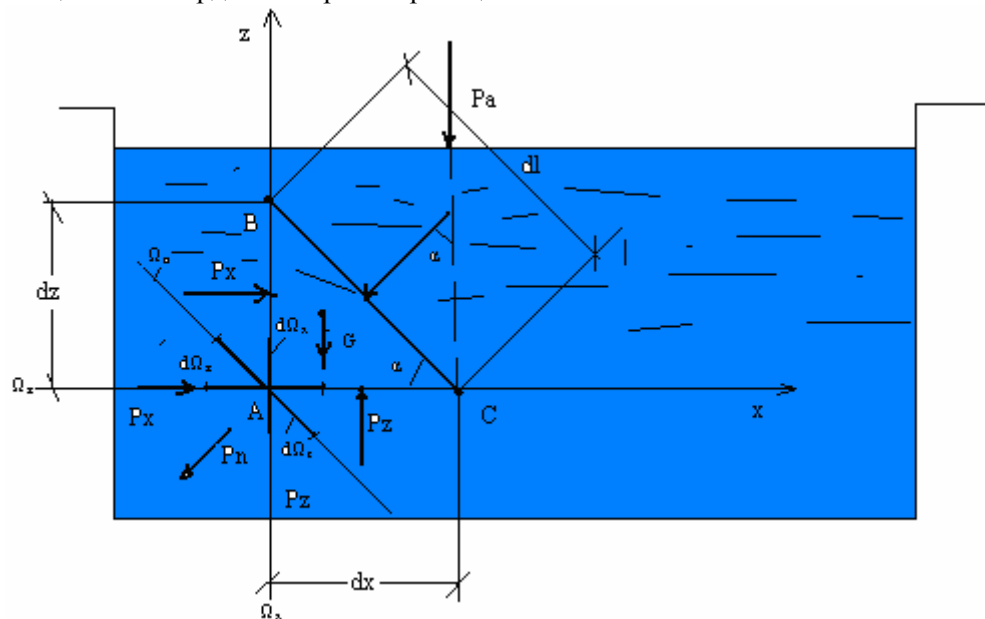
Призма тийкары ABC призма жатқызып қойылған призма тийкары узынлықтарын $dz; dx; dl$ деп белгилеймиз. dy бийиклик болады. a точкасы бойынша $AC \parallel \Omega_x, AB \parallel \Omega_z, BC \parallel \Omega_n$ α мүйеш x координатасына салыстырмалы элементар майданшаларға тәсир етип атырған басымды $p_x; p_y; p_z$ деп аламыз.



$$1) \quad P_x = p_x dz dy; \quad P_z = p_z dx dy; \quad P_n = p_n dldy \quad (2.3)$$

p_y тик бағытланған сызылмада көрінбейді.

Айырлық күші. ABC призма $P_z; P_x; P_n; P_y$ тәсірінде теңсалмақтықта тұрыпты. Бұнда бұл күшлердің Ax хәм Az координаталарына проекциясы



$$\left. \begin{aligned} P_x - P_n \sin \alpha &= 0 \\ P_z - P_n \cos \alpha &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (2.4)$$

(2.4)-ни (2.3)-ге қойсақ,

$$\left. \begin{aligned} P_x dz dy - P_n dldy \sin \alpha &= 0 \\ P_z dx dy - P_n dldy \cos \alpha &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (2.5)$$

$$dl = \frac{dz}{\sin \alpha} = \frac{dx}{\cos \alpha}; \quad p_x = p_n = p_z \quad (2.6)$$

2.2. Сұйықтың тыныш жағдайындағы теңлемесі (Эйлер теңлемесі)

Бөлекшелерге тәсір етіуші күшлер екіге бөлінеді: ішкі хәм сыртқы.

Сұйықтың бөлекшелерінің бір-біріне тәсір етіуші күштері ішкі күшлер делинеді.

Сұйықтық көлемінің бөлекшесіне басқа бір дене көлеміндегі тәсір етіп атырған күштері, сұйықтықтың көлемінің бөлекшелігіне, ұсы көлемді хәр тәрәптен орап алған сұйықтықтың тәсір күштері сыртқы күшлер делінеді. Сыртқы күшлер екі топарға бөлінеді.

1. Массалы күшлер. Бул күшлер қаралып атырған сұйықтық көлемінің хәмме бөлекшелігіне тәсір етеді. $\rho = const$ болғанда массалы күшлер көлем күшлер деп аталады. Сұйықтық аұырлығы көлемлі күшлер қатарына киреди.

$$F = m\phi \text{ ямаса } F = V\phi_0 \quad (2.7)$$

ϕ хәм ϕ_0 -бөлекшелерге тәсір етіуші күш интенсивлігі;

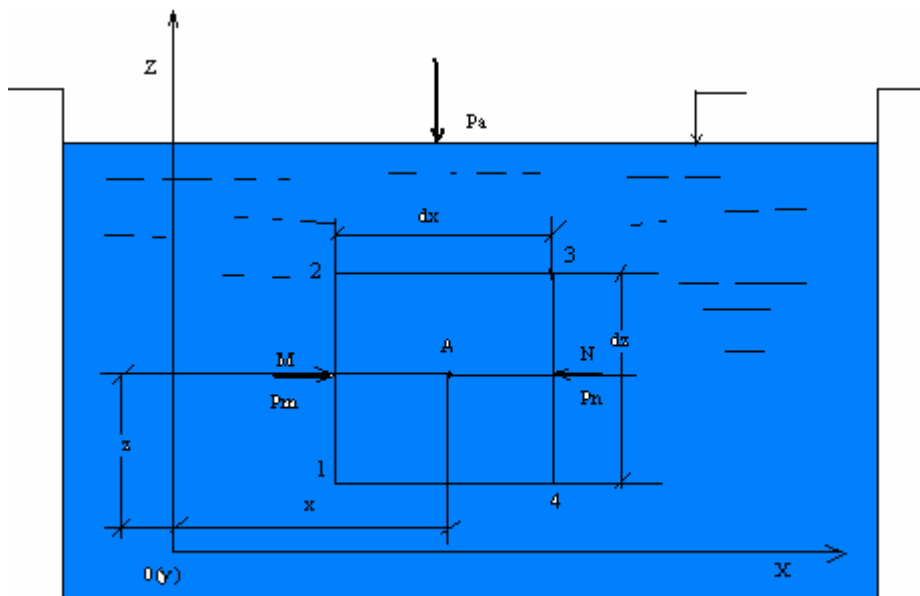
ϕ_0 -сұйықтықтың көлем бірлігіне тәсір етіуші салыстырма көлемлі күш;

ϕ -сұйықтықтың масса бірлігіне тәсір етіуші салыстырма көлемлі күші.

2. Сұйықтық бетіне тәсір етіуші күшлер атмосфера басымы, сүйкеліс күші х.т.б. тыныш жағдайдағы сұйықтықта гидростатикалық басым

$$p = f(x, y, z) \quad (2.8)$$

Тыныш жағдайдағы сұйықтық ишінен Oz, Ox координаталарын белгілейміз хәм туұры мүйешлі $1-2-3-4$ параллелепипед формасында элементар көлемді ажыратамыз, параллелепипед қапталларын dx, dz хәм dy пенен белгілейміз. Ортадан A точканы белгілейміз. Координаталары x, y, z болсын. Басым p A точкасы арқалы Ox



координатасына параллель MN сызығын жүргіземіз. Ұсы сызық бойынша гидростатик алық басым тоқтаусыз өзгереді.

MN сызығының бірлік ұзындығына туұры келген муғдар өзгеріуін $\frac{\partial p}{\partial x}$ деп аламыз.

M, N точкаларындағы басым

$$\left. \begin{aligned} p_M &= p - \frac{1}{2} dx \frac{\partial p}{\partial x} \\ p_N &= p + \frac{1}{2} dx \frac{\partial p}{\partial x} \end{aligned} \right\} \quad (2.9)$$

а) элементар параллелепипедке тәсір етіп атырған күшлерді анықлаймыз.

б) күшлерді Ox координатасына проекцияларын аламыз хәм жыйындысын нольге теңлестіреміз. Нәтийжеде 1-дифференциал теңлемени шығарамыз.

в) 2-хәм 3-дифференциал теңлемелерді алыұ ушын күшлерді Oy хәм Oz ке проекциялаймыз.

1. Параллелепипед 1 – 2 – 3 – 4 тәсир етиўши күшлер:

а) көлемли күш

$$\phi(dx dy dz)\rho \quad (2.10)$$

$(dx dy dz)\rho$ -параллелепипед массасы.

$$\phi_x(dx dy dz)\rho \quad (2.11)$$

б) 1 – 4 хәм 2 – 3 қапталға тәсир етиўши басым күшлерин Ox қа проекциясы нольге тең.
1 – 2 хәм 3 – 4 қырларына тәсир етиўши басым күшлеринин Ox қа проекциясы

$$P_M - P_N = p_M(dz dy) - p_N(dz dy) = \left(p - \frac{1}{2} dx \frac{\partial p}{\partial x}\right) dy dz - \left(p + \frac{1}{2} dx \frac{\partial p}{\partial x}\right) dy dz = -\frac{\partial p}{\partial x} dx dy dz \quad (2.12)$$

Ox қа күшлердин проекциясы

$$\phi_x(dx dy dz)\rho - \frac{\partial p}{\partial x}(dx dy dz) = 0 \quad (2.13)$$

Суйық жағдайдағы суйықтықтың 1-дифференциал теңлемеси усы жол менен 2-хәм 3-дифференциал теңлемелерди жазамыз.

$$\left. \begin{aligned} \phi_x - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} &= 0 \\ \phi_y - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y} &= 0 \\ \phi_z - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial z} &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (2.14)$$

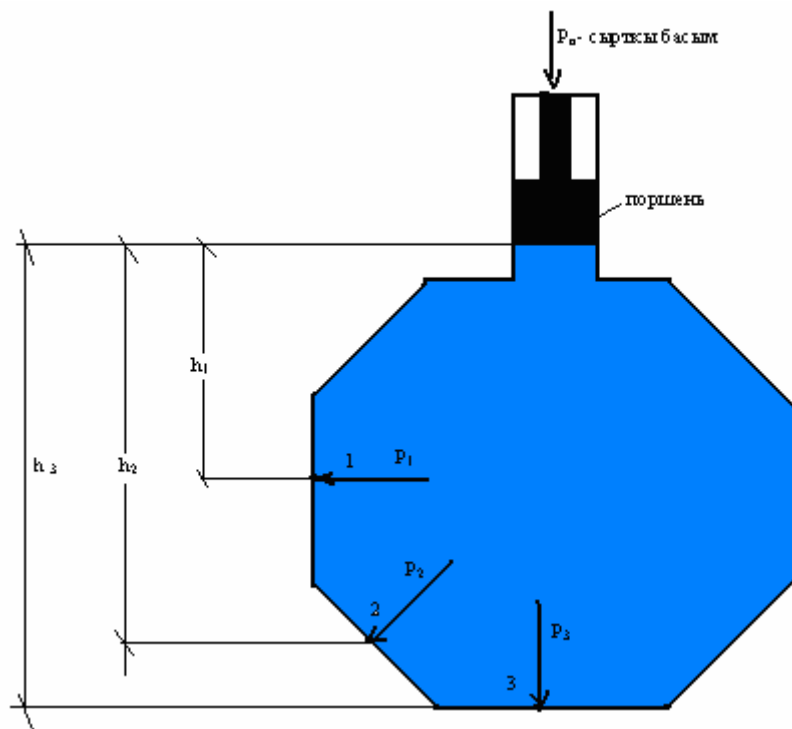
2.3. Паскаль ызамы

$$\left. \begin{aligned} p_1 &= p_0 + \gamma h_1 \\ p_2 &= p_0 + \gamma h_2 \\ p_3 &= p_0 + \gamma h_3 \end{aligned} \right\} \quad (2.15)$$

γ -салыстырма аўырлық;

$p_0 = const$.

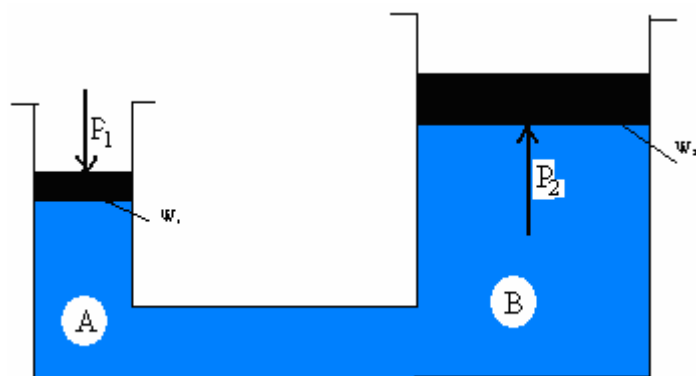
p_0 -күши басымы суйықтық ишиндеги қәлеген точкаларға бирдей тәсир етеди. Бул ызам Паскаль ызамы деп аталады.



Дәлиллей: A ыдысқа p_1 күші менен тәсир жасасак

$$p_0 = \frac{p_1}{\omega_1} \quad (2.16)$$

Паскаль нызамына муъапық p_0 басым B ыдыстағы поршень бирлик майданынада усындай тәсир етеди, яғный



$$p_2 = p_0 \omega_2, \text{ буннан } p_2 = p_1 \frac{\omega_2}{\omega_1} \quad (2.17)$$

$\frac{\omega_2}{\omega_1}$ қанша үлкен болса, p_2 күші p_1 ге қарағанда сонша үлкен болады.

2.4. Абсолют хәм манометрлик басым. Пезометрлик бийиклик. Вакуум басымын өлшеу әспаблары

Гидростатикалық басым
Манометрлик басым

$$P_{\text{ман}} = p_y - p_0 \quad (2.18)$$

ашық ыдыс ушын

$$P_{\text{ман}} = p_y - p_a \quad (2.19)$$

p_y -улыұма басым;

p_a -атмосфера басымы;

p_0 -артықша (зыят).

Ашық ыдыстағы сұйықтық бетине атмосфера басымы тәсір жасайды.

$$p_{ман} = p = \gamma h$$

h -сұйықтық бетінен точкаға шекемги бийиклик.

Егер басым атмосфера басымынан төмен болса, сұйықтық куйылған ыдыс ишиндеги жағдай вакуум деп аталады. Вакуумды өлшеуші аспаб вакуумметр деп аталады.

$$p_{вак} = p_a - p_y \quad (2.20)$$

Абсолют басым

Ол төмендегіше анықланады.

$$p = p_0 + \gamma h \quad (2.21)$$

p_0 -сұйықтық бетине тәсір етіуші басым.

$$\gamma h = p_{ауыр} \quad (2.22)$$

буннан көринип тур, аўырлық басымы абсолют басымның бир бөлегин қурайды.

Ашық ыдыс ушын артықша басым

$$p = p_y - p_a \quad (2.23)$$

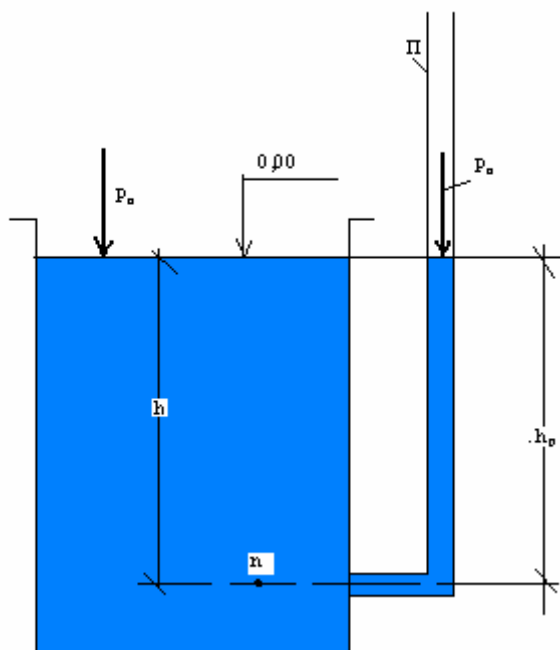
$$p = p_a + \gamma h = p_a + p_{ауыр} \quad p_a + p \quad (2.24)$$

сұйықтық толтырылған ыдыс жабық болса,

$$p_y = p_0 + \gamma h = p_{орт} + p_{ауыр} = p_0 + p \quad (2.25)$$

Пьезометрлер

Найша диаметри 10–15мм хәм оннан үлкен етип алынады. Пезометрлер гидростатикалық басымды суў менен өлшейди. Басым муғдары шийше найша ишиндеги көтерилген суў бийиклиги менен өлшенеди. Пезометр қайсы точкадан алынуў өлшениў керек болса, сол бийиклик яки шуқырлыққа орнатылады.



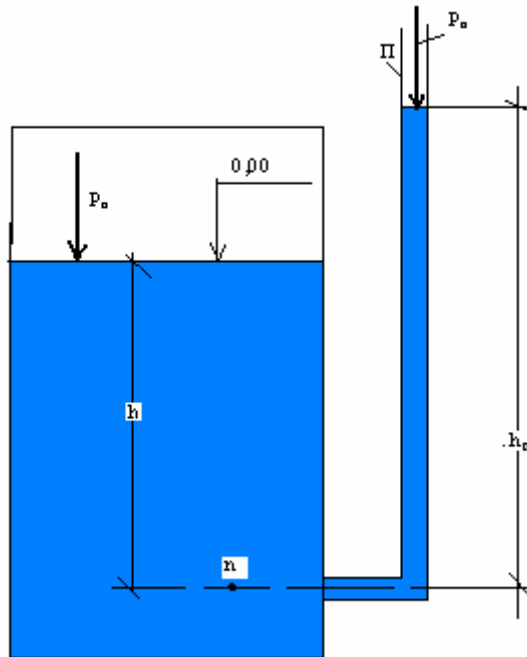
Ашық ыдыста $p_{атм} = p_0$ сол себепли

$$h_p = h \quad (2.26)$$

бул жағдайда басым

$$p = \gamma h_p = \gamma h \quad (2.27)$$

Екинши жағдай:



$$p_{орт} > p_{атм} \quad (2.28)$$

n -точкадағы гидростатикалық басым.

$$p_y = p_{атм} + pgh = p_a + \gamma h \quad (2.29)$$

буннан

$$h_p = \frac{p_y - p_a}{pg} = \frac{p_M - p_a}{\gamma} \quad (2.30)$$

$$\gamma = 9810 \frac{H}{M^3}$$

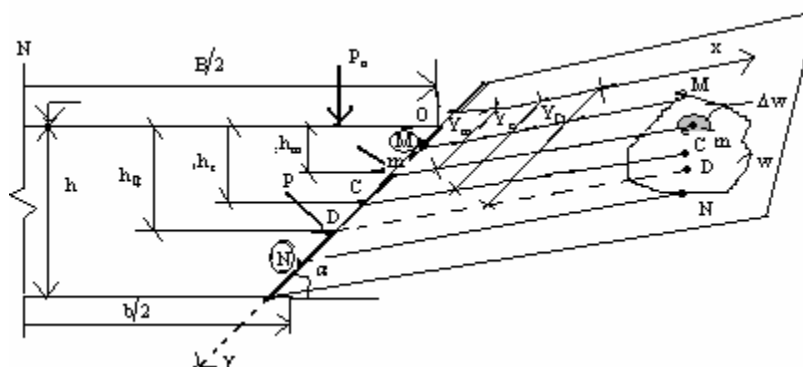
Тексеріу үшін сораулар

1. Гидростатикалық басым хәм оның қасиетлерин түсиндириң?
2. Суйықтың тыныш жағдайындағы теңлемеси қалайынша жазылады?
3. Гидростатиканың тийкарғы теңлемеси қалайынша жазылады?
4. Паскаль нызамын түсиндирип бериң?
5. Абсолют хәм манометрлик басым деген мәнилерди түсиндириң?
6. Пьезометр дегенимиз не?
7. Вакуум басымын өлшеу әспабларын айтып бериң?

3. Суйықтың басым күши

3.1. Суйықтың тегис бетке тәсири

Қәлеген формадағы тегис бетли дийуалға суйықлық басым күшин анықлаймыз.



