ÓZBEKSTAN RESPUBLIKASI JOQARI HÁM
ORTA ARNAWLI TALIM MINISTRLIGI

K. BAYMANOV, R. BAIMANOV

SUYIQLIQ HÁM GAZ MEXANIKASI (GIDRAVLIKA)

5340400 – Injenerlik kommunikaciyalar qurılsı hám montajı
5340200 – Imaratlar hám inshaatlar qurılısı

TOSHKENT
«NOSHIR»
2018

UO‘K: 621.64
KBK 31.363
B 26

Pikir bildiriwshiler:
fiz.-mat. iliml. doktorı, professor ***N.Uteuliev*** – TATU Nókis filialı professorı;
texnika pánleri kandidatı, docent ***B.Ibragimov*** – Tashkent mámleketlik agrar universiteti Nókis filialı a/x mexanizaciyalastırıw kafedrası baslıǵı.

Baymanov, K. I.
Suyıqlıq hám gaz mexanikası (gidravlika) [Matn] K. Baymanov, R. Baımanov. - Toshkent: Noshir nashriyoti, 2018. - 324 b.

KBK 31.363

ISBN 978-9943-54-823-7

Oqıwlıqta suyıqlıqlardıń fizikalıq qásiyetleri, gidrostatikanıń tiykarǵı túsinikleri hám teńsalmaqlılıq halatınıń tiykarǵı nızamları, naporlı truboprovod tarmaqlarındaǵı hám gidrotexnikalıq soorujenielerdegi suyıqlıq háreketiniń nızamları, úzliksizlik teńlemesi, D.Bernulli teńlemesi, ózenlerde súykeliw nátijesinde joǵalǵan napor ieńlemesi, ashıq ózenlerdegi suyıqlıq aǵımınıń tegis hám tegis emes ilgerilenbe háreketiniń nızamlıqları, jer astı suwları háreketi nızamları keltirilgen.

Oqıwlıq esaplaw – grafikalıq jumıslardı hám ámeliy auditoriyalıq sabaqlardı ótiw ushın kerekli bolǵan materiallar menen toltırılǵan.

Oqıwlıq Ózbekistan Respublikası joqarı texnika oqıw orınları ushın arnalǵan oqıw ádebiyatı mámleketlik talim standartiniń bakalavr qániygeligi 5340400 – «Injenerlik kommunikaciyalar qurılısı hám montajı», 5340200 – «Imaratlar hám inshaatlar qurılısı» baǵdarına durıs keledi.

ISBN 978-9943-54-823-7

KIRISIW

Texnika tarawınıń barlıq tarmaqlarında suyıqlıq hám gazlerdi truboprovodlar arqalı uzatıw, olardıń tesiklerden, nasadkalardan, diffuzorlardan, klapanlardan, reshetkalardan aǵıw qubılısları, xalıq xojalıǵında qollanılatuǵın stanoklarda, apparatlarda hár qıylı berilisler qusaǵan qubılıslar kóp ushırasadı. Bul qubılıslardıń háreketleri gidromexanika nızamlar menen belgilenedi. Gidromexanika nızamların hám olardan ámelde paydalanıw usılların gidravlika úyrenedi.

Gidravlika eki tiykarǵı bólimnen: suyıqlıqlardıń teńsalmaqlıq nızamların úyrenetuǵın gidrostatika hám suyıqlıqlardıń háreket nızamların úyrenetugın gidrodinamikadan turadı.

Suyıqlıqlar aǵıwshańlıq qásiyetke iye. Suyıqlıq barlıq waqıtta málim bir kólemge iye bolıp, biraq formaǵa iye emes (qanday ıdısqa quyılsa, sol ıdıstıń formasın aladı), sonıń menen birge suyıq massa sırtqı kúshler bolmaǵan jaǵdayda, tekte molekulyar kúshler tásiri astında shar formasın aladı. Denelerdiń suyıq halatı óz tábiyatına kóre, gaz halat penen qattı halat ortasındaǵı aralıq orındı iyeleydi. Gazler suyıqlıqlarǵa salıstırǵanda qısılıwshańlıq halatı payda bolıwı menen sıpatlanadı hám olardıń tıǵızlıǵı ózgeriwsheń shamada boladı. Gazlerdi kópshilik jaǵdaylarda qısılıwshań suyıqlıqlar depte ataydı.

Suyıqlıqlar hám gazler jabısqaqlıq qásiyetine iye, háreket waqtında aǵım ortalıǵınıń qatlamları arasında, hár qıylı tezlik penen háreketleniwdiń nátiyjesinde, ishki súykeliw kúshleri payda boladı.