3.1-сүрөт.

C -ауырлық орайы;

ω -майдан;

$\Delta\omega$ -бөлекше ажыратамыз хэм усы майданшаға тәсир етип атырған басымды анықлаймыз.

$$h_m = y_m \sin \alpha$$

m точкисындағы гидростатикалық басым

$$p^{(m)} = pgh_m = \gamma h_m \quad (3.1)$$

$\Delta\omega$ майданшаға тәсир етип атырған ΔP басым

$$\Delta P^{(m)} = p^m \Delta\omega \quad (3.2)$$

ямаса

$$\Delta P^{(m)} = \rho gh_m \Delta\omega = \gamma h_m \Delta\omega \quad (3.3)$$

$h_m = y_m \sin \alpha$ ны қойып

$$\Delta P^{(m)} = \gamma y_m \sin \alpha \Delta\omega \quad (3.4)$$

MN тегислигиндеги басым

$$P = \sum \Delta P = \sum \gamma \sin \alpha y_m \Delta\omega \quad (3.5)$$

ямаса $\gamma, \sin \alpha$ өзгермес

$$P = \gamma \sin \alpha \sum y_m \Delta\omega \quad (3.6)$$

MN тегислигиндеги ω майданшаның оның ауырлық орайынан Ox координатасына болған аралыққа көбейтпеси бизге статикалық моментти береді.

$$\sum_0^{\omega} y_m \Delta\omega = y_c \omega \quad (3.7)$$

(3.7)-менен (3.6)-дан

$$P = \gamma y_c \sin \alpha \omega \quad (3.8)$$

$$y_c \sin \alpha = h_c$$

$$P = \gamma h_c \omega$$

суйықтың басым күшін анықлайтуғын тийкарғы формула шықты.

$$P_{aoc} = p_0 \omega + \gamma h_c \omega = (p_0 + \gamma h_c) \omega \quad (3.9)$$

3.2. Гидростатикалық басым орайы

Тегис дийўал майданындағы басым күші қойылған точка басым орайы делинеді.

Басым орайы координаталарын анықлаў.

Буның ушын тең тәсир етиўши момент теоремасынан пайдаланып P күштиң Ox координатасына моменти

$$M_P = Py_D \quad (4.0)$$

элементар ΔP күштиң Ox координатасына моменти

$$M_{\Delta P} = \Delta Py \quad (4.1)$$

моментлер жыйнағы

$$\sum M_{\Delta P} = \sum_0^{\omega} \Delta Py \quad (4.2)$$

Тең тәсир етиўши моментлер теоремасынан

$$M_P = \sum M_{\Delta P} \text{ яки } Py_{\Delta} = \sum_0^{\omega} \Delta Py \quad (4.3)$$

(4.3)-ден төмендегини шығарамыз.

$$\Delta P = p \Delta\omega = \gamma h \Delta\omega = \gamma y \sin \alpha \Delta\omega \quad (4.4)$$

хәм

$$P = \gamma_C \sin \alpha \omega = \gamma_C \omega \quad (4.5)$$

(4.3)-ни төмендегіше көшіріп,

$$\gamma_C \omega y_D = \sum_0^{\omega} \gamma^2 \sin \alpha \Delta \omega \quad (4.6)$$

γ_C ны $y_C \sin \alpha$ ға тең деп алып, (4.6)-ны былайынша жазамыз.

$$\gamma_C \sin \alpha \omega y_D = \gamma \sin \alpha \sum_0^{\omega} \Delta \omega y^2 \quad (4.7)$$

(4.7)-ден

$$y_D = \frac{\sum_0^{\omega} \Delta \omega y^2}{\omega y_C} \quad (4.8)$$

$\sum_0^{\omega} \Delta \omega y^2$ - Ox координатасына салыстырғанда ω майданның инерция моменти I_x , ωy_C болса Ox координатасына статикалық моменти S_x .

(4.8)-ден

$$y_D = \frac{I_x}{S_x} = \frac{I_x}{\omega y_C} \quad (4.9)$$

Егер ω майданның инерция моментин I_C деп алсақ,

$$I_x = I_C + \omega y_C^2 \quad (5.0)$$

(5.0)-ге (4.9)-ны апарып қойсақ,

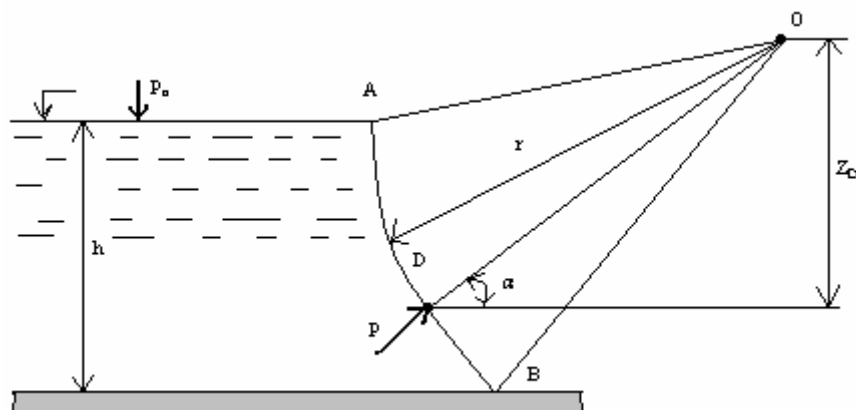
$$y_D = y_C + \frac{I_C}{\omega y_C} \quad (5.1)$$

ямаса $y_D = y_C + e$, e -эксцентриситет, ол ауырлық орайы хәм басым орайы арасындағы аралық.

$$e = \frac{I_C}{\omega y_C}$$

3.3. Сұйықлық басым күшінің иймек бетлерге тәсири

Мысалы сегментли суў тутқыш дәрўаза радиусы r айланыў координатасына ийе :

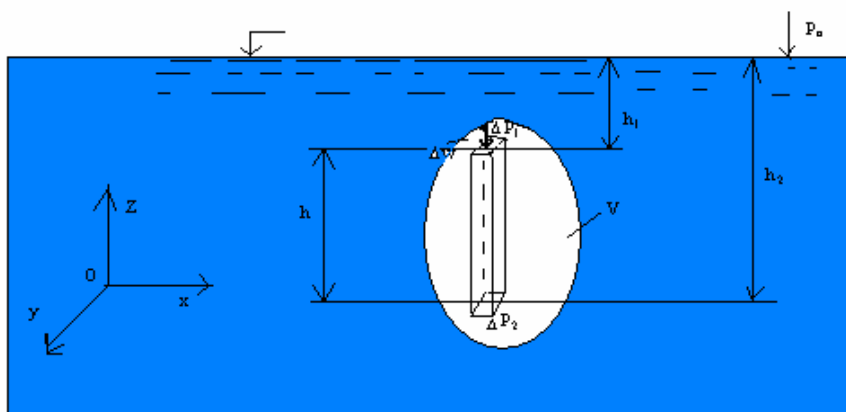


$$Z_D = r \sin \alpha \quad (5,2)$$

3.4. Архимед ызамаы. Денелердиң суўда жүзиў ызамаы

Архимед нызамы

Сууға батырылған денеге суудың қысып шығарыушы күші тәсир етеди, бул күш төменнен жоқары қарай бағытланған болып ол күш дене қысып шығарған сыйықлық ауырлығына тең: бул жағдайда



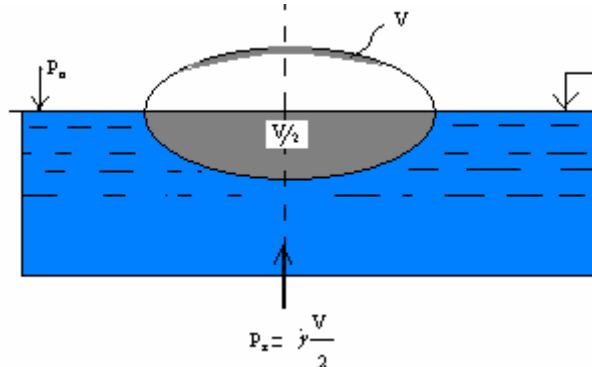
$$\Delta P_1 = \gamma h_1 \Delta \omega$$

$$\Delta P_2 = \gamma h_2 \Delta \omega$$

$$\Delta P_z = \Delta P_2 - \Delta P_1 = (\gamma h_2 - \gamma h_1) \Delta \omega$$

$$\Delta P_z = \gamma (h_2 - h_1) \Delta \omega = \gamma h \Delta \omega = \gamma \Delta V$$

$$\Delta V = \Delta \omega h \text{ - көлем}$$



$$P_z = \gamma \frac{V}{2}$$

$$P_z = \sum \Delta P_z = \sum \gamma \Delta V = \gamma \sum \Delta V ,$$

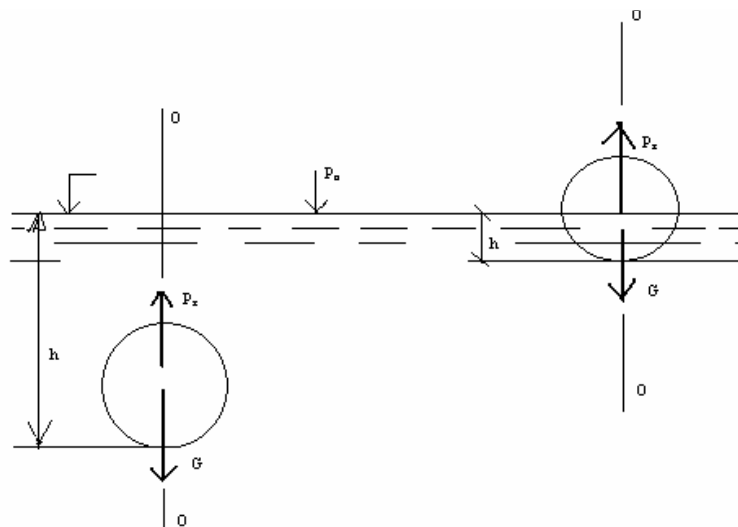
ямаса

$$P_z = \gamma V \quad (5.3)$$

Денелердің сууда жүзиу шәртлери

G -ауырлық күши;

P_z -көтериуши.



1. $G = P_z$ теңсалмақтық жағдайында жүзеді.
2. $G > P_z$ болса, дене шөгеді.
3. $G < P_z$ дене қалқыды.

Тексеріу үшін сораулар

1. Сұйықтың басым күшінің тегіс бетлерге тәсірі қандай?
2. Сұйықтың басым күшінің ийік бетлерге тәсірі қандай?
3. Гидростатикалық басым орайы дегеніміз не?
4. Архимед заңын айтып берің?
5. Денелердің суға жүзіу шарттері қандай?

4. Гидродинамика тийкарлары

4.1. Гидродинамиканың тийкарығы түсініктері

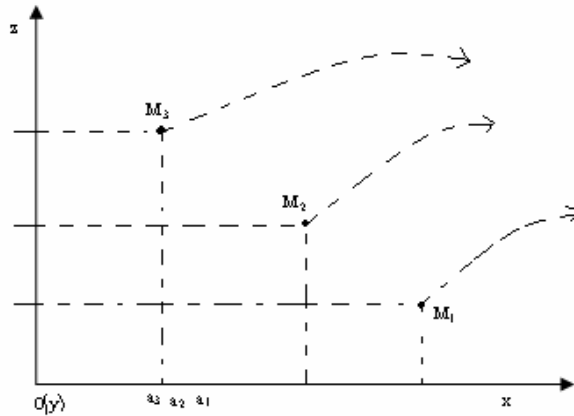
Гидродинамика сұйықтардың хәрекеттегі заңдылықтарын үйренеді. Гидравликаның гидродинамика бөлімінде мәселелер шешкенде сырттан қойылған күштер берілген ішкі күштерді анықлау менен шұғылланады. Ағым тезлігі хәм басым өзгеріу заңдылықтары үйреніледі. Сұйық хәрекеті уақытында рауажланып атырған ішкі басымдарды сұйық ағымының кесімі майданына бөлсек, бул басым гидродинамикалық басым делинеді. Гидродинамикалық басымның гидростатикалық басымнан айырмашылығы, ол тек координата өзгеріуі менен өзгереді. Сұйық қозғалысын үйрениуде екі мәселеге дус келеміз.

1. Сыртқы мәселе-ағым берілген хәм усы ағым ишінде қатты денеге тәсір етіуші күштерді анықлау керек.

2. Ішкі мәселе-бул жағдайда сұйыққа тәсір етіуші сыртқы күштер берілген болып,
 - а) сұйық бөлекшелірінің хәрекеті тезліктері;
 - б) гидростатикалық басымның өзгеріуі заңдылықтары үйреніледі.

Сұйық хәрекетін үйрениудің Лагранж усылы

Элементар майданшада хәрекет қылып атырған сұйықты қараймыз. Координата оқтарын өткіземіз Ox, Oy, Oz .



Егер сұйықлық хәрекети басланғыш координаталары a, b, c берілген болса, x, y, z координаталары

$$\left. \begin{aligned} x &= x(a, b, c, t) \\ y &= y(a, b, c, t) \\ z &= z(a, b, c, t) \end{aligned} \right\} \quad (4.1)$$

ds ұзындықтың dt уақыт аралығындағы траектория бойынша берілген точкадағы тезлиги

$$u = \frac{ds}{dt} \quad (4.2)$$

усы точка үшін қалған M бөлекшениң тезлениуі

$$a = \frac{ds^2}{dt^2} \quad (4.3)$$

Сұйықлық бөлекшелери тезлиги координаталар бойынша тезлиги

$$u_x = \frac{\partial x}{\partial t}; u_y = \frac{\partial y}{\partial t}; u_z = \frac{\partial z}{\partial t} \quad (4.4)$$

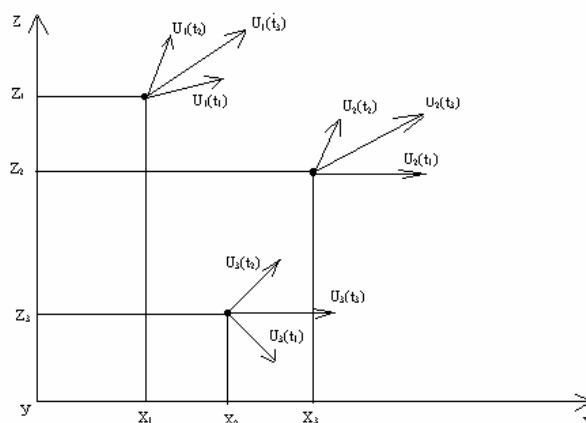
тезлениуі болса,

$$a_x = \frac{\partial^2 x}{\partial t^2}; a_y = \frac{\partial^2 y}{\partial t^2}; a_z = \frac{\partial^2 z}{\partial t^2} \quad (4.5)$$

4.2 Сұйықлық хәрекет түрлери

Сұйықлық хәрекети Эйлер ұсылы

Кеңіслікте элементар майданшада хәрекет етип атырған сұйықлықты көріп шығамыз.



Эйлер ұсылында сұйықлық ишінде $1, 2, 3, \dots$ точкалар белгіленіп қаралып атырған майданшада қатырылып қойылған болады. Сұйықлық хәрекетінде бұл точкалар хәрекет қылмайды. x, y, z қатырылған координаталары. t_1 уақыт ишінде тезліклердің өзгеріуі 1-точкада

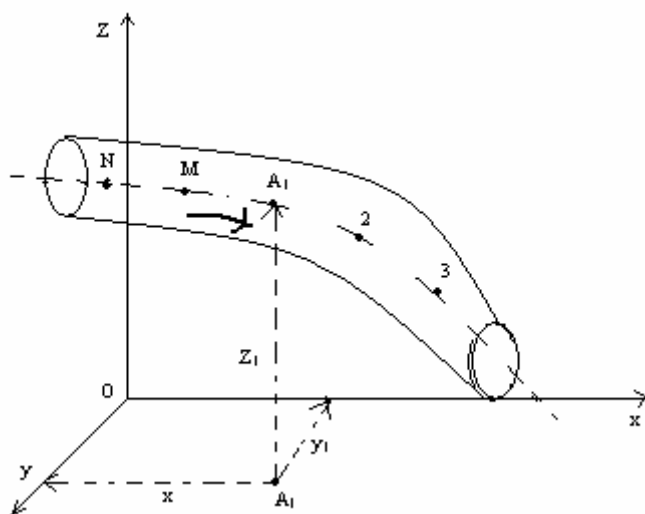
$u_1(t_1)$ болады. 2-точкада $u_2(t_1)$, 3-точкада $u_3(t_1)$, t_2 ўақыт ишинде $u_1(t_2)$, $u_2(t_2)$, $u_3(t_2)$ тезлик майданлары пайда болады. Эйлер усулы бойынша толық ағым берилген ўақыт ишинде 1,2,3,.. қозғалмас точкаларға салыстырмалы тезлик вектор майданы менен өлшенеди.

Гидравликада сұйықтық қозғалысы үйрениліуде Эйлер усулы кең қолланылады.

4.3 Траектория. Ағым сызығы. Элементар ағым найшасы. Сұйықтықтың толық ағымы

Траектория

Берилген сұйықтық бөлекшелеринің ўақыт аралығында басып өткен жолының изин көрсетіуші сызық оның траекториясы деп аталады.

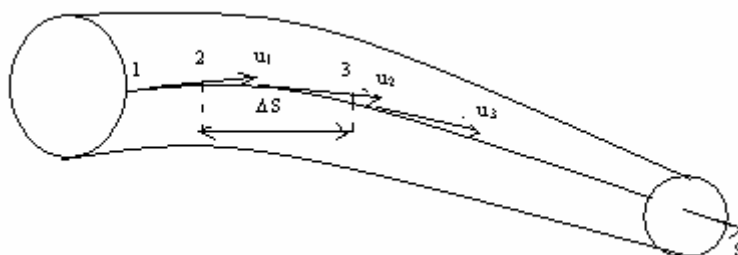


Харекеттеги сұйықтық бөлекшеси координаталарын x, y, z тезлигин u гидродинамикалық басымды p деп белгилейик. Бул бөлекше t_1 ўақытта A_1 точкаға келеди, бул ўақытта координаталары $x_1; y_1; z_1$, тезлиги u_1 , басымы p_1 болады. M бөлекше харекетин даўам еттирсе, координата, тезлик хэм басымы өзгерип барады.

M бөлекшениң $A_1, 2, 3$ хэм кейинги өткен жолының изи оның траекториясы деп аталады. Бир тегис қозғалыста бөлекшениң траекториясы узақ ўақыт бир тегис болады. Тегис емес харекетте бундай болмайды.

Ағым сызығы

Тегис қозғалыста ағым сызығы ўақыт аралығында өзгермес траекторияны аңлатып, усы жол узынлығы бойынша сұйықтық бөлекшелери бириниң кейнинен бири харекетленеди. Қәлеген 1 точка алып, t ўақыт ишинде усы точкадағы u_1 тезликтің муғдарын хэм вектор бағытын көремиз.

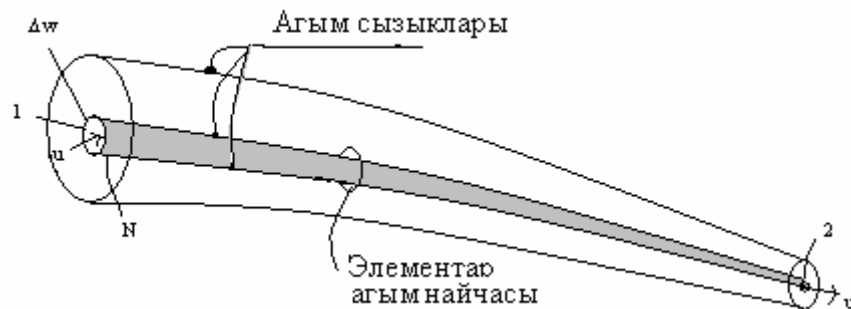


Усы вектор үстине кишкене ΔS аралықта 2-точканы алып, оның u_2 тезлигин сол t ўақыт ишиндеги векторын көремиз. Кейин және 2-точкадан ΔS аралықта 3-точканы қоямыз, және сол

жерден u_3 вектор тезлигин көреміз х.т.б. $\Delta S \rightarrow 0$ де 1,2,3,... сынық сызықтар иймек пайда етеді. Усы сызық ағым сызығы деп аталады. Ағым сызығы деп, хәрекеттегі сұйықтық ишіндегі қатар топқалар арқалы өткен сызыққа усы айтылады. Топқалар арқалы өткен тезлик векторлары берілген ўақыт ишінде усы иймек сызыққа урынба пайда етеді.

Элементар ағым найшасы

Сұйықтық ағымының бир бөлегі болып, ол қозғалыстағы сұйықтық ишінде жабық N шеғара сызығындағы топқалар арқалы өткен ағым сызықтары менен шегараланған.



Тегис хәрекет ушын элементар ағым найшасы қасиеттери

1. Ағым сызығы ўақыт өткени менен өзиниң формасын өзгертпегени ушын элементар ағым найшасының формасы ўақыт өтиўи менен өзгермейди (тегис қозғалыс).
2. Элементар ағым найшасы сыртынан сұйықтық ишке хәм иштен сыртқа шықпайды. Себеби ағымның вектор тезлиги хәр ўақыт ағым сызығына урынба жағдайда болады.
3. $u = const$, $p = const$ себеби $\Delta \omega \rightarrow 0$.

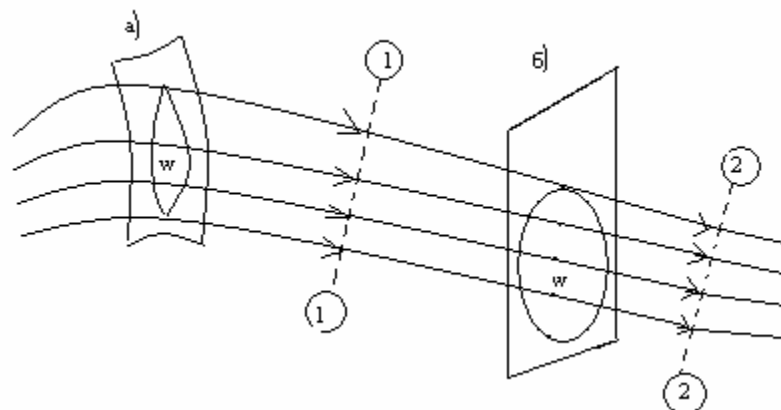
Сұйықтықтың толық ағымы

Қатты дийўал менен шегараланған орталықта қозғалып атырған сұйықтық көлемине (массасына) айтылады. Мысалы, труба, канал, дәрья х.т.б. хәрекетленип атырған сұйықтық.

Ағымның кесе-кесими майданының гидравликалық элементтери

Ағымның кесе-кесими майданы, каналдың хөллелген периметриниң узынлығы, гидравликалық радиус.

Ағымның кесе-кесими деп, сұйықтықтың ағым сызығына тик өткизилген тегислик жәрдемінде кесип өткен майданға айтылады хәм ω менен белгиленеди.



Трапедия формасындағы канал майданы.

$$\omega = (b - mh)h \quad (4.7)$$

Төртмүйешлик формасындағы канал майданы.

$$\omega = bh \quad (4.8)$$

Үшмүйешлик формасындағы канал майданы.

$$\omega = \frac{bh}{2} \quad (4.9)$$

Шеңбер формасындағы канал майданы.

$$\omega = \frac{\pi D^2}{4} \quad (4.10)$$

4.4. Сұйықтық ағымының гидравликалық элементтери

Хөлленген периметри

Хөлленген периметр деп каналдың кесе-кесими бойынша хәрекеттеги сұйықтық пенен хөлленген периметриниң узынлығына айтылады.

1. Трапеция формасындағы каналдың хөлленген периметри.

$$\chi = AB + BC + CD \quad (4.11)$$

2. Төртмүйешлик формасындағы каналдың хөлленген периметри.

$$\chi = AB + BC + CD \quad (4.12)$$

3. Үшмүйешлик формасындағы каналдың хөлленген периметри.

$$\chi = AB + BC \quad (4.13)$$

4. Шеңбер формасындағы каналдың хөлленген периметри.

$$\chi = \pi D \quad (4.14)$$

Гидравликалық радиус

Ағымның кесе-кесими майданының усы кесимдеги каналдың периметрине бөлингени гидравликалық радиус деп аталады.

$$R = \frac{\omega}{\chi} \quad (4.15)$$

4.5. Сұйықтық ағымының тегис хәм тегис емес илгерилемели қозғалысы

Сұйықтықтың ағымының тегис илгерилемели хәрекети

Сұйықтық қозғалысы дауамында ағымның ω кесе-кесими майданы хәм усы кесим бойынша g тезлик хәм суудың тереңлиги уақыт өтиуи менен өзиниң узынлығы бойынша өзгермесе, бундай хәрекет илгерилемели тегис хәрекет делинеди.

$$\omega = const, \quad g = const, \quad h = const \quad (4.16)$$

Сұйықтық ағымының тегис емес илгерилемели хәрекети

Ағымның кесе-кесими майданы ω хәм v тезлик канал узынлығы бойынша өзгередиди. Тезликлер бир-бирине тең болмайды.

$$u_1 \neq u_2 \neq u_3 \neq \dots$$

$$\left. \begin{array}{l} g \neq const \\ h \neq const \end{array} \right\} \quad (4.17)$$

4.6. Сұйықтық ағымының напорлы хәм напорсыз хәрекети

Сұйықтық ағымы сыртқы манбадан тәсир етип атырған атмосфера басымынан үлкен басым күш тәсиринде хәрекетке келсе, бундай хәрекет ағымның напорлы хәрекети делинеди (насослар х.т.б.).

Ағымның напорсыз хәрекети деп, сұйықтықтың тек еркин түсиу тезлениуи тәсириндеги хәрекетине айтылады (мысалы, дәрья, канал, салма х.т.б.). сұйықтықтың қатты дийуал менен шегараланған жағдайдағы ағымы еркин ағым делинеди.

Тексеріу ушын сораулар

1. Сұйықтық хәрекет түрлерин атап өтиң?

2. Ағым сызығы дегеніміз не?
3. Элементар ағым найшасы түсиниги нениі аңлатады?
4. Сұйықтың толық ағымы дегеніміз не?
5. Сұйықтың ағымының гидравликалық элементлеріне қайсылар кіреді?
6. Сұйықтың ағымының тегіс қозғалысын айтып берін?
7. Сұйықтың ағымының тегіс емес илгерилемелі қозғалысы деген мәніні түсіндірің?
8. Напорлы және напорсыз қозғалыстарға мысалдар келтірің?

5. Сұйықтың қозғалысы теңлемелері

5.1. Сұйықтың ағымының үздіксіздік теңлемесі

Гидродинамикада тығыз сұйықтың ағымының қозғалысын көрсетіуші теңleme үздіксіздік теңлемесі деп аталады.

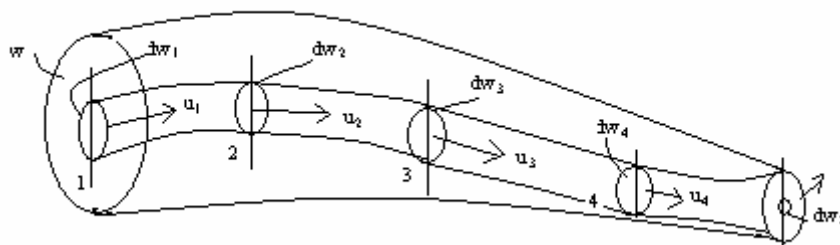
$$Q = \vartheta_1 \omega_1 = \vartheta_2 \omega_2 = \dots = \vartheta \omega = \text{const}$$

1. Элементар ағым найшасы үшін үздіксіздік теңлемесі:

Сұйықтың ағым найшасын алып, онда 1–1 және 2–2 кесе-кесімлерді аламыз. Элементар ағым найшасы 1–1 кесе-кесімі майданы $d\omega_1$, сол кесімдегі ағым тезлігін u_1 , суы сарпын dQ_1 және усындай 2–2 кесім үшін $d\omega_2$, u_2 және dQ_2 десек, онда

$$\left. \begin{aligned} dQ_1 &= u_1 d\omega_1 \\ dQ_2 &= u_2 d\omega_2 \end{aligned} \right\} \quad (5.1)$$

Элементар ағым найшасы арқалы өтіп атырған суы сарпы уақыт өтіуі менен өзгермейді және элементар ағым найшасының қаптал дийуалы сырты арқалы сұйықтың ішке кірмейді және іштен сыртқа шықпайды. $\rho = \text{const}$.



Буннан көрініп тұрыпты, 1–1 арқалы өткен сұйықтың көлемі 2–2 арқалы өткен сұйықтыққа тең болуы керек және

$$dQ_1 dt = dQ_2 dt \quad (5.2)$$

яғна

$$dQ_1 = dQ_2 \quad (5.3)$$

(5.1)-теңлемеден

$$u_1 d\omega_1 = u_2 d\omega_2 \quad (5.4)$$

Буннан шықты, басқа кесімлер үшін (5.1)-теңлемесі

$$u_1 d\omega_1 = u_2 d\omega_2 = \dots u d\omega = dQ = \text{const} \quad (5.5)$$

яғна

$$dQ = u d\omega \quad (5.6)$$

(5.5)-теңleme элементар ағым найшасы үшін үздіксіздік теңлемесі деп аталады.

Толық ағым үшін үздіксіздік теңлемесі

Толық сұйықтың ағымын бір қатар элементар ағым найшаларына бөлсек, (5.5)-теңлемесіне тийкарланып

$$u_1 d\omega_1 = u_2 d\omega_2 = \dots \quad (5.7)$$

(5.7)-теңleme ағымның кесе-кесими бойынша элементар майданларын өз алдына қоссақ,

$$\int_{\omega_1} u_1 d\omega_1 = \int_{\omega_2} u_1 d\omega_1 = \dots \quad (5.8)$$

буннан

$$\int_{\omega_1} u_1 d\omega_1 = \mathcal{Q}_1 \omega_1 \quad (5.9)$$

$$\int_{\omega_1} u_1 d\omega_1 = \mathcal{Q}_2 \omega_2 \quad (5.10)$$

(5.8)-ден

$$u_1 d\omega_1 = u_1 d\omega_1 = \dots u d\omega = dQ \quad (5.11)$$

яғный

$$Q_1 = Q_2 = \dots = Q = const \quad (5.12)$$

ағымның қалеген еки кесе-кесиминдеги орташа тезликлердин қатнасы усы еки кесе-кесими майданларының қатнасына тең.

$$\frac{\mathcal{Q}_1}{\mathcal{Q}_2} = \frac{\omega_1}{\omega_2} \quad (5.13)$$

Мысал: Еки түрли диаметрдеги труба берилген. $\mathcal{Q}_1 - ?$.

Труба кесим майданлары.

$$\begin{aligned} d_1 &= 200 \text{ мм} & \omega_1 &= \frac{\pi d_1^2}{4} : & \omega_2 &= \frac{\pi d_2^2}{4} \\ d_2 &= 100 \text{ мм} & \frac{\mathcal{Q}_1}{\mathcal{Q}_2} &= \frac{d_2^2}{d_1^2} : & \mathcal{Q}_1 &= \frac{d_2^2}{d_1^2} \mathcal{Q}_2 = 0.25 \frac{\text{м}}{\text{сек}} \\ \mathcal{Q}_2 &= 10 \frac{\text{м}}{\text{сек}} \end{aligned}$$

5.2. Суйықлық ағымы ушын Бернулли теңлемеси

Горизонтал жайласқан трубадағы идеал суйықлықтың элементар ағым найшасы хәрекетин ушын Бернулли теңлемеси

Идеал суйықлық хәрекетин ушын энергияның сақланыуы нызамы улыўма көриниси

$$\text{Кинетик.энергия} + \text{Потенциал.энергия} = const \quad (5.14)$$

$$\text{Денениң тегис илгерилемели хәрекетин кинетикалық энергиясы} \quad \frac{Mu^2}{2}$$

M -денениң массасы;

u -кесе-кесим бойынша орташа тезлик.

$$M = \frac{\gamma}{g} \quad (5.15)$$

γ -көлем бирлигиндеги суйықлық ауырлығы;

g -еркин түсий тезлениўи.

Кинетикалық энергия

$$\frac{Mu^2}{2} = \frac{\gamma u^2}{2g} \quad (5.16)$$

Трубада басым

$$p = \gamma h \quad (5.17)$$

потенциал энергияны суйықлықтың көлем бирлиги ишинде, оның дийўалының бирлик майданындағы басымы деп қабыл етиўге болады. Буны суйықлық хәрекетиндеги гидродинамикалық басым делинеди.

(5.14)-ден

$$\frac{\gamma u^2}{2g} + p = const \quad (5.18)$$

(5.18)-ни γ ға бөліп,

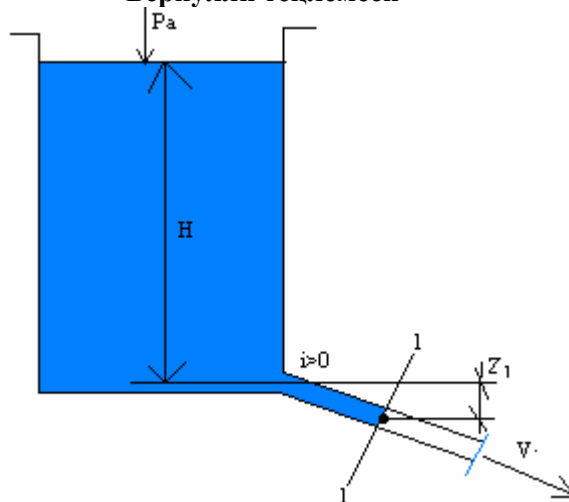
$$\frac{u^2}{2g} + \frac{p}{\gamma} = H = \text{const} \quad (5.19)$$

горизонтал жайласқан трубада идеал сұйықтың элементар ағым найшасы хәрекети үшін Бернулли теңлемесі.

H -напор кинетикалық хәм потенциаллық энергия жыйыны.

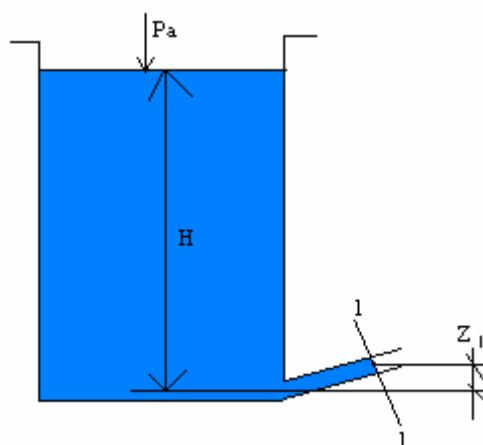
Горизонтал емес трубада идеал сұйықтың элементар ағым найшасы хәрекети үшін

Бернулли теңлемесі



$i > 0$,

$$\frac{u_1^2}{2g} + \frac{p_1}{\gamma} + z_1 = H + z_1 \quad (5.20)$$

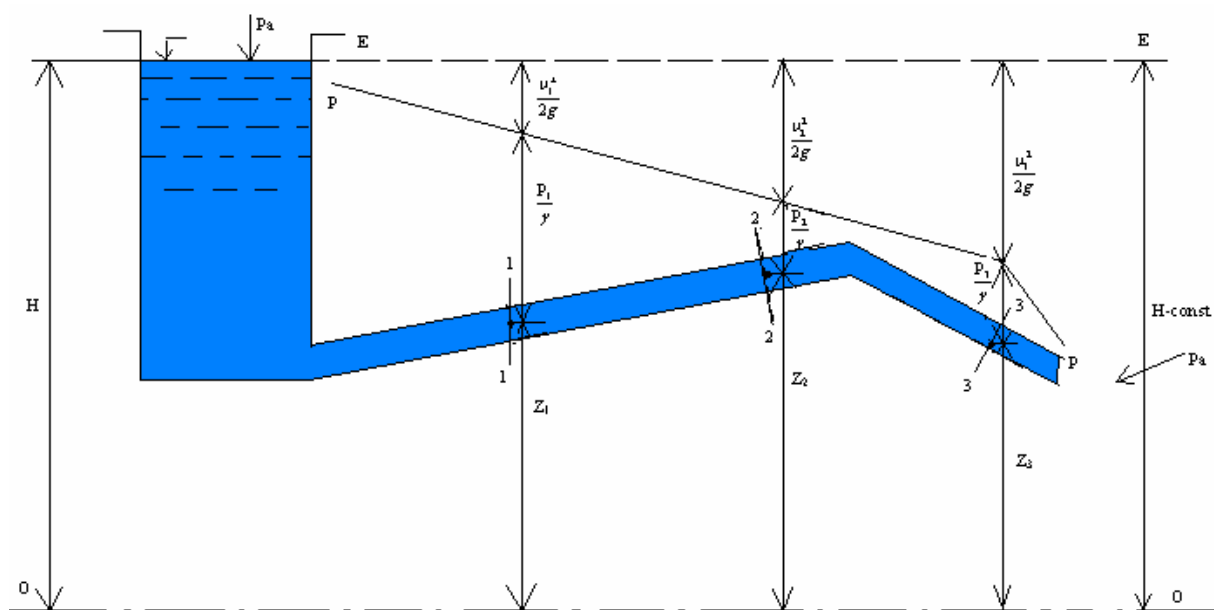


$i < 0$,

$$\frac{u_1^2}{2g} + \frac{p_1}{\gamma} - z_1 = H - z_1 \quad (5.21)$$

$\frac{p}{\gamma}$ -пезометрлик бийиклик;

z -геодезиялық бийиклик.



$$\frac{u^2}{2g} + \frac{p}{\gamma} + z = H \quad (5.22)$$

еки кесім ушын

$$\frac{u_1^2}{2g} + \frac{p_1}{\gamma} + z_1 = \frac{u_2^2}{2g} + \frac{p_2}{\gamma} + z_2 \quad (5.23)$$

5.3. Бернулли теңдемесінің гидравликалық, геометриялық хәм энергетикалық мәнісі

Гидравликалық мәнісі

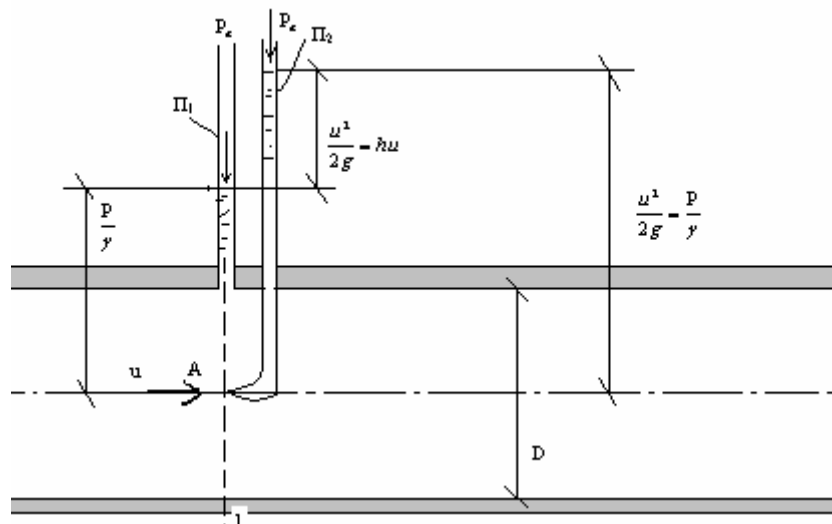
- 1) $\frac{u^2}{2g}$ -гидравликада тезлік напорының бийиклиги, оның өлшем бірлиги,

$$\frac{u^2}{2g} = \frac{L^2}{T^2} : \frac{L}{T^2} = L$$

бунда L -узынлық, T -ўақыт.