Suyıqlıq hám gazlerdiń háreket tezlikleri dawıs tezliginen pás bolǵanı ushın olardıń háreket nızamları birdey boladı. Sonıń ushın gidravlikada suyıqlıq degende gaz hám, suyıqlıq hám túsiniledi. Olardı birbirinen ajıratıw ushın suyıqlıqlar tamshılı, gazler bolsa elastik suyıqlıq dep qaraladı.

Suyıqlıq hám gazler tómendegi qásiyetleri menen bir-birine uqsaydı: 1) suyıqlıqlar gazlerge uqsap málim formaǵa iye emes, onıń fizikalıq qásiyetleri barlıq baǵdar boyınsha birdey, yaǵnıy izotrop esaplanadı; 2) gazlerdiń jabısqaqlıǵı kishi bolıp, suyıqlıqlardikine jaqınlasadı; 3) kritikalıq temperaturadan joqarı temperaturada suyıqlıqlar menen gazler arasında parq joǵaladı. Suyıqlıqlardıń teńsalmaqlıq hám háreket nızamları differencial teńlemeler menen anıqlanadı.

Gidravlikada teoriyalıq izertlewler nátiyjelerin ápiwayılastırıw máqsetinde ideal suyıqlıq modelinen paydalanıladı. Ideal suyıqlıq dep, basım hám temperatura tásirinde óz kólemin ózgerttirmeytuǵın yaǵnıy qısılmaytuǵın, ózgermes tıǵızlıqqa iye bolǵan hám ishki súykeliwi (jabısqaqlıǵı) bolmaǵan suyıqlıqlarǵa aytıladı. Tiykarında bolsa, hár qanday suyıqlıq basım yamasa temperatura tásirinde óz kólemin ózgerttiredi. Hár qanday suyıqlıqta ishki súykeliw kúshleri hám jabısqaqlıq boladı. Demek, haqıyqatta tábiyatda idealsuyıqlıq bolmaydı, yaǵnıy barlıq suyıqlıqlar real suyıqlıqlar bolıp esaplanadı.

Hár qıylı óndirislik (promıshlennıy) kommunal-xojalıq, gidrotexnikalıq, elektroenergetikalıq, transportlıq soorujenielerdi hám suw xojalıǵı obektlerin joybarlaw, qurıw hám ekspluataciya ushın suyıqlıqlardıń teń salmaqlıq hám hareket nızamlıqların taǵıda usı nızamlardıń injenerlik ámeliyattıń hár qıylı oblastlarında qollanıw usılların biliw talap etiledi.

Kitaptıń Gidrostatika bóliminde gidrostatikalıq basım hám onıń qásiyetleri, Gidrostatikanıń teńlemeleri, basımdı ólsheytuǵın ásbaplar, suyıqlıq basım kúshiniń tegis hám iymek diywal betlerine tásirlerin anıqlaw, deneniń suyıqlıqta qalqıwın anıqlaw keltirilgen.

Kitaptıń gidrodinamika bólimi eki bólimnen ibarat. Onıń birinshi bóliminde gidrodinamikanıń tiykarǵı teńlemeleri: úzliksizlik teńlemesi, D.Bernulli teńlemesi, háreket muǵdarınıń gidravlikalıq teńlemesi, suyıqlıq aǵımınıń turaqlı tekis ilgerilenbe hárekettiń tiykarǵı teńlemesi, ózenlerde suyıqlıq háreketi waqtında súykeliw nátiyjesinde joǵalǵan napor (energiya) teńlemesi keltirilgen.

Gidrodinamika bóliminiń ekinshi bóliminde bolsa, onıń birinshi bólimindegi tiykarǵı teoriyalıq teńlemeleriniń hár túrli injenerlik soorujenielerdi hám qurılmalardı gidravlikalıq esaplawda ámeliy qollanıw usılları berilgen. Hár bir baptıń aqırında temalar boyınsha máseleler quramı berilgen.

Kitapta tiykarınan, ashıq ózenler (kanallar) gidravlikası bólimlerinde suyıqlıqtıń tegis hám tegis emes ilgerilenbe háreketi nızamlıqları, joǵalǵan napor (energiya)nı anıqlaw, ózen ultanınıń gedir-budırlıqlarınıń aǵım kinematikasına tásiri boyınsha teoriyalıq juwmaqlar hám bir neshe áhmiyetli formulalar ápiwayılastırılǵan túrde berilgen.