- 2) $\frac{p}{\gamma}$ -гидравликада точкадағы гидродинамикалық басымға жуўап бериўши пезометриялық бийиклик. Өлшем бірлиги m .

- 3) z -координата, геодезиялық бийиклик (m), бул үшеўи қосылып гидродинамикалық напорды береді.



$$\frac{u^2}{2g} + \frac{p}{\gamma} + z = H_e \quad (5.24)$$

1. $\frac{u^2}{2g}$ -напорлы хәрәкәт ушын

$$h_u = \frac{u^2}{2g} \quad (5.25)$$

Тезлик

$$u = \sqrt{2gh_u} \quad (5.26)$$

тезликтә напор аркалы аныклау теңлемеси.

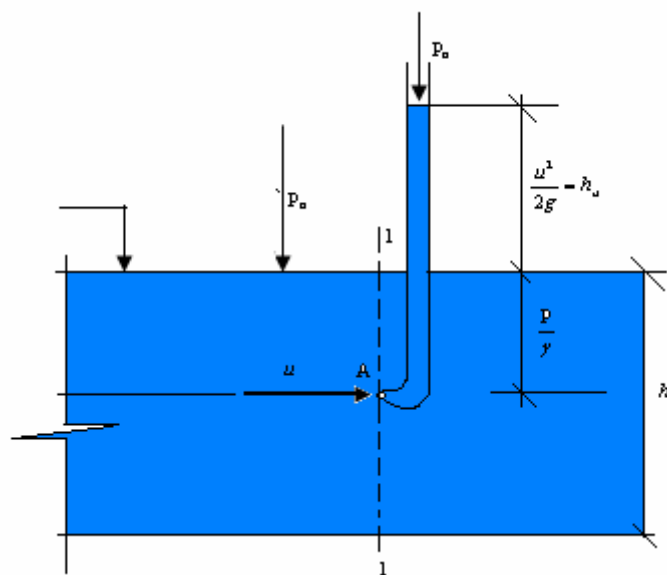
Торричелли тәрепинән 1643-жылы тәжірейбә жолы менән алынған. бернулли бул теңлемени теориялық жол менән дәлилледі хәм әмелде қолланыу жолларын көрсетті.

Әмелде (5.26)-төмендегіше жазылады.

$$u = \varphi \sqrt{2gh_u} \quad (5.27)$$

φ -тезлик коэффициенті, $\varphi < 1.0$.

2. Напорсыз хәрәкәт ушын



$\frac{u^2}{2g}$ -муғдары гидрометриялық найша жәрдеминде өлшенеди. Найша диаметрі $d = 1.0 \text{ см}$

$$h_u = \frac{u^2}{2g} \quad (5.28)$$

$$u = \sqrt{2gh_u} \quad (5.29)$$

$$u = \varphi \sqrt{2gh_u} \quad (5.30)$$

Геометриялық мәнісі

- 1) Пезометр сызығы иймек сызық болып, ағым найшасының S көшери бойынша жайласады.
- 2) $E - E$ напор сызығы деп аталады.
- 3) Пезометрлік нышаб.

$$J' = -\frac{d}{ds} \left(\frac{p}{\gamma} + z \right) \quad (5.32)$$

- 4) Толық напор үш бийіклік қосындысы

$$\frac{u^2}{2g} + \frac{p}{\gamma} + z = H'_e \quad (5.32)$$

$$\frac{d}{ds} \left(\frac{u^2}{2g} + \frac{p}{\gamma} + z \right) = \frac{d}{ds} H'_e = J'_e \quad (5.33)$$

Энергетикалық мәнісі

Толық напордың энергетикалық түсиниги (мәнісі)

$$\underbrace{\frac{u^2}{2g}}_{\text{салыстырма.КЭ}} + \underbrace{\frac{p}{\gamma}}_{\text{салыстырма.БЭ}} + \underbrace{z}_{\text{салыстырма.ХЭ}} = \underbrace{H'_e}_{\text{салыстырма.ПЭ}} = \text{толық.СЭ}$$

H'_e ниң муғдарын хәрекеттеги сұйықтықтың толық салыстырма энергиясы деп караў мүмкін. Бернулли теңлемесине тийкарланып толық салыстырма энергия идеал сұйықтық ушын элементар ағым найшасы узынлығы бойынша өзгермейди. Бернулли теңлемеси идеал сұйықтық хәрекеті ушын энергияның сақланыў нызамын береді.

Тексеріў ушын сораўлар

1. Сұйықтық ағымының үзликсизлік теңлемесін жазып түсиндириң?
2. Сұйықтық ағымы ушын Бернулли теңлемеси қандай мәніни аңлатады?
3. Бернулли теңлемесінің гидравликалық мәнісі?
4. Бернулли теңлемесінің геометриялық мәнісі?
5. Бернулли теңлемесінің энергетикалық мәнісі?

6. Гидравликалық қарсылық

6.1. Тийкарғы түсиниклер

Каналларда сұйықтық хәрекеті пайытында ағымға қарсы бағытланған сүйкеліс күшлери пайда болады. Олар гидравликалық сүйкеліс деп аталады. Усы гидравликалық сүйкелісти кемейтіў ушын сарпланған энергия напор жоғалыўы болып есапланады. Гидравликалық сүйкеліс екі түрде болады.

1. Каналдың узынлығы бойынша.
2. Жергиликли.

Каналдың ұзынлығы бойынша гидравликалық сүйкеліс гедир-будырлық хәм ағым хәрәкәтиниң ламинар ямаса турболент болыўына байланыслы. Жергиликли сүйкеліс трубаның кеңейиўи хәм таралыўы, трубаның бурылыўы тәсиринде пайда болады.

Напор жоғалыўы еки көринисте болады.

1. Канал ұзынлығы бойынша жоғалтылған напор (энергия) гидравликалық сүйкеліс нәтийжесинде пайда болады хәм h_i менен белгиленеди.

Жергиликли қарсылық нәтийжесинде жоғалтылған напор

$$h_i = \xi_i \frac{v^2}{2g} \quad (6.1)$$

$$\xi_i = \xi_{\text{кириу}} + \xi_{\text{бурылыу}} + \xi_{\text{жумрак}} + \xi_{\text{шығыу}} \quad (6.2)$$

Толық жоғалтылған напор

$$h_f = h_i + \sum h_j \quad (6.3)$$

$$h_i = J l = \frac{Q^2}{K^2} l$$

$$h_j = \xi_j \frac{g^2}{2g} = (\xi_{\text{кириу}} + \xi_{\text{бурылыу}} + \xi_{\text{жумрак}} + \xi_{\text{шығыу}}) \frac{g^2}{2g} \quad (6.4)$$

$$h_i = J l = \frac{g^2}{w^2} l \quad (6.5)$$

6.2. Реал суйықлық ағымының еки қыйлы хәрәкет тәртиби. Рейнолдс саны

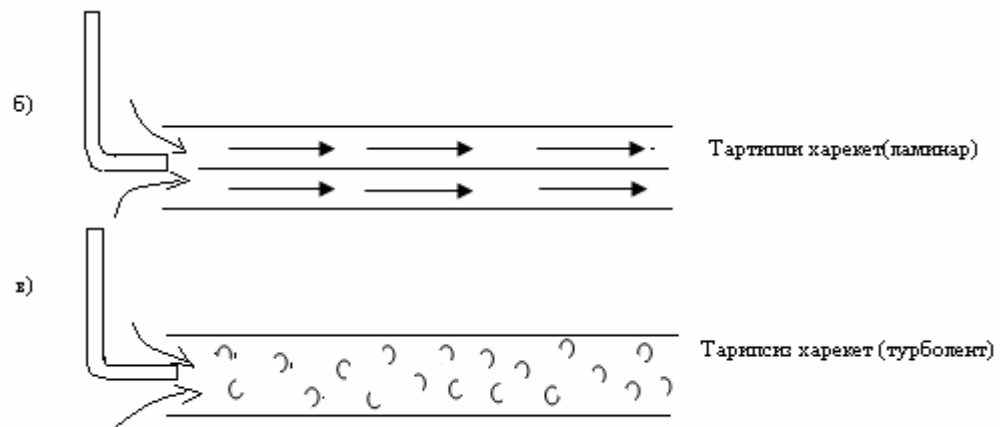
Суйықлық ағымының еки түрли хәрәкети

Ламинар хәрәкет-суйықлық қатлам-қатлам болып ағады, усы суйықлық бөлекшелери басып өткен жолларының излери бир-бирине салыстырмалы параллель болады. Ламинар сөзи латын тилинен алынған болып, «қатлам» мәнисин билдиреди.

Ламинар хәрәкет нефть хәм майлар хәрәкетинде хәм жабысқақлығы жоқары суйықлықларда көринеди.

Турболентли хәрәкет-деп суйықлық қатламы қатлам-қатлам болып ағыўы бузылып, усы суйықлық бөлекшелери басып өткен жоллардың излери жүдә курамалы формада болып, бир-бирине араласып кетпейтуғын хәрәкетке айтылады.

Тәбиятта барлық суйықлықлар турболентли хәрәкет етеди. Турболент сөзи «тәртипсиз» дегенди аңлатады. Бул еки хәрәкетти 1880-жылы Д.И. Менделеев айтып өткен, кейин англичан физиги Рейнолдс 1883-жылы тәжірейбеде тастыйықлады.



Рейнольдс саны

Сұйықтың қозғалыс тәртіптері μ, ρ, g, l лерге байланысты болады. Усылардан пайда етилген санды Рейнольдс анықлады.

$$\frac{gl}{\frac{\mu}{\rho}} \quad (6.7)$$

Рейнольдс саны

$$Re = \frac{gl}{\nu} \quad (6.8)$$

Re_1 -канал Re_D -трубада

$$Re_D = \frac{gD}{\nu} \quad (6.9)$$

Егер гидравликалық радиус $R = \frac{\omega}{\chi}$,

$$Re_R = \frac{gR}{\nu} \quad (6.10)$$

Суы жұмырлығы қабыл етилсе, « h »,

$$Re_h = \frac{gh}{\nu} \quad (6.11)$$

х.т.б.

Ашық каналлар үшін $Re \leq 580$ болса, ламинар қозғалыс болады.

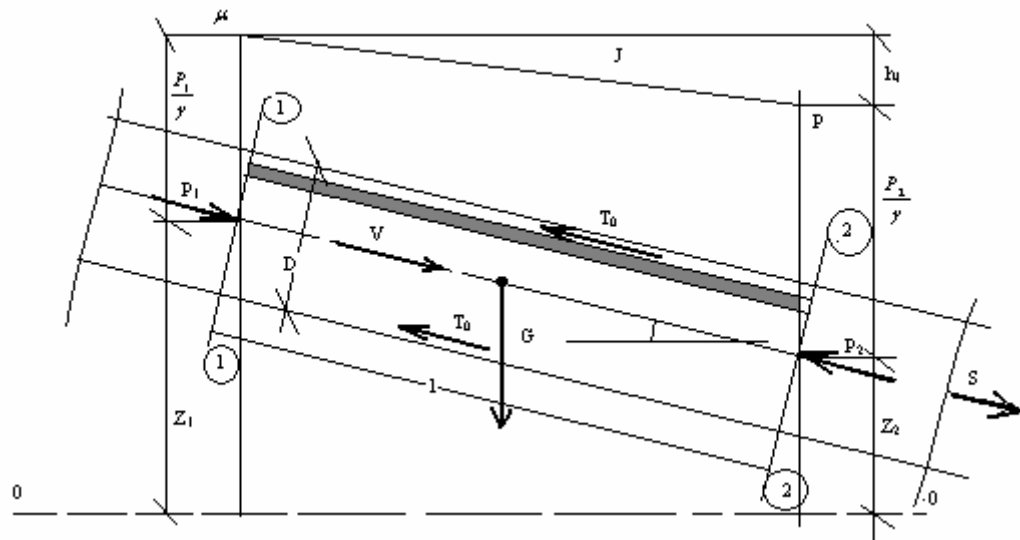
Егер $Re_D < (Re_D)_{кр}$ болса, қозғалыс ламинар, ал $Re_D > (Re_D)_{кр}$ болса қозғалыс турбулентті болады.

$$Re_D = \frac{gD}{\nu} = \frac{g(4R)}{\nu} = 4 \frac{gR}{\nu} = 4 Re_R$$

Re_D -критикалық нүкте.

6.3. Сұйықтың ағымы тегіс илгерилемелі қозғалыс тейкарығы теңлемесі

Реал сұйықтың қозғалысында сүйкеіс күші пайда болады. Сүйкеіс күші қанша көп болса, h_f напор жоғатылуы сонша көп болады. Сұйықтың сүйкеіс күші менен напор жоғалуы арасындағы байланыс сұйықтың тегіс илгерилемелі қозғалыс тейкарығы теңлемесі деп аталады.



1. Ағымның ажыратылған бөлегине 1–1 хәм 2–2 кесимлер аралығына тәсир етиўши күшлер:

а) аўырлық күши

$$G = \gamma \omega l \quad (6.12)$$

оның көшерине проекциясы

$$G_s = \gamma \omega l \sin \beta \quad (6.13)$$

сызылма бойынша

$$l \sin \beta = z_1 - z_2 \quad (6.14)$$

(6.14)-ни (6.13)-ге қойып, төмендегиге ийе боламыз.

$$G_s = \gamma \omega (z_1 - z_2) \quad (6.15)$$

б) басым күши

$$P_1 = p_1 \omega_1, \quad P_2 = p_2 \omega_2 \quad (6.16)$$

$$\omega_1 = \omega_2 = \omega, \quad D = \text{const}, \quad \omega = \text{const}$$

Күшлердің S көшерине проекциялары P_{1S}, P_{2S} .

в) сыртқы сүйкеліс күши- T_0 .

Ишки сүйкеліс күшлердің S көшерине проекциясы нольге тең.

$$G_s + P_{1S} + (-P_{2S}) + (-T_{0S}) = 0 \quad (6.17)$$

(6.17)-ни (6.15)-ге хәм (6.16)-ға апарып бирге жазып,

$$\gamma \omega (z_1 - z_2) + p_1 \omega_1 - p_2 \omega_2 - T_0 = 0 \quad (6.18)$$

(6.18)-ни $\gamma \omega$ ға бөлип, төмендегиге ийе боламыз.

$$(z_1 - z_2) + \frac{p_1 - p_2}{\gamma} - \frac{T_0}{\gamma \omega} = 0 \quad (6.19)$$

буннан

$$\left(z_1 + \frac{p_1}{\gamma} \right) - \left(z_2 + \frac{p_2}{\gamma} \right) = \frac{T_0}{\gamma \omega} \quad (6.20)$$

Сызылмадан көринип турыпты, (6.20)-теңлемениң шеп тәрәпи h_i ге тең.

$$\left(z_1 + \frac{p_1}{\gamma} \right) - \left(z_2 + \frac{p_2}{\gamma} \right) = h_i \quad (6.21)$$

Солай екен, (6.20)-теңлемениң оң тәрәпи h_i ға тең.

$$h_i = \frac{T_0}{\gamma \omega} \quad (6.22)$$

бунда

$$T_0 = \frac{\chi}{\tau_0} \quad (6.23)$$

бунда τ_0 -труба ишки дийўалындағы урынба кернеў (6.23)-ни (6.22)-ге қойсақ, төмендегіше болады.

$$h_i = \frac{\chi l}{\omega} \cdot \frac{\tau_0}{\gamma} \quad (6.24)$$

ямаса

$$\frac{h_i}{i} = R \frac{\tau_0}{\gamma} \quad (6.25)$$

бунда,

$$R = \frac{\omega}{\chi}, \frac{h_i}{i} = J \quad (6.26)$$

$$\frac{\tau_0}{\gamma} = RJ \quad (6.27)$$

суйықлық ағымының тегис илгерилемели қозғалысының тийкарғы теңлемеси деп аталады. (6.24)-ни, (6.27)-ни хәм (6.16)-ны қосып жазып, төмендегіге ийе боламыз.

$$\frac{\tau_0}{\rho} = gRJ \quad (6.28)$$

Гидравликалық тезлик

$$g_* = \sqrt{gRJ} = \sqrt{\frac{\tau_0}{\rho}} \quad (6.29)$$

Тексеріу үшін сораўлар

1. Гидравликалық қарсылықлар қандай түрлерге бөлинеди?
2. Реал суйықлық ағымының еки қыйлы хәрекет тәртибин айтып берің?
3. Рейнолдс саны қалайынша анықланады?
4. Суйықлық ағымы тегис илгерилемели хәрекеті тийкарғы теңлемесиниң келип шығыяын айтып берің? .

7. Ашық каналларда суйықлық ағымының тегис илгерилемели қозғалысы

7.1. Шези формуласы

Гидротехникалық қурылмаларды лабораториялық жағдайда үйрениу ўақтында суйықлық хәрекеті процесси екинши дәрежели қарсылық областына тийисли теңлемелерден қолланылады. Буның үшін Рейнолдс саны критик Рейнолдс санынан үлкен $Re > Re_{кр}$ болыўы шәрт. Екинши дәрежели қарсылық областына қараслы теңлемелерден қолланып, есаплаўлар бир қанша әпиўайыласады, себеби коэффициентлер $\alpha_\lambda = \alpha_C = \alpha_\xi = 1.0$ болады. Екинши дәрежели қарсылық областында λ муғдары Рейнолдс санына Re ге байланыслы емес, сол себепли ағым тезлигин билмей турып λ ны анықлаўымыз мүмкин.

Шези формуласы

Шези формуласын шығарыу үшін

$$h_i = \lambda \frac{l}{4R} \cdot \frac{g^2}{2g} \quad (7.1)$$

теңлемесинен орташа тезликти төмендегіше жазамыз.

$$g = \sqrt{\frac{8g}{\lambda}} \cdot \sqrt{R \frac{h_i}{l}} \quad (7.2)$$

буннан

$$g = C\sqrt{RJ} \quad (7.3)$$

g -ағым кесе-кесими майданы бойынша орташа тезлік;

R -гидравликалық радиус;

C -Шези коэффициенті.

(7.2)-хәм (7.3)-формуларды салыстырып, C ны аламыз, напорлы труба ушын

$$C = \sqrt{\frac{8g}{\lambda}} \quad (7.4)$$

буннан

$$\lambda = \frac{8g}{C^2} \quad (7.5)$$

бул жерде λ -белгили болса, C ны есаплаўға болады.

7.2. Шези формуласынан келип шығатуғын формулар

(7.3)- Шези формуласынан төмендеги әхмийетли формуланы алыўымызға болады.

$$J = \frac{g^2}{C^2 R} \quad (7.6)$$

$$h_i = Jl = \frac{g^2}{C^2 R} l \quad (7.7)$$

$$Q = g\omega = \omega C\sqrt{RJ} \quad (7.8)$$

бул жерде l -ағымның көрилип атырған аралығы.

$$K = \omega C\sqrt{R} \quad (7.9)$$

7.3. Суў сарпы модули. Тезлик модули. Шези коэффициенті.

Суў сарпы модули

Буннан (7.8)-формуланы

$$Q = K\sqrt{J} \quad (7.10)$$

Тегис илгерилемели хәрекет ушын

$$K = \frac{Q}{\sqrt{J}} \quad (7.11)$$

Буннан

$$J = \frac{Q^2}{K^2} \quad (7.12)$$

(7.7)-ден

$$h_i = Jl = \frac{Q^2}{K^2} l \quad (7.13)$$

-Тезлик модули.

$$C\sqrt{R} = W \quad (7.14)$$

Буннан (7.13)-ни

$$g = W\sqrt{J} \quad (7.15)$$

тегис илгерилемели хәрекет ушын тезлик модули

$$W = \frac{g}{\sqrt{J}} \quad (7.16)$$

буннан

$$J = \frac{g^2}{W^2} \quad (7.17)$$

$$h_i = JI = \frac{g^2}{W^2} l \quad (7.18)$$

Шези коэффициентин есаплау үшін эмпирикалық формулалары

(7.3)-ден

$$C = \frac{g}{\sqrt{RJ}} \quad (7.19)$$

1. Гангильс-Куттер формуласы

$$C = \frac{23 + \frac{1}{n}}{1 + 23 \frac{n}{\sqrt{R}}} \quad (7.20)$$

n -канал дийўалының гедир-будырлығы коэффициенті.