Oqıwlıqta gidrotexnika soorujenielerin esaplawda gidravlika usılların paydalanıw gidravlika tarawında baslanǵısh bilimge iye bolǵan studentler ushın ózlestiriw ańsat bolatuǵın etip bayan etilgen.

Oqıwlıqta gidravlikanıń dinamikalıq uqsaslıǵı hám gidravlikalıq qarsılıqlar teoriyası haqqındaǵı bilimge úlken áhmiyet berilgen. Sonıń menen birge ámeliy gidravlika boyınsha kóplegen ilmiy tájiriybeler nátiyjeleri keltirilgen. Bulardan A.P.Zegjda, V.S.Knoroz, Kolbruk-Uayt, I.Nikuradze, G.A.Murin, I.I. Levi, A.Prandtal hám basqa ilimpazlardıń naporlı trubalarǵa hám ashıq ózenlerde gidravlikalıq súykeliw tásirinde joǵalǵan napordı úyreniw boyınsha ótkerilgen izertlewleri hám basqalar kelitirilgen. Aqırǵı bapta jer astı suwlarınıń háreket nızamlıqları hám olardıń gidrotexnikalıq soorujenielerden búgilip ótiw jaǵdayların esaplaw usılları keltirilgen.

Birinshi bap. **PÁN BOYINSHA TIYKARǴI TÚSINIKLER HÁM ANIQLAMALAR.**

1.1. Pánniń tiykarǵı mazmunı.

Gidravlika (suyıqlıqlardıń texnikalıq mexanikası) páni suyıqlıqlardıń trubalarda, tábiiy hám jasalma ózenlerde, soorujenielerde, mashinalarda hám jer astında tınısh hámde háreket halatındaǵı ózgeriw nızamlıqların, sonıń menen birge, usı tabılǵan nızamlıqlardı anıq injenerlik máselelerdi sheshiwde qollanıw usılların izertlep úyreniw menen shuǵıllanatuǵın ilim bolıp esaplanadı. Suyıqlıq degende tekte suw túsinilmesten, basqada tamshı zatlar (kapelnıe veshestva) taǵıda gazler (hawa) túsiniledi. Gidravlikada teoriyalıq jaǵdaylar hám alınǵan juwmaqlar paydalanıp qoymastan, tájiriybelerdiń maǵlıwmatlarınanda paydalanıladı. Teoriyalıq jol menen tabılǵan juwmaqlar, durıs keletugın eksperimentallıq izertlewler nátiyjesinde alınǵan maǵlıwmatlar menen tolıqtırıladı hámde tastıyıqlanıladı.

«Gidravlika» termini grektiń eki sózinen: hydros (xyudor) - suw hám aulos (aulos)- truba quralıp dáslepki waqıtları vodovodlar haqqındaǵı ilim bolıp belgilengen. Házirgi waqıtlardaǵı gidravlikanıń qollanıw tarawları – hár qıylı truboprovodlar, tábiiy hám jasalma ózenler, soorujenieler, sudna kemeler, elektrostanciyalar, kópirler, mashinalar hám apparatlar bolıp esaplanadı.

Gidravlikanıń nızamlıqları texnika, sanaat hám xalq xojalıǵınıń túrli tarawlarında: gidrotexnika, gidromelioratsiya, gidroenergetika, qurilis kópir qurılısı, suw tamiynatı hám kanalizaciya, ximiyalıq texnologiya processleri hám qurılmaları hámde basqa tarawlarda ámeliy injenerlik máselelerdi sheshiwde keń kólemde qollanıladı.

Gidravlikanıń nızamlıqların biliw óndirislik hám puxaralıq soorujenieler qurılısında payda bolatuǵın kóplegen texnikalıq máselelerdi sheshiw ushın zárur esaplanadı. Atap aytqanda: kotlovanlardı hám

tereń vıemkalardı qazanda jer astı suwınıń qáddin tómen túsiriwde; kotlovanlarda payda bolǵan suwlardı qashırıwda, qalanıń territoriyasınan jamǵır hám qar suwların qashırıwda; suw jıynawhı háwizlerdi qurıwda, imarat hám soorujenielerge shamaldıń nagruzkasın anıqlawda, hár qıylı xızmet atqarıwshı truboprovodlardı esaplawda (suw menen támiyinlew, gaz benen támiyinlew, ventilyaciya, jıllılıq, kanalizaciya h.t.b.), kópirlerdiń aralıqların hám jollardıń trubaların esaplawda hám t.b.