2. Маннинг формуласы

$$C = \frac{1}{n} R^{\frac{1}{6}} \quad (7.21)$$

3. Н.Н.Павловский формуласы

$$C = \frac{1}{n} R^y \quad (7.22)$$

бул жерде

$$y = 2.5\sqrt{n} - 0.13 - 0.75\sqrt{R}(\sqrt{n} - 0.10)$$

y ти төмендегіше әпиўайыласқан түрінде көриўимизге болады.

а) $R < 1.0m$ болса, $y \approx 1.5\sqrt{n}$

б) $R > 1.0m$ болса, $y \approx 1.3\sqrt{n}$.

4. Х.Базен формуласы

$$C = \frac{87}{1 + \frac{n}{R}} \quad (7.23)$$

5. И.А.Агроскин формуласы

$$C = 17.72(k + 1gR) \quad (7.24)$$

6. А.Д.Альтшул формуласы

$$C = 25 \left[\frac{R}{(80n)^6 + \frac{0.025}{\sqrt{RJ}}} \right]^{\frac{1}{6}} \quad (7.25)$$

Гедир-будырлық коэффициенті болмаған жаңа формулалар

7. А.Д.Альтшул формуласы

$$C = 25 \left[\frac{R}{k_{\text{э}} + \frac{0.025}{\sqrt{RJ}}} \right]^{\frac{1}{6}} \quad (7.26)$$

$k_{\text{э}}$ -эквивалент гедир-будырлық.

8. А.Ю.Умаров формуласы

$$C = \left[4,921g \left(\frac{h}{\Delta} \right) + 2.94 \right] \sqrt{g} \quad (7.27)$$

Δ -микро ҳәм макро формалы гедир-будырлықтың геометриялық бийиклиги.

Тексеріу үшін сораулар

1. Шеи формуласы қалай келип шығады?
2. Шеи формуласынан келип шығатуғын формулалар не ушын қолланылады?
3. Суу сарпы модули қалайынша анықланады?
4. Тезлик модули дегенимиз не оны қалай анықлайды?
5. Шеи коэффициенти қалайынша анықланады?

8. Напорлы трубаларда суйықтың хәрекети

8.1. Напорлы трубаларда суйықтық қозғалысы ўақтында жоғалтылған напорды есаплау (формулалары)

Напорлы трубаларда суйықтық қозғалысы ўақтында жоғалтылған напорды есаплау

1) Напорлы трубадағы суйықтық қозғалысының еки түрли жағдайын қарап шығамыз.

Биринши жағдай: Труба узынлығы бойынша жоғалтылған напор h_i ге салыстырмалы жергиликли қарсылық $\sum h_i \cong 5\%$ кем (аз) болса, $\sum h_j \cong 0$ деп есапланады. Труба узынлығы бойынша жоғалтылған напор h_i суу сарпы K модули арқалы есапланады.

$$h_i = \frac{Q^2}{K^2} l \quad (8.1)$$

бунда,

$$\frac{Q^2}{K^2} = J$$

Суу сарпы K модулли домалақ напорлы труба ушын

$$K^2 = C^2 \omega^2 R = C^2 \left(\frac{\pi D^2}{4} \right)^2 \cdot \frac{D}{4} = C^2 \frac{\pi^2}{64} D^5 \quad (8.2)$$

бул жерде

$$C = \sqrt{\frac{8g}{\lambda}} = f\left(\frac{R}{\Delta}\right) \quad (8.3)$$

$\bar{\Delta}$ -гедир будырлық, K хәм λ таблицада келтирилген.

$\Delta = (0.1 \div 0.15)_{мм}$ 5.1 таза полат труба ушын

$\Delta = (0.25 \div 1)_{мм}$ 5.2

$\Delta = (1 \div 1.5)_{мм}$

Екинши жағдай: Жергиликли доғалтылған напор жыйындысы $\sum h_j$ муғдары h_i ге жақын.

$$h_i = \lambda \frac{l}{D} \frac{g^2}{2g} \quad (8.4)$$

λ -гидравликалық сүйкелис коэффициенти. (таблица-5.1, 5.2, 5.3).

$$h_j = \xi_j \frac{g^2}{2g} \quad (8.5)$$

ξ -жергиликли қарсылық коэффициенти (4.1-таблица).

Дарси Вейсбах формуласы менен хәр бир жоғалтылған напор ушын есапланады.

8.2. Әпиўайы қысқа хәм узын трубалардың гидравликалық есаплаулары

Әпиўайы қысқа трубаларды гидравликалық есаплау

$$Q = \mu_{труба} \omega \sqrt{2gZ} \quad (8.6)$$

$$Q = \mu_{труба} \omega \sqrt{2gH} \quad (8.7)$$

$\mu_{труба}$ -суу сарпы коэффициенти төмендегише анықланады.

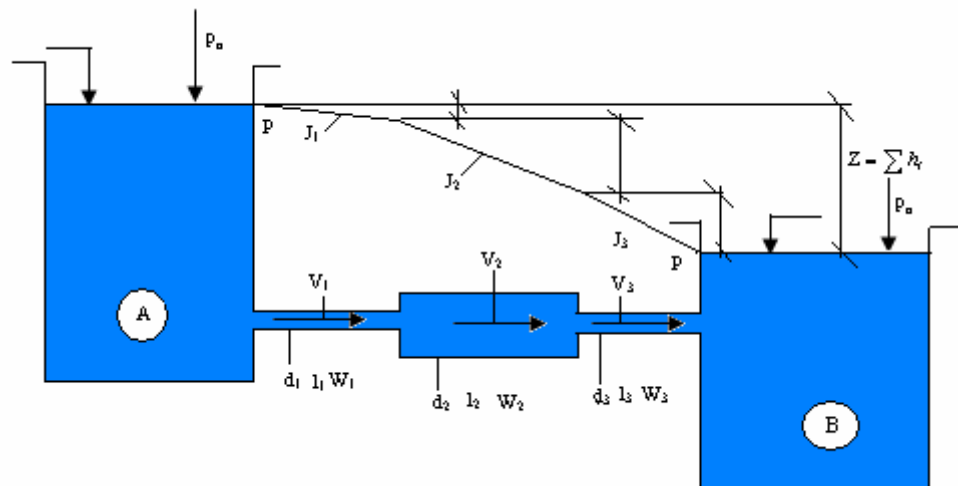
$$a) \quad \mu_{\text{труба}} = \frac{1}{\sqrt{\xi_f}} = \frac{1}{\sqrt{\xi_l + \sum \xi_j}} = \frac{1}{\sqrt{\frac{\lambda l}{D} + \sum \xi_j}} \quad (8.8)$$

$$\mu_{\text{труба}} = \frac{1}{\sqrt{1 + \xi_f}} = \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{\lambda l}{D} + \sum \xi_j}} \quad (8.9)$$

қысқа ұзынлығы бойынша диаметрі өзгермейтуғын трубалар үшін.

Әпйұайы ұзын трубаларды гидравликалық есапләу

Суйықлықтың бир ыдыстан екншн ыдысқа ағып шығыуы.



$$Z = h_{l_1} + h_{l_2} + h_{l_3} \quad (8.10)$$

(8.10)-ға (8.1)-дегі h_i қойсақ,

$$Z = \frac{Q^2}{K_1^2} l_1 + \frac{Q^2}{K_2^2} l_2 + \frac{Q^2}{K_3^2} l_3 \quad (8.11)$$

K_1, K_2, K_3 - 1, 2, 3 трубалардағы суы сарпы модуллерн;

l_1, l_2, l_3 - ұзынлықлары;

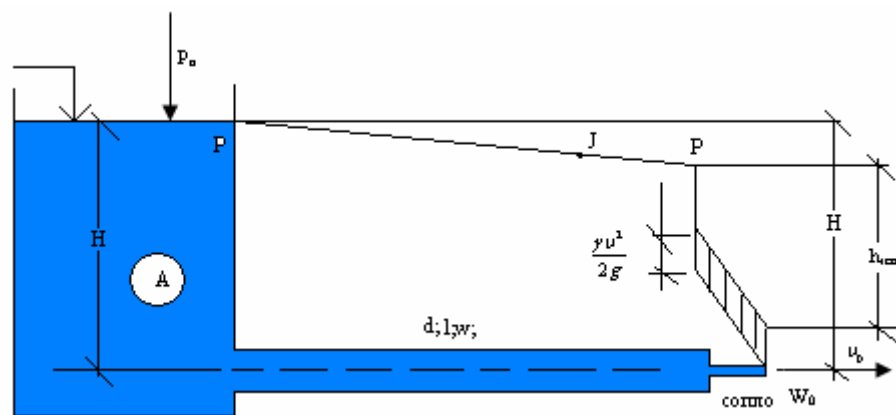
Q - суы сарпы, $Q = \text{const}$.

$$Z = Q^2 \sum \frac{1}{K^2}$$

буннан

$$Q = \sqrt{\frac{Z}{\sum \frac{1}{K^2}}} \quad (8.12)$$

Суйықлықтың бир ыдыстан атмосфераға ағып шығыуы



$$H = h_i \quad (8.13)$$

$$H = h_i + h_{jcn} + \frac{g_0^2}{2g} \quad (8.14)$$

h_{jcn} - саплаўда жоғалтылған напор.

$$h_{jcn} = \xi_{cn} \frac{g_0^2}{2g} \quad (8.15)$$

(8.15)-ни (8.14)-ге апарып қойсақ, онда

$$H = h_i + (1 + \xi_{cn}) \frac{g_0^2}{2g} \quad (8.16)$$

$$H = h_i + \frac{g_0^2}{2g\mu_{cn}^2} \quad (8.17)$$

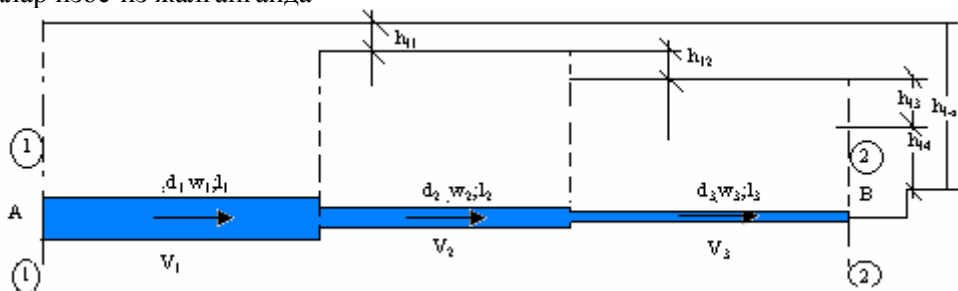
$$\mu_{cn} = \frac{1}{\sqrt{1 + \xi_{cn}}} \quad (8.18)$$

(8.17)-ни төмендегіше жазамыз.

$$H = \frac{Q^2}{K^2} l + \frac{Q^2}{\omega_0^2 2g\mu_{cn}^2} \quad (8.19)$$

8.3. Узын трубалардың параллель хәм избе-из жалғаныуы

1. Трубалар избе-из жалғанғанда

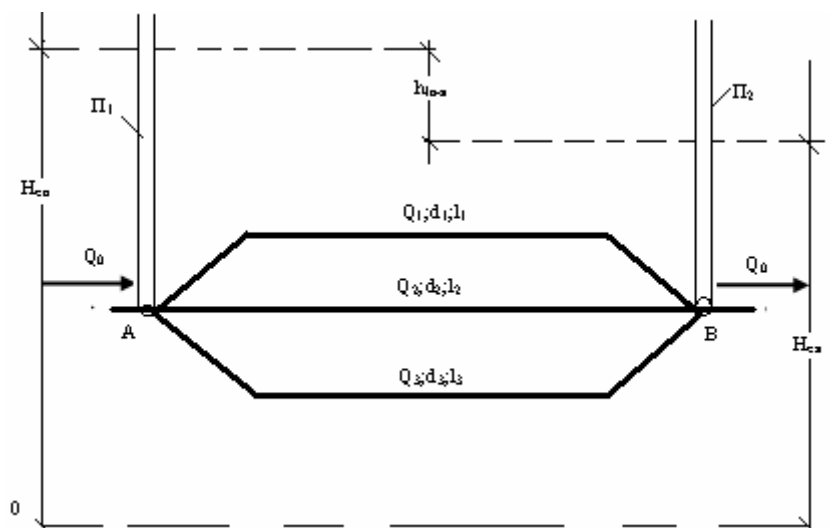


AB аралық үшін

$$h_{i,AB} = h_{i_1} + h_{i_2} + h_{i_3} \quad (8.20)$$

Улыўма жоғалтылған напор $h_{i,AB}$ трубалар избе-из жалғанғанда хәр бир бөлек трубалардағы жоғалған напорлардың жыйындысына тең.

2. Трубалар параллель жалғанғанда



$$h_{i_{AB}} = h_{i_1} = h_{i_2} = h_{i_3} \quad (8.21)$$

$$h_{i_{AB}} = H_{e_A} - H_{e_B} \quad (8.22)$$

H_{e_A} хэм H_{e_B} лар A хэм B точкаларындағы напорлар.

$$\left. \begin{aligned} h_{i_1} &= H_{e_A} - H_{e_B} \\ h_{i_2} &= H_{e_A} - H_{e_B} \\ h_{i_3} &= H_{e_A} - H_{e_B} \end{aligned} \right\} \quad (8.23)$$

$$h_{i_{AB}} = h_{i_1} = h_{i_2} = h_{i_3} = H_{e_A} - H_{e_B} \quad (8.24)$$

Параллель жалгалған трубаларда жоғалған напор өз-ара тең болады.
(8.24)-ден

$$h_{i_{AB}} = \frac{Q_1^2}{K_1^2} l_1 = \frac{Q_2^2}{K_2^2} l_2 = \frac{Q_3^2}{K_3^2} l_3 \quad (8.25)$$

$$\left\{ \begin{aligned} Q_1 &= K_1 \sqrt{\frac{h_{i_{AB}}}{l_1}} \\ Q_2 &= K_2 \sqrt{\frac{h_{i_{AB}}}{l_2}} \\ Q_3 &= K_3 \sqrt{\frac{h_{i_{AB}}}{l_3}} \end{aligned} \right. \quad (8.26)$$

$$Q = Q_1 = Q_2 = Q_3 \quad (8.27)$$

$$Q = \sqrt{h_{i_{AB}}} \sum \frac{K}{\sqrt{l}} \quad (8.28)$$

$$h_{i_{AB}} = \frac{Q^2}{\left(\sum \frac{K}{\sqrt{l}} \right)^2} \quad (8.29)$$

(8.29)-дан Q_1, Q_2, Q_3 ти табамыз.

Тексеріу үшін сораулар

1. Напорлы трубаларда сұйықтың қозғалысы уақытында жоғалтылған напор қандай формула жәрдеминде есапланады?

2. Әпиұайы қысқа трубалардың гидравликалық есаплаұлары?
3. Әпиұайы ұзын трубалардың гидравликалық есаплаұлары?
4. Ұзын трубалардың параллель жалғаныұы?
5. Ұзын трубалардың ізбе-из жалғаныұы?

9. Сұйықлықтың жуқа дийұалындағы кишкене тесиклердің ағып шығыұы

9.1. Тийкарғы түсиниклер

Жуқа дийұалдағы кишкене тесик хәм оған орнатылған түрли формалардағы қысқа трубалардан ағып шығып атырған сұйықлықлар хызметин үйрениұден тийкарғы мақсет, ұсы тесиктен шығып атырған суұ сарпы, тезлигин анықлаұдан ибарат. Тәжирейбелерге қарағанда тесиктен ағып атырған сұйықлық сарпы хәм тезлигин дийұалға орнатылған қысқа труба формасы үлкен тәсир тийнизеди.

Суұ өткизиұши дийұалдағы тесик кишкене деп аталады, егер төмендеги еки шәрт орынланса:

1. Сұйықлық тезлиги ϑ_0 кишкене болса,

$$\frac{\Omega}{\omega_0} \gg 4,0 \quad (9.1)$$

Ω -хәұиз кесе-кесими майданы;

ω_0 -кишкене тесик кесими майданы.

2. $u_A \cong u_B$

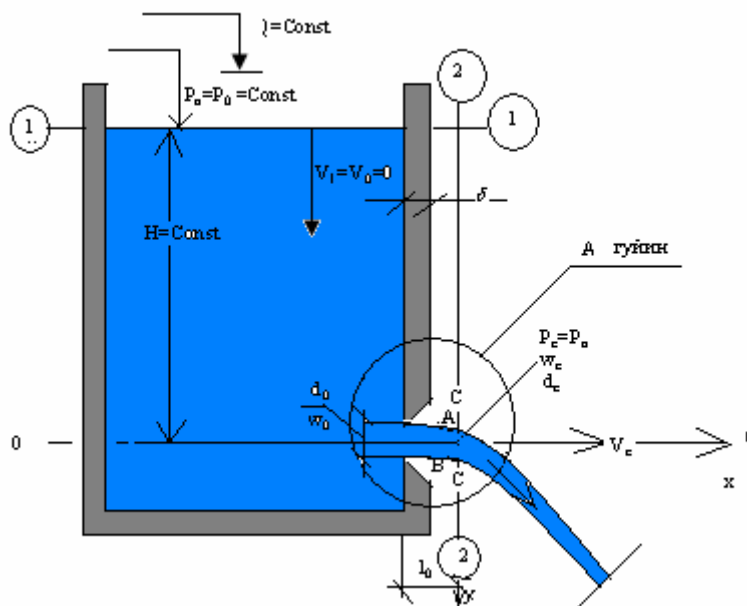
$$d_0 \leq 0.10H' \quad (9.2)$$

$$u_A = \varphi_A \sqrt{2gH_A} \quad (9.3)$$

$$u_B = \varphi_B \sqrt{2gH_B} \quad (9.4)$$

кери жағдайда үлкен тесик болады.

Жуқа дийұал деп, қалыңлығы суұдың тесиктен ағып шығыұына тәсири болмаған дийұалға айтылады. Дийұалдың ағым менен ушырасқан жери (0,002 ÷ 0,003) м ден көп болмаұы керек.



Жуқа дийұалдағы кишкене домалақ тесиктен ағып шығатуғын сұйықлықтың дийұал ишки бетинен ең кишкене кесимге дейин болған аралық

10. Насослар

10.1. Улыўма қолланылатуғын насослардың класлары бойынша бөлиниўи

Қандайда бир двигателдің механикалық энергиясын суйықлық ағымының потенциал хәм кинетикалық энергиясына айландырып беретугын хәм суйықлықты артықша басым менен мәлим аралыққа жеткизип бериўге хызмет ететугын гидравликалық машина насос деп аталады.

Насослар санааттың барлық тармақларында кең тарқалған. Мәселен, трубалар арқалы суйықлық узатыў, атызларды суўғарыў х.т.басқаларды келтирсек болады. Насослар көбинесе хәр қыйлы машина хәм қурылмаларда жәрдемши үскене есапланады. Мәселен, иштен жаныя двигателлеринде майлаў хәм жанылгы насослары, пуў қазанларының азықландырыў системасында х.т.б.

Ислеў тартиби хәм жумысшы органларының конструкциясы бойынша насослар көлемли хәм динамикалық насоалар де пеки тийкарғы топарға бөлинеди.

Көлемли насосларда суйықлық өзи ийелеп турған көлемнің дәўирли өзгериўи нәтийжесинде қозғалысқа келеди. Бул, топарға төмендеги насослар жатады:

-поршенли хәм плунжерли насослар (жумысшы органлары илгерилеме қайтар қозғалады)

- роторлы насослар (жумысшы органлары айланба қозғалады)

-қанатлы насослар (жумысшы органлары қайтпалы бурылмалы қозғалады)

Суў көтериўши дөңгелеклер х.т.б.