Sonıń menen birge gidravlika bir qansha arnawlı pánlerdi Gidrotexnikalıq soorujeniya, gidromelioraciya, gidravlikalıq mashinalar, suw támiynatı, kanalizaciya, gaz benen támiyinlew, jıllılıq penen támiyinlew, uy-jay kommunal xojalıǵı hám t.b. úyreniw ushın oqıw bazası bolıp esaplanadı. Gidravlika páni matematika, fizika, teoriyalıq mexanika hám materiallar qarsılıǵı pánleri ótilip bolǵannan keyin oqıtılıwı talapqa juwap beredi, sebebi studentler gidravlikadan tolıq bilim alǵannan keyin arnawlı pánlerdi ózlestiriwi aytarlıqtay dárejede jeńillesip, keleshektegi qániygeligi boyınsha kóplegen injenerlik máselelerdi óz betinshe shesheiwge múmkinshilik jaratadı.

1.2. Gidravlikanıń qısqasha rawajlanıw tariyxı.

Adamzat óziniń rawajlanıw tariyxınıń birinshi qádeminen baslap aq gidravlikanıń hár qıylı máseleleriniń sheshiliwi menen shuǵıllanǵan. Atap aytqanda, biziń eramızdan bes mıń jıl burın burıngı dunya júzlik ellerde sol waqıtları suwǵarıw kanalları hám ápiwayı suw kóteriw qurılmaları málim bolǵan. Kópshilik jerlerde vodonaporlıq hám gidrotexnikalıq soorujenielerdiń (vodovodlar, plotinalar, akveduklar) qaldıqları saqlanıp qalǵan. Biraq bul soorujenielerdiń gidravlikalıq esaplawları haqqında hesh qanday maǵlıwmatlar joq, sonlıqtan olardı ámeliy tájiriybeler hám kórsetpeler tiykarında qurılǵan bolıwı kerek.

Gidravlikalıq máselelerdiń ilimiy jol menen sheshimin tabıwı (287-212 j.) jasaǵan grek ilimpazı Arximed tamanınan jazılǵan «Deneniń júziw nızamlıqları» kitabınan birinshi bolıp baslanadı.

Bunnan keyin XVásirde italiya ilimpazı Leonardo da Vinchi (1452-1519) gidravlikaǵa tiyisli máselelerden jańa oylap tabıwlardı islep shıqqan. Bular «Dárya hám ózenlerde suw háreketin úyreniw» hámde «Suyıqlıqtıń tesikten aǵıp shıǵıwı» dep ataladı.

1586 jılı Niderlandiya ilimpazı Simon Stevin (1548-1620) óziniń «Baslanǵısh Gidrotexnika» kitabın shıǵarıp, onda ıdıstıń diywalına hámde ıdıs túbine suyıqlıqtıń basım kúshin anıqlaǵan.

1612 jılı italiyalıq fizik, matematik hám astronom Galileo Galiley (1564-1642) óziniń «Suwdaǵı deneniń háreketi» kitabı menen dunyaǵa belgili boldı. Onıń shákirti E.Torichelli (1608-1647) 1643 jılı suyıqlıqlardıń tesikten aǵıp shıǵıw nızamın islep shıqtı. 1650 jılı belgili francuz matematigi hám fizigi Blez Paskal (1623-1662) «Jabıq ıdıstaǵı suyıqlıqqa sırttan berilgen basım suyıqlıqtıń barlıq tochkalarına bir túrde ózgermes muǵdarda tarqaladı» degen nızamdı ashqan.

1687 jılı angliyanıń dunyaǵa málim fizik, astronom hám matematik Isaak Nyuton (1643-1727) suyıqlıq hareketinde ishki súykeliw nızamın oylap taptı.

Gidravlika pániniń rawajlanıwına tiykar salǵan ilimpazlar: Sankt-Peterburg pánler akademiyasınıń aǵzaları Mixail Vasilevich Lomonosov (1711-1765), 1760 jılı zatlardıń hám energiyanıń saqlanıw nızamın ashtı; Daniil Ivanovich Bernulli (1700-1782) dunyaǵa tanılǵan, ol 1738 jılı salıstırma energiyanıń balans teńlemesin oylap tawıp baspada járiyalanǵan; Leonard Pavlovich Eyler (1707-1783) suyıqlıqlardıń tınısh halatı hám háreket waqtındaǵı halatları nızamlıqların úyrenip, suyıqlıq háreketiniń differencial teńlemelerin islep shıqqan. Usı dáwirde francuz matematikleri Dj.L. Lagranj (1736-1813) hám P.S. Laplas (1749-1827) gidravlikanıń rawajlanıwına ózleriniń úleslerin qosqan.

XVIII ásirdiń aqırlarında Franciyada gidravlika hám matematika pánleri menen bir qatarda texnika tarawıda keń rawajlanıp, suyıqlıqlardıń texnikalıq mexanikası atamalı francuz mektebi shólkemlestirildi. Bul mekteptiń erkin pidakerleri – injener-gidrotexnik, Parij pánler akademiyasınıń aǵzaları X.Pito (1695-1771), Franciya mektebiniń direktorı Antuan Shezi (1718-1798) hámde J.SH. Borda (1733-1799) qusaǵan iri ilimpazlar jergilikli qarsılıqlar boyınhsa islep, usı tarawdaǵı máselelerdiń sheshimin bergen. Injener-gidrotexnik Dyubua (1734-1809) óziniń «Gidravlika tiykarları» kitabı menen belgili bolǵan. Bulardan basqa Italiyada professor G.B. Venturi (1746-1822), Irlandiyada injener R.Voltman (1757-1837), Germaniyada F.Fergeymer (1852-1933, M.Veber (1871-1951), L.Prandtl (1875-1951), X.Blazius (1853-1954), Yu.Veysbax (1806-1871), taǵıda angliyada injener O.Reynolds (1842-

1912) qusaǵan professorlar gidravlikanı rawajlandırıwda ózleriniń salmaqlı úleslerin qostı.

XIX ásirdiń ekinshi yarımında Rossiyada gidravlikanıń keyingi etaplarda rawajlanıwına kúshli tásir etetuǵın ilimiy jumıslar jaratıldı. 1883 jılı Nikolay Pavlovich Petrov (1836-1920) maylawdaǵı ishki súykeliw teoriyasın jarattı. 1898 jılı Nikolay Egorovich Jukovskiy (1847-1921) gidravlikalıq soqqı teoriyasın jaratıp, oǵan arnap kitap shıǵarǵan. Akademik Nikolay Nikolaevich Pavlovskiydiń (1884-1937) ashıq ózenlerdegi teń qálipli hám teń qálipsiz háreketi, suwdıń gidrotexnikalıq soorujenielerdiń astınan filtraciyalanıwı haqqındaǵı miynetleri gidravlikanıń rawajlanıwına qosqan úlken úlesi bolıp esaplanadı.

1917 jıldan baslap birlesken Respublikalar quramında gidroelektrostanciyalar, plotinalar, kanallarda gidrotexnikalıq soorujenieler, kópirler hám awıl xojalıq soorujenieleri kóp hám tez qurılıwı nátiyjesinde gidravlikanıń kóp máseleleri tereń úyrenildi hám bir qansha ilim izertlew institutları hám laboratoriyalar ashıldı hámde gidravlika tarawında joqarı nátiyjelerge erisildi. Bunda atları tómende keltirilgen ilimpazlardıń xızmetleri kóp: I.I. Agroskin, S.T. Altunin, A.D. Altshul, M.A. Velikanov, B.A. Baxmetev, I.I. Levi, A.I. Bogomolov, V.S. Knoroz, V.N. Goncharov, A.P. Zegjda, P.G.Kiselev, R.R.CHugaev, Yu.A. Ibad-Zade, A.M. Muxamedov, D.V. Shteremlixt, K.V. Grishanin, D.N.Grinvald, A.N.Gostunskiy, J.V.Jeleznyakov hám basqalar.

Házirgi waqıttaǵı gidravlika – bul teoriya menen tájiriybe birbirin bayıtatuǵın hám tolıqtıratuǵın ilim bolıp esaplanadı. Keyingi waqıtları gidravlikada texnikalıq esaplaw usılların qollanıw keńnen engizilmekte. Gidravlikalıq processlerdi sanlı modellestiriw jánede sanlı usılda esaplawlar qolanılmaqta. Bular esaplaw gidravlikası dep atalmaqta. Laboratoriyada ham dalada ótkeriletuǵın eksperimentlerde, ólhsew priborlarınıń ilimiy jetiskenliklerı qollanılmaqta.