Динамикалық насосларда суйықлық камераларда пайда болған күш тәсири астында қозғалысқа келеди. Бул топарға төмендеги насослар киреди:

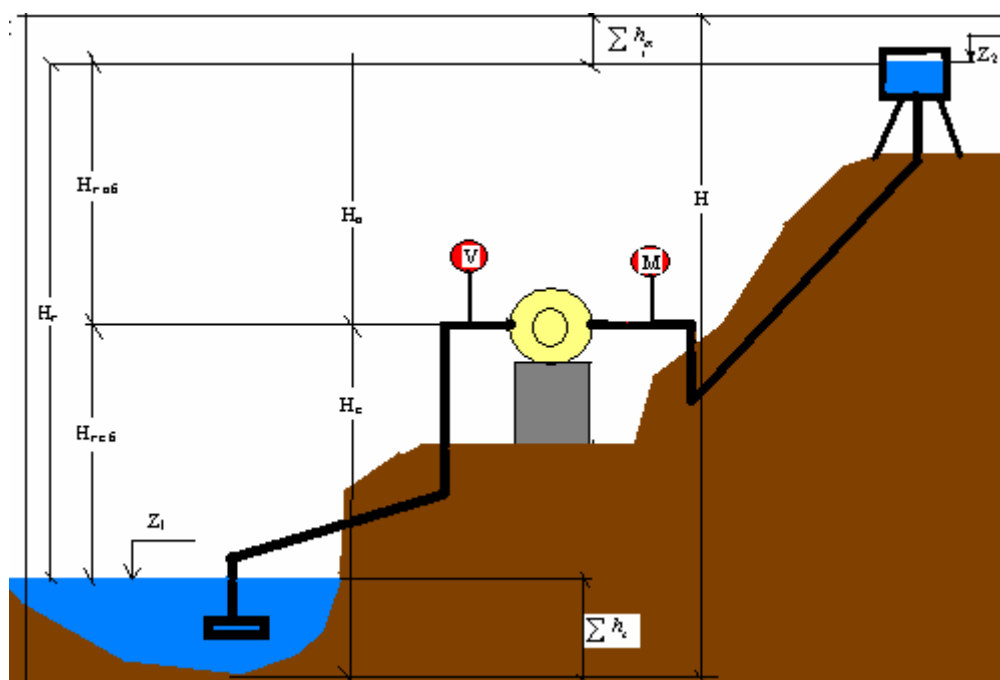
-пәррикли насослар. Бул насосларда суйықлық тез айланыўшы дөңгелек пәрриклкри тасири астында напорға ийе болады. Пәррикли насослар өз нәўбетинде орайдан қашпа, диаганаль хәм көшер насослар деп бөлинеди;

-сүйкелия насослары .Бул насосларда суйықлық жумысшы органлардың камерадағы қозғалысында пайда болады сүйкелий күшлери тәсири астында жылысыўға ериседи. Сүйкелий насослары вихрли, вибрациялы хәм жиңишке ағымлы насослары деп бөлинеди.

10.2. Насос сарпы хәм напоры

Насослардың тийкарғы жумыс параметрлерине оның сарпы , напоры, суйықлық ағымына беретугын қуўаты хәм П.Ж.К жатады. Насос тәрөпинен ўақыт бирлиги ишинде жеткизип берилген суйықлык мугдарына онын сарпы деп аталады. Насос сарпы Q ҳәриби менен белгиленеди хәм $\text{м}^3/\text{с}$, $\text{л}/\text{с}$ ларда өлшенеди.

Насос напоры насостагы 1кг суйықлыққа берилетуғын артықша энергиядан ибарат хәм ол төмендеги формула менен анықланады.



10.1 сүрөт

$$H = (Z_2 - Z_1) + \sum h = H_c + \sum h \quad (10.1)$$

Бул жерде $H = (Z_2 - Z_1)$ геодезиялык напор яғный жоқарғы хәм төменги резервуарлардагы суў қәддинің геодезиялық белгилеринің айырмасы;

$\sum h = \sum h_c + \sum h_a$ - сорыўшы хәм айдаўшы қуўырлардагы жоғалған напорлардың жыйындысы;

Геодезиялық напор H_c геодезиялық сорыў бийиклиги $H_{сб}$ хәм геодезиялық айдаы бийиклиги $H_{аб}$ деп бөлинеди.

Геодезиялық сорыа бийиклиги $H_{сб}$ - төменги резервуардагы суў қәддинен насос валынын кошерине дейинги вертикал аралық болып табылады.

Вакууметрик сорыа бийиклиги яки вакуметр көрсетип турған вакуум төмендеги формула бойынша табылады:

$$H_{вак.} = H_{с.с.б} + \sum h_c + \frac{v_g^2}{2g} \quad (10.2)$$

Бул жерде $\sum h_c$ - сорыўшы қубырдагы жоғалған напордың жыйындысы;

v_g - вакуумметр орнатылған қубыр кесиміндегі орташа тезлик, м/с.

Насослар үшін рұхсат етілген вакуметрлік сорыў бийиклиги олардың паспортларында көрсетілген болады.

Насосты суў қәддинен қай қурақым бийикликте орнатыаға болатугынлығын төмендеги формула жәрдеминде анықлаўға болады

$$H_{г.с.б}^{пух} = H_{вак}^{пух} - \sum h_c - \frac{v_6^2}{2g} \quad (10.3)$$

Геодезиялық айдау бийиклиги $H_{г.а.б}$ –деп насос валы көшеринен жоқары резервуар суу қаддине шекемги вертикал аралыққа айтылады.

Манометрик айдая бийиклиги яки манометр көрсетип турған артықша басым төмендеги формула жәрдемінде табылады.

$$H_{ман} = H_{г.а.б} + \sum h_a - \frac{v_m^2}{2g} \quad (10.4)$$

Бул жерде $\sum h_a$ -айдау кубырында жоғалған напорлар жыйындысы, м;

v_m -манометр орнатылған кубыр кесиміндеги орташа тезлик, м/с.

10.3. Насослардың қуаттылығы хәм П.Ж.К.

Напорды яғный массасы 1кг аўырлыққа берилетугын энергияны билген халда, ағымға берилетугын пайдалы қуатты есаплау мүмкин болады:

$$E_n = Q\gamma H \quad (10.5)$$

Бул жерде γ -суйықлықтын салыстырма аўырлығы, кг/м;

Насос тутынған қуат , яғный насосқа жумсалған қуат төмендеги формула жәрдемінде аныкланады:

$$N_m = \frac{\gamma Q H}{102\eta} \quad (10.6)$$

Бул жерде Q- насос сарпы, л/с; H-напор, м; η -п.ж.к; 102- өлшемлерди бир бирликке келтиретугын коэффициент.

Насостың пайдалы жумыс коэффициенти П.Ж.К деп суйықлық ағымына берилген пайдалы қуаттың насостың двигателден алған қуатқа қатнасына айтылады:

$$\eta = \frac{E_n}{N_m} \quad (10.7)$$

η -диң үлкенлиги насос контрукциясына хәм техникалық жагдайына, шығарылатугын суйықлық түрине байланысly болады, яғный:

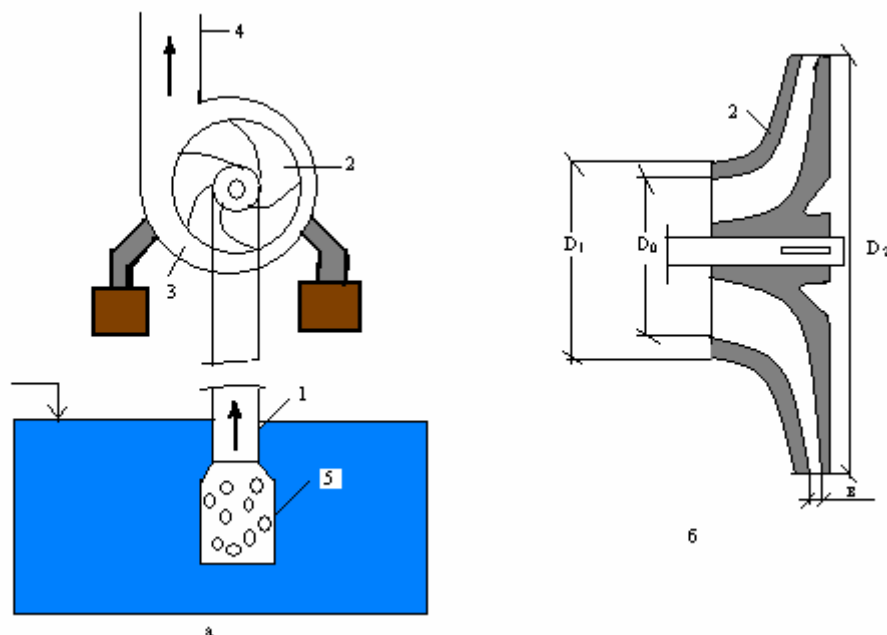
$$\eta = \eta_k \eta_g \eta_m \quad (10.8)$$

бул жерде η_k - көлемлик ПЖК, бослық хәм сальниклер арқалы суйықлықтың тамшылауы себепли ысырапларды есапқа алады; η_g -гидравликалық ПЖК, гидравликалық қарсылықлар себепли напор кемейиуин есапқа алады; η_m -механикалық ПЖК сүйкелиу себепли болатугын ысырапларды есапқа алады.

11. Пәриккли насослар

11.1. Орайдан қашпа насослардың дүзилиси хәм ислеў тәртиби

Орайдан қашпа насосларда напордың артыўына суйықлықтың жумысшы денеси арқалы суйықлық өткенде пайда болатугын орайдан қашыўшы күшлер тәсиринде қозғалыс мугдардың өзгериўи себепли ерисиледи. Бул топардағы насослар бир басқышлы хәм көп басқышлы болыўи мүмкин.



11.1-сүўрет

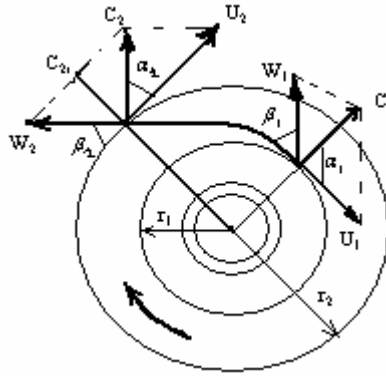
Сорыўшы қубыр 1 арқалы насос жумысшы дөңгелеги 2ниң орайлық бөлегине киреди. Жумысшы дөңгелектің тез айланыўи себепли пайда болған орайдан қашпа күш тәсиринде суйықлық дөңгелек гәрдишине ылақтырылады. Суйықлық жумысшы дөңгелектен шығып спирал камера 3ке киреди, бул камера айдаў қуўыры 4ке тутасқан. Насос иске түсирилиўден алдын сорыўшы қуўыр хәм жумысшы дөңгелек суйықлық пенен толтырылады. Буның ушын сорыўшы қубырдың ақырына торлы клапанлы қабыллагыш 5 орнатылады.

11.2. Орайдан қашпа насослардың тийкарғы теңлемеси

Орайдан қашпа насослардың ис тәртибиниң теориялық циклери менен танысамыз. Жумысшы дөңгелек каналларында суйықлық бөлекшелери курамалы қозғалыс жасайды-гүрекше бойлап илгерилеме хәм дөңгелек бенен айланбалы қозғалыс. Усы себепли төмендеги тезликлерге ийемиз:

-бөлекшениң айланба тезлиги $U = \frac{\pi D n}{60}$, бул жерде D-айланып атырган дөңгелек

диаметри; n-дөңгелектің бир минуттағы айланыялар саны; гүрекше салыстырғанда бөлекше жылысыўынын салыстырма тезлиги w . Бөлекше қозғалысының абсолют тезлиги C айланба хәм салыстырма тезликлердиң геометриялық қосындысына тең екенлигинин 11.2 сүўреттен тезликлер параллелограммасынан анықлаў мүмкин.



11.2-сүрөт

Жумышшы дөңгелек жарататуғын толық напорды аныккай ушын Бернулли теңлемесинен пайдаланамыз. Суйыклықтың дөңгелекке кириўдеги ҳәм оннан шығыўдағы напорлары ушын $Z_1 = Z_2$. Жумышшы дөңгелектің орайдан қашпа күши тәрепинен 1кг жабысқақ емес суйықлыққа берилетугын салыстырма жумыс:

$$A = \frac{P_2 - P_1}{\gamma} + \frac{w_2^2 - w_1^2}{2g} \quad (11.1)$$

Екинши тәрептен, массасы m болған орталыққа радиал бағдарда dr аралықта тәсир етиўши орайдан қашпа күштиң атқарған элементар жумысы:

(11.2)

Бул жерде w -дөңгелек айланысының мүйешлик тезлиги.

Орайдан қашпа күштиң толық жумысы:

$$A = \int_{r_1}^{r_2} mw^2 r dr = \frac{mw^2}{2} (r_2^2 - r_1^2) \quad (11.3)$$

бунда $r_1 w = u_1$ ҳәм $r_2 w = u_2$ екенлигин салыстырма жумыс деп қабыл етсек (11.3) теңлемеси төмендеги көринисте жазыўға болады:

$$A = \frac{u_2^2 - u_1^2}{2g} \quad (11.4)$$

(11.1) ҳәм (11.4) теңлемелерди биргеликте төмендегише жазыў мүмкин:

$$\frac{P_2 - P_1}{\gamma} = \frac{u_2^2 - u_1^2}{2g} + \frac{w_1^2 - w_2^2}{2g} \quad (11.5)$$

Бернулли теңлемесине муўапық 1кг жабысқақ емес суйықлықтың энергиясы яки оның дөңгелекке кирип ҳәм шығып атырғандағы $Z_1 = Z_2$ жағдайы ушын напоры :

$$H_1 = \frac{P_1}{\gamma} + \frac{C_1^2}{2g} \quad \text{ҳәм} \quad H_2 = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{C_2^2}{2g} \quad (11.6)$$

Дөңгелек гүрекшелери тәрепинен 1кг суйықлыққа берилетугын толық энергия яки теориялық напор төмендегише жазылады:

$$H_m = H_2 - H_1 = \frac{P_2 - P_1}{\gamma} + \frac{C_2^2 - C_1^2}{2n} \quad (11.7)$$

(11.5) хәм (11.7) теңлемелерди бирликте қарап төменгини аламыз:

$$H_m = \frac{u_2^2 - u_1^2}{2g} + \frac{w_1^2 - w_2^2}{2g} + \frac{C_2^2 - C_1^2}{2g} \quad (11.8)$$

Суйықлық шексиз көп санлы гүрекшелери болған күшинен дөңгелек аркаға қозғалып атыр, яғный ондағы хәмме бөлекшелер бир-бирине үлесе траектория бойлап жылыспақта деп ойлаймыз. Бул жағдайда 11.2.- сүүреттеги схемаға муўапық дөңгелекке кириўден хәм оннан шығыўдағы тезликлер арасындағы байланыс төмендегише белгиленеди:

$$w_1^2 = u_1^2 + C_1^2 - 2u_1 C_1 \cos \alpha_1 \quad (11.9)$$

$$w_2^2 = u_2^2 + C_2^2 - 2u_2 C_2 \cos \alpha_2 \quad (11.10)$$

(11.9) дан (11.10) ды айырып төмендеги теңлемеге ийе боламыз:

$$w_1^2 - w_2^2 = u_1^2 - u_2^2 + C_1^2 - C_2^2 + 2(u_2 C_2 \cos \alpha_2 - u_1 C_1 \cos \alpha_1) \quad (11.11)$$

(11.8) теңлемесине (11.11) ди қойып төмендеги теңлемени аламыз:

$$H_m = \frac{u_2 C_2 \cos \alpha_2 - u_1 C_1 \cos \alpha_1}{g} \quad (11.12)$$

(11.12) теңлеме орайдан қашпа насостың тийкарғы теңлемеси деп аталады. Бул теңлеме Эйлер тәрәпинен шығарылған хәм оны қалеген түрдеги орайдан қашпа гидравликалық машина ушын қолланса болады.

Әдетте суйықлық дөңгелек гүрекшесине радиал бағдарда $\alpha = 90^\circ$ мүйеш астында түседи. Демек бунда $\cos \alpha_1 = 0$ болғанлықтан (11.12) теңлеме бир қанша әпиўайыласады:

$$H_m = \frac{u_2 C_2 \cos \alpha_2}{g} \quad (11.13)$$

11.2 сүүреттеги схемадан $C_2 \cos \alpha_2 = u_2 - w_2 \cos \beta_2$ сонда

$$H_m = \frac{u_1^2}{g} \left(1 - \frac{w_2}{u_2} \cos \beta_2 \right) \quad (11.14)$$

(11.13) хәм (11.14) формулаларда α_2 мүйеш қанша киши хәм β_2 мүйеш қанша үлкен болса, теориялық напор сонша үлкен болатуғынлығы көринип тур. $\beta_2 > 90^\circ$ болғанда теориялық напор ең үлкен муғдарға ийе болады. Бирақ β_2 ниң үлкейиўи менен гидравликалық жоғалтыўлар бираз артып барады. Соның ушын орайдан қашпа насослардың жәрдемши дөңгелекleri $\beta_2 > 90^\circ$ гүрекшели етип соғылады.

Ис жүзинде ҳақыйкый напор теориялық напордан кем болады, себеби напордың бир бөлеги насос ишиндеги гидравликалық қурылмаларды жеңип өтиўде жоғалады. Буннан басқа да гүрекшелер саны шексиз болмағанлықтан суйықлық бөлекшелериниң траекторияларыда бирдей болмайды. Сонлықтан:

$$H_x = H_m \eta_e \varepsilon \quad (11.15)$$

Бул жерде η_e -гидравликалык ПЖК.($\eta_e=0,8-0,95$); ε -гүрекшелер саны шекленген болғанлыктан напордың пәсейіуін нәзерде тутатугын коэффициент ($\varepsilon=0,56-0,84$).

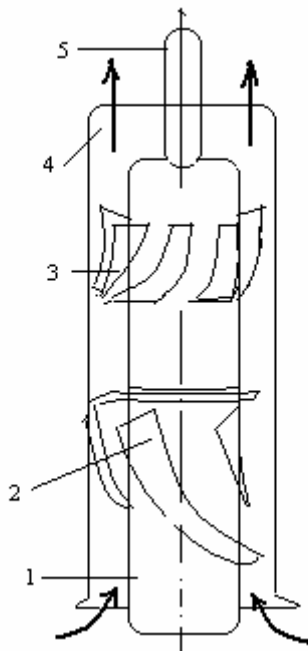
Орайдан қашпа насостың сарпы төмендеги формула бойынша анықланады:

$$Q = \pi D^2 b C_{2r} \quad (11.16)$$

Бул жерде b -жұмысшы дөңгелек ени ; C_{2r} -абсолют тезликтің радиал дүзиуішиси.

11.3. Көшер насослар

Көшер насосының схемасы 11,3-сүүретте көрсетілген. Бундай насостың корпусы 4 келте кубырдан ибарат болады. Кубыр ишинде кеме винтине уксас жұмысшы дөңгелек 1 жайласқан. Дөңгелек айланғанда сұйықлық вал көшери 5 бойлап қозғалысқа келтириледі. Усы себепли бул насос көшер насосы деп аталады. Сұйықтың айланба қозғалыс бағдарлаушы аппарат 3 жәрдемінде көшер бойлап қозғалысқа келтириледі.



11.3-сүүрет

Паррикли насослардың жетіскенліктери: ықшам; дүзиліси әпиуайы. Тез жүрер х.т.б. Олар кем напорда жоқары сарп тәмийнлеу үшін қолланылады.

11.4. Орайдан қашпа насослардын маркаланыуы

Орайдан қашпа насослар консол типіндегі, екі тәрәплеме кириуши хәм көп басқышлы насосларға бөлинеди.

4К -90/34 маркалы насос берилген болсын бунда 4 саны 25 есе киширейтирилген кириуши патрубок диаметри яғный $D=4 \times 25=100$ мм: К- ҳариби консоллы насос дегенди аңлатады; 90 саны $\text{м}^3/\text{саат}$ та аңлатылған насос сарпы; 34 саны метр өлшеминдегі насос напорыболып табылады.

Еки тәрәплеме кириуши насослар маркасы DQ_r-H деп белгиленеди; бул жерде D –еки тәрәплеме кириуши ; Q_r -сарп, $\text{м}^3/\text{саат}$; H-напор , метр.

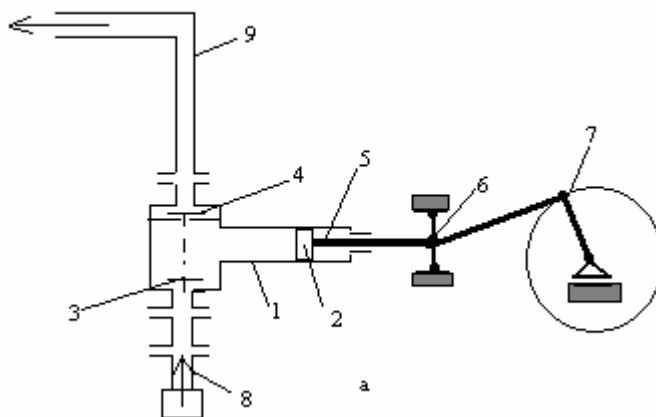
Көп басқышлы насослар маркасы $ЦНСQ_r-H$ деп белгиленеди, бул жерде ЦНС –орайдан қашпа секциялы насос мәнисин билдиреди. Мысалы ЦНС 180-212 бул жерде ЦНС –орайдан қашпа секциялы насос; $Q_r=180 \text{ м}^3/\text{саат}$ сарпы; $H=212 \text{ м}$ напор;

12. Көлемли насослар

12.1. Поршенли насос дүзилиси хәм ислеу тәртиби

Поршенли насослар поршенинің конструкциясына қарап диск поршенли, плунжерли, өтиуши поршенли хәм диафрагмалы насослар болып бөлинеди.

12.1 сүўретте, а да бир тәрәплеме ҳәрәкет етиуши диск поршенли насостың схемасы көрсетилген.

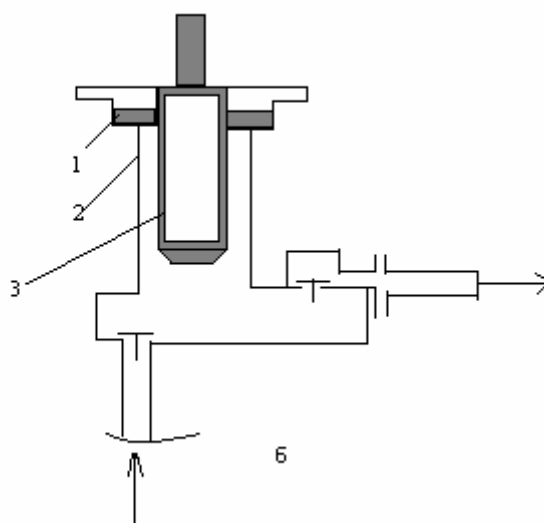


12.1 сүўрет

Бундай насостың тийкарғы бөлеклери төмендегилерден ибарат: цилиндр 1, поршень 2, клапанлар 3 хәм 4. шток 5, шарнир 6, кривошипли шатунлы механизм 7.

Поршен оңға қозғалғанда цилиндрдегі басым кемейеди киргизиў клапаны 3 ашылады хәм кубыр 8 ден цилиндрге суйықлық киреди. Бул жагдайда айдаў клапаны 4 жабық болады. Поршень шеп тәрәпке қайтқанда киргизиў клапаны жабылады хәм суйықлық ашылған айдаў клапанларындағы напорлы қуяыр 9 ға қысып шығарылады. Насос поршени двигатель валы менен жалғанған кривошип шатунлы механизм менен қозғалысқа келтириледи.

12.1 сүўрет б да плунжерли насос схемасы көрсетилген .



12.1 сүрөт б.

Плунжер 3 иши геүек узун дене көринисинде жасалган хэм насос цилиндри 2 ишине белгили зазор менен орнатылган плунжер ислеп атырганда цилиндр дийўалларына тиймейди, бул нәрсе желиниўди дерлик жокқа шыгарады хэм насосстың сазлаўсыз көбирек ислеўин имкан береді, талап етилген тығызлық сальник 1 жәрдеминде тәмийнленеди. Плунжерли насосстың ислеўи диск поршенли насосстың ислеўине уқсас болады.

Қәлеген түрдеги поршенли насосстың ҳақыйқый сарпы төмендеги формуладан анықланады:

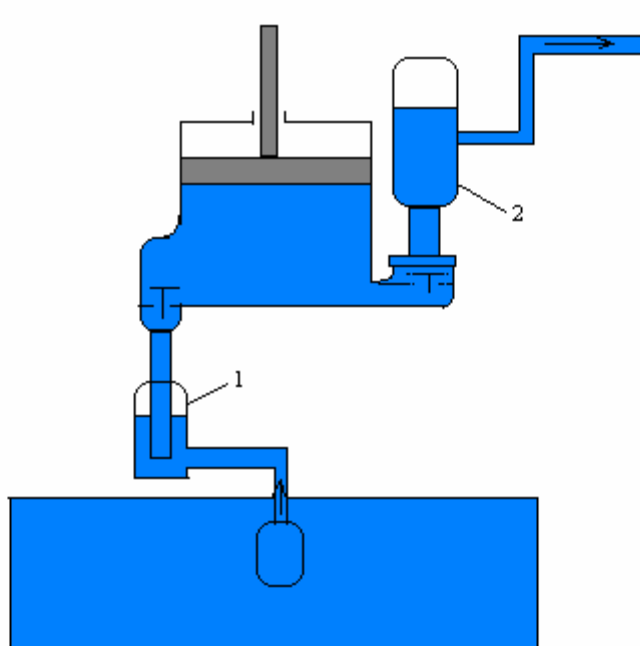
$$Q_x = \frac{\pi d^2}{4} S n i \eta_k \quad (12.1)$$

бул жерде d -цилиндрдин диаметри, м; S -поршенниң жүриў жолы, м; n -кровошип валының айланыў саны яки поршенниң бир минуттагы барып келиў саны; i -насосстың ҳәрекет саны (бир тәрәплеме ҳәрекет етиўши насоста $i=1$) η_k - көлемли насосстың ПЖК.(орташа -0,9).

12.2. Хаўа қалпақлары

Гидравликалық соққыны жумсартыў хэм суйықлықты бир тегис узатыў ушын сорыўшы хэм айдаўшы қубырларда илажи болғанша насосқа жақын жерде хаўа қалпақлары орнатылады.

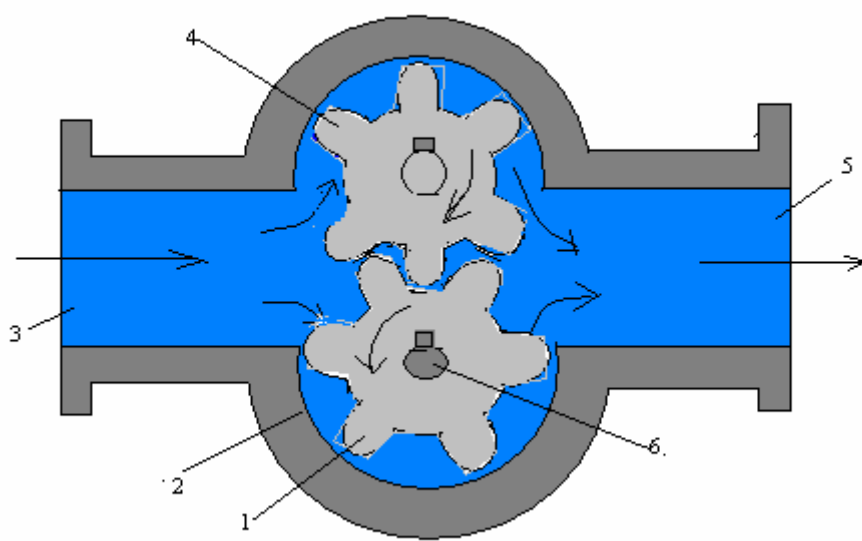
12.2 сүўретте хаўа қалпақлары 1 хэм 2 ни орнатыў схемасы көрсетилген. Бул қалпақлар ишиниң бир бөлегине 1/3 бөлгине хаўа толтырылған ыдыс болып табылады. Поршень тез жүргенде қалпақтағы хаўа қысылып, кери жағдайда болса хаўа кеңейеди. Қалпақтағы хаўаның көлеми қанша көп болса, қубырдағы суйықлықтың қозғалысының бирдей емеслигисонша кем болады.



12.2 сүүрет

12.3 Роторлы насослар

Роторлы насослар, поршенли насосларға уқсас көлемли насослар топарына киреди. Роторлы насослардың ең көп тарқалған түри шестернялы насослары болып табылады.



12.2-сүүрет.

Корпус 2 де азғана зазор менен тисли шестернялар 1 хәм 4 лер орнатылған. Шестернялар айлантирылғанда суйықлық сорыўшы канал 3 арқалы корпусқа киреди. Шестерня тислери арасына илескен суйықлык канал 5 ке қысып шығарыладыхәм ол жерде айдаўшы қуўырга жибериледи, жетеклеўши шестерня 1 вал 6 жәрдемінде айлантирылады.

Шестернялы насостың ҳақыйқый сарпы төмендеги формула жәрдемінде анықланады:

$$Q_x = 2\pi D_{н.о} m b n \eta_k \quad (12.2)$$

бул жерде $D_{н.о}$ -жетеклеуши шестерняның дәслепки дөңгелегиниң диаметри, см;
 m -илесиу модули, см; b -дөңгелек ени, см; n - жетеклеуши шестерняның айланыу саны, айл/мин; η_k - көлемлик ПЖК ($\eta_k=0,8-0,9$).

13. Компрессорлар

13.1.Компрессорлар ҳаққында улыўма мағлыўматлар

Двигателдиң механикалық энергиясы газ ағымының потенциал ҳәм кинетикалық энергияларына айландырып бериуши гидравликалық машина компрессор деп аталады.

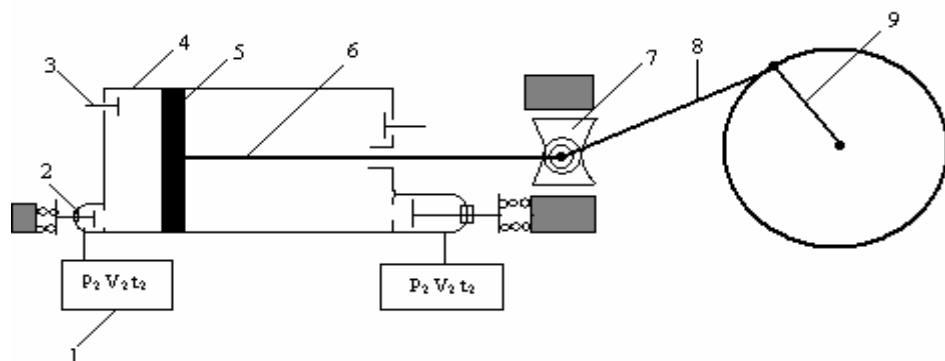
Қысылған газлер, олардың ишинде әсиресе қысылған ҳаўа ислеп шығарыўда кең көлемде қолланылады. Мәселен ҳаўа менен ислейтуғын пресс ҳәм балғалар буган мысал. Өндиристе булардан басқада қысылған газлер көп ислетиледи: кислород, азот, водород сыяқлы.

Компрессорлар поршенли, роторлы, орайдан қашпа ҳәм көшер компрессорлар деп бөлинеди.

13.2.Поршенли компрессор ислеу тәртибиниң теориялық тийкарлары

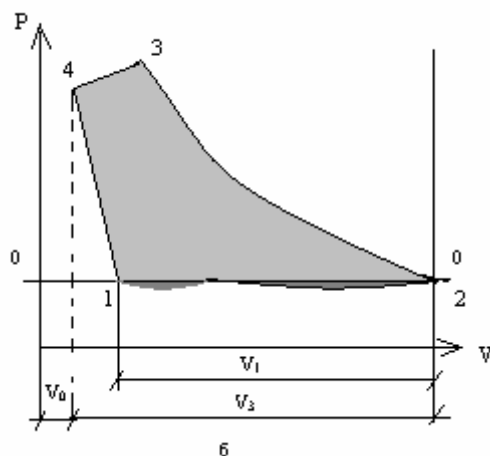
Поршенли компрессорлардың жұмыс цикли төрт тактлы иштен жаныу двигатели ислеу процессиниң биринши ярымына уксас болады.

13.1 Сүүрет, а да қос поршенли компрессордың ислеу схемасы көрсетилген.



13.1a -сүүрет

А) Поршень 5 шептен оңға қозғалғанда цилиндр 4 те ҳаўа сийреклеседи ҳәм ашық турган киргизиу клапаны 3 арқалы атмосферадан яки арнаўлы ыдыстан компрессорға газ яки ҳаўа киреди. Поршень ең шетки оң жағдайға жеткенде, цилиндрдиң иши газ бенен толады. Соң поршен шеп тәрәпке қозғала баслайды. Бул жағдайда цилиндр ишиндеги газ басымыәстеакырын артып барады ҳәм киргизиу клапаны 3 жабылады. Цилиндрдеги газ поршенниң кейинги қозғалысы даўамында қысыуы даўам етеди. Қысылуу прцесси цилиндр ишиндеги газ басымы жоқары басымлы басым жыйнағыш 1 диң ишиндеги басым мугдарына теңлескенше даўам ете береді. Усыдан кейин айдау клапаны 2 ашылады ҳәм қысылған газ жоқары басымлы басым жыйнағыш 1 ге киреди. Усынын менен компрессор жұмыс прцесси тамам болады. Кейин компрессордагы барлық процесслер Және тәкиарланады. Поршенди қозғалтыу ушын шток 6 ҳәм ползун 7 арқалы шатун 8 кривошип 9 бенен жалғанған. Кривошип болса өз гезегинде иштен жаныу двигателиниң ямаса пуя машинасының валына жалғанған болады. Солай етип компрессор механикалық жұмыс атқармайды, бәлки механик энергияны тutyныушы машина болып табылады.



13.16 –сүрөт

13,1 сүрөт б да P-V координаталар көшөрлеринде компрессордың шөп бослыгы ушын курылган цилиндр диаграммасы көрсетилген. Газдың кириў процессии 1-2 қысылыа болса 2-3, қысылган газдың ресиверге кириўи 3-4 сызықлар менен көрсетилген. Сызық 4-1 бойлап цилиндрде қалған газдың кириўдеги басымға дейин кеңейиў процессии жүзеге келеди.1-2-3-4-1 иймек сызықлар менен шекленген майдан компрессор валының бир айланғанда цилиндрдің шөп ярымындағы газды қысыў ушын сарп етилген жумысты билдиреди:

$$A = \oint N dS \quad (13.1)$$

Бул жерде N поршенга тәсир етип атырган газ күши: S- поршень өткен жол; Газ күши $N=pF$ болғанлығы ушын (F- поршень түбиниң майданы):

$$A = \oint p F dS = \oint p dV \quad (13.2)$$

Бир тәреплеме хәрекет етиўши компрессор тута алатугын индекатордың куўаты(а к) анықлайтуғын формула төмендеги көринисте болады:

$$N_i = \frac{P_i V_s n}{60 \cdot 75 \cdot 100}, \quad (13.3)$$

Бул жерде P_i -орташа индекатор басым, кг/см²; V_s -компрессор поршени ийелейтуғын көлем, см³; n-бир минуттағы жумыс цикллер саны. Қос хәрекетли компрессорларда тutyлатығын цилиндр куўатлары менен 2 есе көп болады.

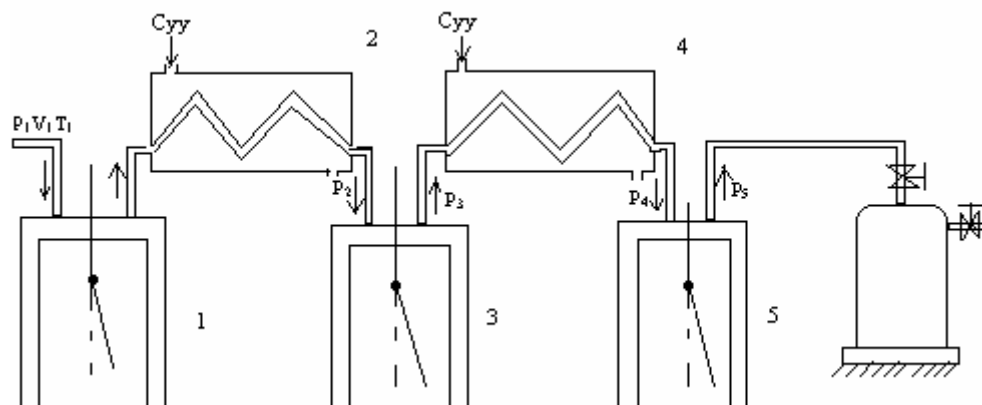
Компрессордың саатлық сарпы төмендеги формула жәрдемінде анықланады:

$$Q_k = \lambda \frac{\pi D^2}{4} \cdot S \cdot n \cdot 60 \quad (13.4)$$

Бул жерде D-цилиндр диаметр, м ; S-поршень жолы узынлығы, м; n-компрессор валының бир минуттағы айланыўлар саны; λ -узатыў коэффициенти.

13.3. Көп басқышлы қысыў

Әпиўайы бир басқышлы компрессорда газды 6-10 атм басымынан үлкен қысыў мүмкин. Өндиристе үлкен басым керек болады. Жоқары басымды алыў ушын көп басқышлы компрессорлар қолланылады. Бундай машиналарда газ яки ҳаўа избе-из еки яки бир нешше цилиндрлерде қысылады.



13.2 –сүрөт

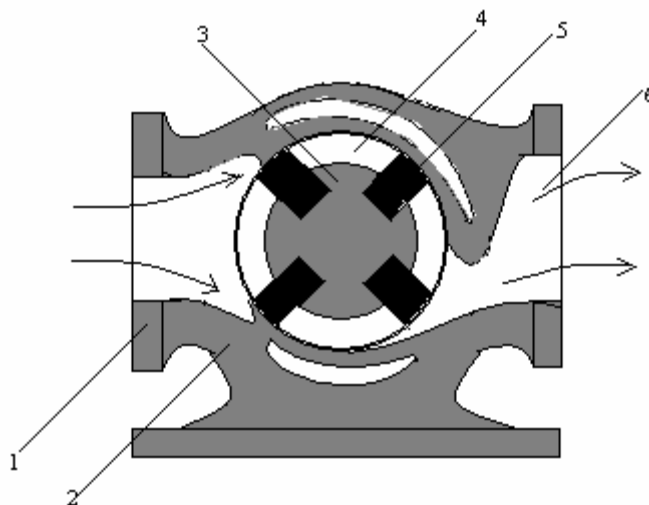
13.2 –сүрөттө үш баскышлы қысыу схемасы көрсетілген.

Газ биринши басқышта қысылғаннан соң суытқыш 2 ге киреди хәм компрессордың екінши басқышы 3 ке өтеди. Екінши басқыштан газ суытқыш 4 ке өткізіледи, ол жерден үшінши басқыш 5 ке өтеди хәм соң тутыныушыға жибериледи.

14. Компрессорлардың түрлери

14.1 Роторлы компрессорлар

Роторлы компрессор ишинде ротор 3 айланатугын корпус 2 ден ибарат (14,1 сүрөт)



14,1 сүрөт

Ротордың айланыу көшери корпус көшерине салыстырғанда m муғдарға жылысқан болады. Ротор ишинде пластинкалар 5 жайластырылган салмашалар бар. Ротор айланғанда бул пластинкалар корпусның ишки бетинде сырғанаиды.

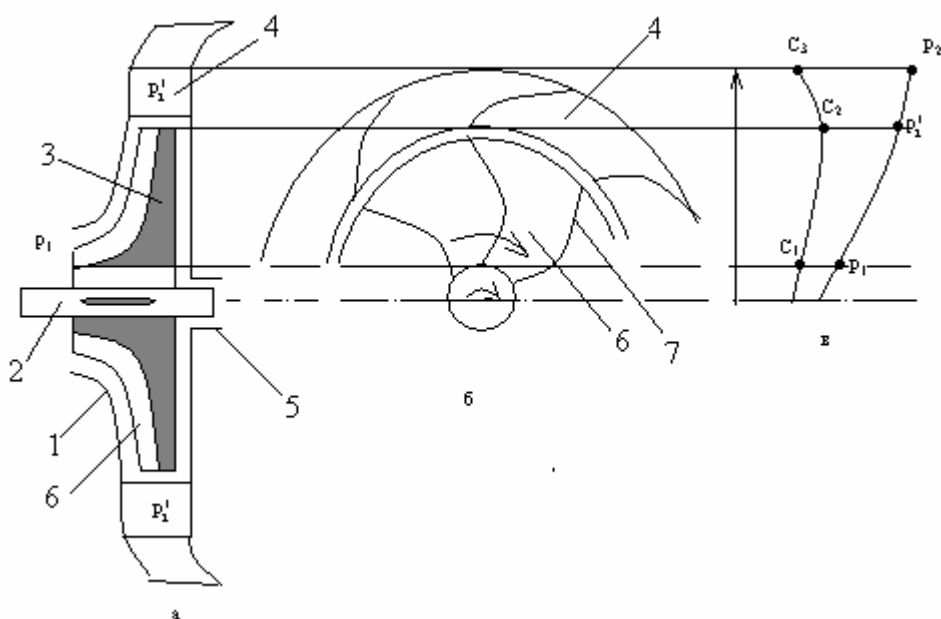
Ротор айланғанда пластинкалар орайдан қашпа күш тәсиринде салмашалардан қысып шығарылады хәм корпусның ишки бетине тақалады. Корпус хәм ротор аралығындағы көлем пластинкалар менен айырылған камераларға бөлинеди. Камералар ең көп бослықты корпусның үстки бөлегинде, ең аз бослықты болса төменги бетинде ийелейди. Кириу кубыры 1 ден келетугын газ пластинкалар меен алып кетиледи хәм ротордың айланыуы себепли корпусның үстки бетинде кесиледи хәм қысылады. Камера айдау кубыры 6 менен жалғанганда корпусдан газ қысып шығарылады. Қысылған газды суытыу ушын компрессорда суу жолы исленген.

14.2 Орайдан қашпа компрессорлар

Орайдан қашпа компрессорларда басымды арттырыя ушын орайдан қашпа насосларға уқсас дөңгелеклердің айланыяынан жүзеге келген орайдан қашпа күшлер тәсирінде газ бөлекшелериниң қозғалыс муғдарының өзгериуинен пайдаланылады.

Әдетте орайдан қашпа компрессорлар 4 ден 10 ата ға шекем қысылған газ алыў ушын таярланады.(1 ата 760 мм с. б. яки 1 ата $1 \cdot 10^5$ Па.

Орайдан қашпа компрессорлардың ислеў принципын 14,2 –сүүрет жәрдемінде түсиндириў мүмкин.



14,2 сүүрет

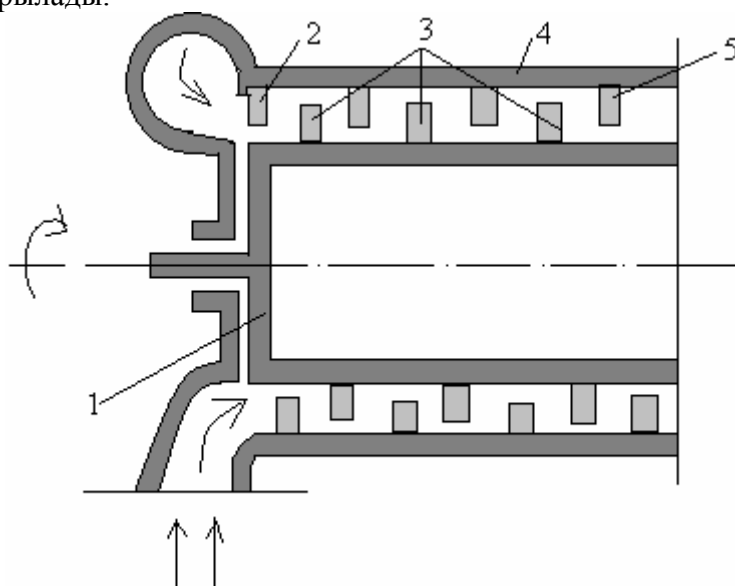
Статор деп аталыўшы компрессор кожуқы 1 де вал 2ге беккемлеп қойылған жумысшы дөңгелек 3 айланады. Дөңгелек бир яки еки дискден куралған болады.(14,2 б).Бул дисклер арасында кеңейиўши каналлар пайда қылыўшы гүрекшелер 7 жайласады.

Басымы P_1 болған газ а точкада жумысшы дөңгелекке киргизиледи хәм гүрекшелер менен алып кетилип дөңгелек шетине тығылады. Орайдан қашпа күш газ басымынан P_2 ге хәм қозғалыс тезлиги C_2 ге шекем арттырады.(14,2 в). Нәтийжеде газ в ноқатта жумысшы дөңгелектен тек басымы асқан халда ғана емес, бәлки тезлигиде артқан халда шығады хәм диффузор 4 ке бағдарланады. Диффузорда газдың кинетикалық энергиясы басым энергиясына айланады. Бул жағдайда газдың қозғалыя теңлемеси C_2 ге шекем кемейеди. Басымы болса P_2 мугдарға көбейеди. Диффузор яки бағдарлаўшы аппараттан газ тутыныўшыға жиберилиўи мүмкин.

14.3. Көшер компрссорлар

Көшерли компрессордың ислеў тәртиби 14,3-сүүретте көрсетилген схема бойынша түсиндириўге болады. Жумысшы дөңгелек есапланыўшы цилиндр 1ге гүрекшелер 3 орнтылған корпус 4ке бағдарлаўшы аппарат болып хызмет ислейтуғын қозғалмайтуғын

гүрекшелер 5 бар. Жұмысшы дөңгелек ағаз сорып алынады хәм компрессор көшери бойлап қысып шығарылады.



14,3-сүрөт.

Кирип атырғанда бағдарланған газ ағымын пайда қылыу үшін биринши жұмысшы дөңгелекке бағдарлаушы дөңгелек 2 орнатылады. Жұмысшы дөңгелектен шыққаннан кейин газдың бағдарланған қозғалысы гүрекшелер 5 пенен тәмийнленеди.

Көшерли компрессорлардың сарпы төмендегише анықланады :

$$V_k = C_0 \frac{\pi}{4} (D_2^2 - D_{вг}^2) \quad (14.1)$$

Бул жерде D_2 хәм $D_{вг}$ - дөңгелек хәм втулка диаметрлери , м;

C_0 - дөңгелектің сыртқы диаметриндеги айланба тезлик 250 м/сек қа дейин болғанда шама менен 0,45-0,50 ге тең болған коэффициент.

15. Самаллатқышлар

15.1. Радиал самаллатқышлар , олардың класларға бөлиниўи

Хаўа алмастырыу мақсетинде хаўа ямаса басқа газларды 15 кПа ға дейин басым астында жеткизип бериу үшін арналған гидравликалық хаўа үплеу машиналары самаллатқышлар деп аталады.

Самаллатқышлар тийкарынан радиал хәм көшер самалатқышлар деп бөлинеди.

Радиал самалатқышларда хаўа жұмысшы дөңгелекке көшер бойлап кирип келеди хәм оннан радиал бойлап шығып кетеди. Атқаратуғын хызметине қарап радиал самаллатқышларды улыўма хызмет атқарыушы хәм арнаўлы хызмет атқарыушы самаллатқышлар деп үлкен еки топарға бөлинеди.

Улыўма хызмет атқаратуғын самаллатқышлар өндирислик жәмийетлик хәм жасаў имаратларында хаўа алмасыу ямаса хаўа менен жылытыу дизимлеринде қолланылады.

Рақамлары 2,5 тен 20,0 ға шекемги бул түрдеги самаллатқышлар сериялы ислеп шығарылады. ГОСТ 5976-73 к мұапық улыўма хызмет атқарыушы самалатқыша төмендегише белгиленеди. Ц4-70№4 бул жерде Ц- орайдан қашпа; 4- бес еселенген хәм пүтин санға шекем дөңгелекленген толық басым коэффиценти ($\varphi=0,86$) ; 70 – максимал

ПЖК режииндеги тез жүрерлик коэффициенти ($\eta_c = 70,3$); №4 самаллатқыштың дециметрде аңлатылған жұмысшы дөңгелек диаметріне тең рақамы ($d=0,4$ м).

Арнаулы хызмет атқаратуғын самаллатқышлар- бул түрдеги самаллатқышлар жыллылық электр станцияларында хәм ири қазанқаналардағы қазан агрегатының ажыралмас бөлеги болып есапланады.

Оларға қазан агрегаты ошақларындағы түтин газлерисорып шығарыу үшін арналған тутинсорығышлар, ошақларда жанылғы жаныуы үшін зәрүр болған хаўаны жеткизип бериуіге арналған үплеу самаллатқышлары хәм жанылғы санаатында қолланылатуғын көмир унтақларын жеткизип бериуіши самаллатқышлар мысал бола алады. Арнаулы хызмет атқарыушы самаллатқышлардың және бир түри шаң самаллатқышлары болып табылады. Шаң самаллатқышлары жонылған ағаш қырындылары, станоклардан шығыушы металд шаңлары, шығарып таслауға хәм хаўа жәрдемінде дән тасыу дизимлерінде қолланылады.

Түтин сорыу самаллатқышлары төмендегише белгиленеди.

Мысалы: ДН-15

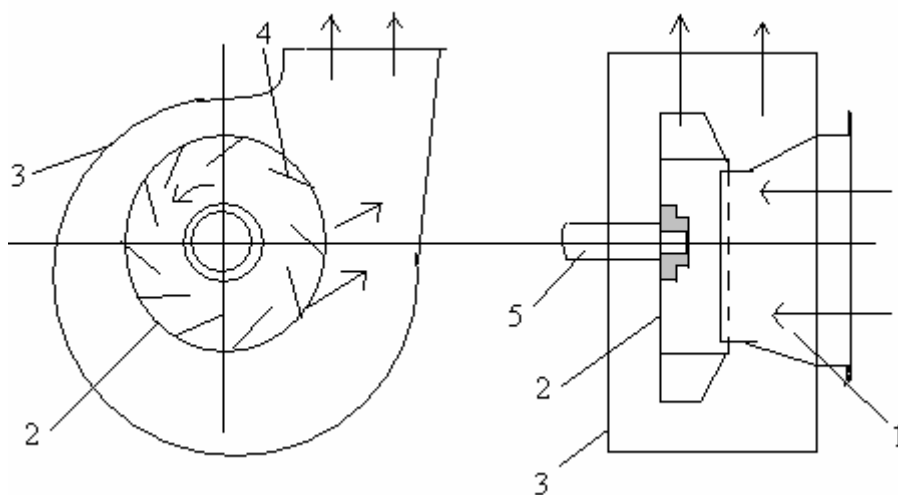
Бул жерде Д- түтин сорыушы ; Н- жұмысшы дөңгелек гүрекшелери артқа ийилген; 15- дециметрде аңлатылған жұмысшы дөңгелек диаметрин көрсетеди.

Жарататуғын толық басымына қарап радиал самаллатқышлар төмен, орта хәм жоқары басымлы самаллатқышларға бөлинеди. Төмен басымлы самаллатқышлар жаратқан толық басымы 1000Па ға шекем барады. Орташа басымлы самаллатқышлар болса 3000 Па ға шекем , ал жоқары басымлы самаллатқышлар болса 3000 Па дан артық толық басым пайда ете алады.

Тез жүрерлиги бойынша радиал самаллатқышлар үлкен ($n_s > 60$) , орташа ($n_s = 30-60$) хәм киши ($n_s < 30$) тез жүрер самаллатқышларға бөлинеди. Булардан басқа радиал самаллатқышлар жайласыуына қарап алып жүриетуғын, ярым қозғалатуғын хәм қозғалмайтуғын деп бөлиниуі мүмкин.

15.2. Радиал самаллатқыштың ислеу тәртиби

Төмендеги 15,1 сүүретте радиал самаллатқышлар схемасы көрсетилген.



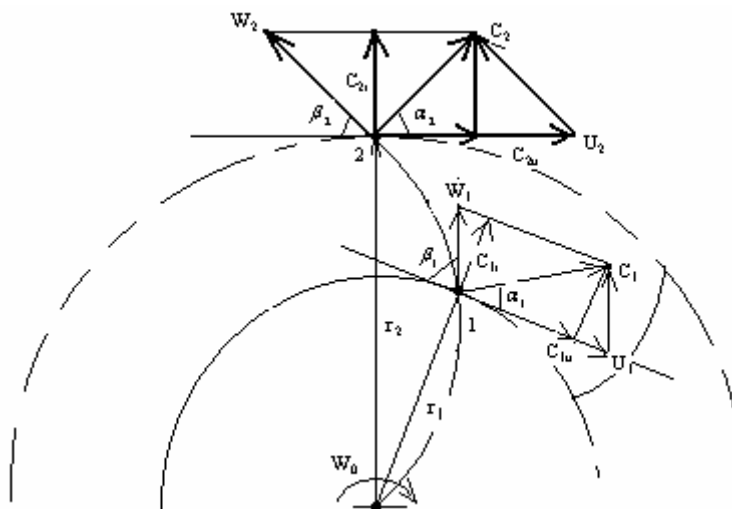
15,1 сүүрет

Жеткизип берилетуғын орталық (хаўа) сорыушы коллектор 1 арқалы жұмысшы дөңгелек 2ге онң көшери бойлап кирип келеди. Дөңгелек гүрекшелер 4 арасында айланбалы қозғалыс жасап спирал 3ке келип түседи хәм оннан белгили басым менен шығып кетеди. Жұмысшы дөңгелек вал 5 жәрдемінде айландырылады. Радиал

самаллатқышлардың жетіскенліклеріне оларды хәрекетке келтиріу үшін жоқары тезлики электродвигателлер қолланыу мүмкинлиги, жоқары ПЖК (80% тен жоқары) таярланыуының әпиуайылығы, х.т.б.

15.3. Радиал самаллатқыш жұмыс процеслериниң теориялық тийкарлары

Жұмысшы дөңгелек гүрекшелери аралығында қозғалыушы хауа ағымының тийкарғы нызамларын үйренеміз.



15,2 сүүрет.

Жұмысшы дөңгелек тәрәпинен хауа ағымына узатылған энергия ағымның гүрекшелер арасындағы кеңисликке кириуден хәм оннан шығыудан абсолют С салыстырма w хәм айланба u тезликлериниң мәселелери бойынша анықланады. Бул жерде абсолют тезлик С ғымының самаллатқыш корпусына салыстырғандағы тезлиги болып табылады. Абсолют тезлик салыстырма w хәм айланба u тезликлердиң қосындысына тең болады. Салыстырма тезлик w ағымның айланып атырған жұмысшы дөңгелекке салыстырғандағы тезлиги болып табылады. Салыстырма тезлик векторы гүрекшеге жүргизилген урынба бойынша бағдарланған болады. Айланба тезлик шеңбер радиусы r менен мүйешлик тезлик w_0 диң көбеймесине тең болады:

$$U = w_0 r \quad (15,1)$$

Айланба тезлик вектор жұмысшы дөңгелектиң r радиусы берилген ноқатына жүргизилген урынба бойынша айланыу тәрәпке қарай бағдарланған болады.

Абсолют тезликтің радиал хәм айланба дүзиушилери

$C_r = C \sin \alpha$ хәм $C_u = C \cdot \cos \alpha$ деп белгиленеди.

Гүрекшелер арасында M массалы ағымның қозғалыс муғдары моментин төмендегише аңлатыуға болады:

$$M = m C_u R, \quad (15,2)$$

бул жерде C_u -абсолют тезликтің айланба дүзиушиси ; R-айланыу радиусы.

Қозғалыс муғдары моментиниң өзгериуі теоремасына мууапық:

$$M_0 = \rho Q R_2 C_{2u} - \rho Q R_1 C_{1u} \quad (15,3)$$

бул жерде M_0 -жұмысшы дөңгелек гүрекшелериниң реакция күшлериниң мементи;

$\rho Q = m$ –ағым сассасы ; R_1 хәм R_2 - жұмысшы дөңгелектиң тийислилериниң кириу хәм шығу радиустары; C_{1u} C_{2u} -абсолют тезликтің жұмысшы дөңгелекке кириудеги хәм шығудағы айланба дүзиушилери. (15,3) теңлемесиниң оң хәм шеп тәрәплерин 2π ге көбейтирип төмендеги теңлемеге ийе боламыз:

$$M_0 = \frac{1}{2\pi} \rho Q (2\pi R_2 C_{2u} - 2\pi R_1 C_{1u}) \quad (15,4)$$

Алынған теңлемениң еки тәрәпин мүйешлик тезлик W_0 -ға көбейтиў арқалы вал қуўатлығы түсинигине ийе боламыз:

$$M_0 W_0 = N_s = \frac{\rho Q W_0}{2\pi} (2\pi R_2 C_{2u} - 2\pi R_1 C_{1u}) \quad (15,5)$$

Жумысшы дөңгелек гүрекшелери реакция күшлериниң атқарған салыстырма жумысына самаллатқыштың теориялық басымы деп аталады хәм ΔP_m -хәриби менен белгиленеди. Бул жағдайда :

$$N_s = \Delta P_m \cdot L \quad (15,6)$$

бул жерде L-самаллатқыш тәрпинен жеткизип берилетуғын ҳаўа муғдары($L=Q$); (15,5) хәм (15,6) теңлемелерди бирликте қарап хәм $R_1 W_0 = U_1$, $R_2 W_0 = U_2$ деп белгилеп самаллатқыштың теориялық басымы ушын төмендеги теңлемени аламыз:

$$\Delta P_m = \frac{\rho Q W_0}{L 2\pi} (2\pi R_2 C_{2u} - 2\pi R_1 C_{1u}) = \rho (U_2 C_{2u} - U_1 C_{1u}) \quad (15,7)$$

Алынған (15,7) теңлеме радиал самаллатқыш ушын Эйлер теңлемеси деп аталады. Эйлер теңлемеси самаллатқыш басымын жумысшы дөңгелектеги ҳаўа ағымы тезлиги менен байланыстырады.

Мазмуны

1	Кирисиў. Гидравлика тийкарлары	3
2	Гидростатика	5
3	Суйықтың басым күши	12
4	Гидродинамика тийкарлары	16
5	Суйықтық хәреketи теңлемелери	21
6	Гидравликалық карсылық	28
7	Ашық каналларда суйықтық ағымының тегис илгерилемели қозғалысы	32
8	Напорлы трубаларда суйықтықтың хәреketи	34
9	Суйықтықтың жуқа дийўалындағы кишкене тесиклердин ағып шығыўы	39
10	Насослар	41
11	Пәррикли насослар	44
12	Көлемли насослар.	49
13	Компрессорлар.	52
14	Компрессорлардың түрлери.	55
15	Самаллатқышлар.	58
16	Пайдаланылған әдебиятлар	62

Пайдаланылган әдебиятлар

1	А.Ю.Умаров	Гидравлика	2002
2	В.И.Калицун и др.	Гидравлика, водоснабжение и канализация	1980
3	М.М.Константинов и др.	Гидравлика	1987
4	В.В.Рычагов, М.М.Флоринский	Насосы и насосные станции	1985
5	В.В.Поляков, Л.С.Скворцов	Насосы и вентиляторы	1990
6	Н.М.Дойников ва бошқ.	Машинашунослик	1973
7	Б.В.Карасев	Насосные и воздухоудвные станции	1990
8	П.Г.Киселев	Справочник по гидравлическим расчетам	1974