1.3. Gidravlika pániniń tiykarǵı máseleleri.

Gidravlika páni eki úlken bólimnen ibarat: gidrostatika hám gidrodinamika. Gidrostatika bóliminde suyıqlıqlardıń tınısh halatındaǵı nızamlılıqları úyreniledi. Bunday nızamlıqlardı úyreniwdegi maqset – suyıqlıqtıń tereńligi boyınsha qálegen tochkalardaǵı gidrostatikalıq basımnıń ózgeriwin, suyıqlıq basım kúshiniń tegis hám iymek diywal betlerine tásir etiwin hám suyıqlıqta denelerdiń qalqıwın, shógiwin hám teńsalmaqlılıq jaǵdayın anıqlawlardan ibarat.

Gidrodinamika bóliminde suyıqlıqlardıń háreket waqtında gidrodinamikalıq elementleriniń ózgeriw nızamlılıqları úyreniledi. Bunda suyıqlıqlardıń hár túrli tochkalardaǵı tezlik U hám basımlardıń P waqıttıń ótiwi menen shamaları har túrli boladı. Bul bólimniń dáslepki baplarında gidrodinamikanıń tiykarǵı teoriyalıq teńlemeleri (úzliksizlik teńlemesi, Bernulli teńlemesi, háreket muǵdarınıń gidravlikalıq teńlemesi, suyıqlıq aǵımınıń tekis ilgerilenbe háreketiniń tiykarǵı teńlemesi, ózenlerde suyıqlıq háreketi waqtında súykeliw nátiyjesinde joǵalǵan napor teńlemesi) úyreniledi. Gidrodinamikanıń keyingi baplarında tiykarǵı teoriyalıq teńlemelerdiń hár túrli soorujenielerdi, qurılmalardı, gidromahsinalardı esaplawda ámeliy qollanıw usılları beriledi.

Solay etip, Gidravlikada injenerler ushın eń qızıǵarlı bolǵan tómendegi mashqalalar qaraladı:

-suyıqlıq basımınıń ıdıstıń hám soorujenielerdiń diywallarına tásiri, rezervuar hám truba diywallarına suyıqlıqtıń basım kúshin anıqlaw usılları, qalqıwshı deneniń shógiwin esaplaw máseleleri;

-truboprovodlardaǵı suyıqlıqlardıń háreketi, hár qıylı truboprovodlardıń (vodoprovodlar, gazoprovodlar; vozduxoprovodlar hám t.b.) suyıqlıqlardı ótkeriw uqıplılıǵın anıqlaw usılları;

-ashıq ózenlerdegi suyıqlıqlardıń háreketi – qanday faktorlardı esapqa alıp kanallardaǵı hám kanalizaciya trubalarındaǵı suwdıń tezligin anıqlawdı úyretiw, kanallardıń suw ótkeriw uqıplıǵın anıqlaw, berilgen suyıqlıq muǵdarın ótkeriw ushın qanday qıyalıq hám kesimi qanday ólshemlerde bolıwı kerek ekenligin anıqlaw usılları;

-suyıqlıqlardıń juqa diywal tesikshelerinen hám nasadkalardan aǵıwın izertlew. Bul bólimdi biliwdegi maqet, rezervuarlardıń bosap qalıw waqtın anıqlaw, fontanlardan yamasa gradirinlerden atlıǵıp shıǵıp atırǵan suwdıń tezligin, traektoriyasın anıqlaw jol trubalarınıń suw ótkeriw uqıplılıǵın esaplaw máselelerin sheshiw usılları úyreniledi;

-ashıq ózenlerde suyıqlıq aǵımınıń tegis emes ilgerilenbe háreketi bóliminde dáryaǵa platina yamasa basqada soorujenieler qurılǵan jaǵdaylarda joqarǵı befte suw qáddi kóterilip uzınlıǵı boyınsha erkin iymek suw qáddi sızıǵı payda boladı hám ol sızıqtı teoriyalıq teńlemeler járdeminde anıqlaw, plotinanıń ústinen ótip atırǵan suw tómengi befte qáwipli gidravlikalıq jaǵdayda boldırmaw ilájların islep shıǵıw, plotinanıń ultanın suwdıń joqarı beften tómengi befke filtraciyalanıp ótiw máselelerin sheshiw usılları qaraladı.

Gidravlikalıq teńlemelerden hám usıllardan gidrotexnikalıq soorujenielerdi, energiya hám gidromelioraciyaobektelrin joybarlawda, qurıwda sonıń menen birge suw támiynatı hám kanalizaciya, gidravlikalıq mashinalar dizimlerin joybarlawda da keń paydalanıladı.

1.4. Fizikalıq shamalardıń ólshem birlikler dizimi.

GOST 8.417-81 ge tiykarlanıp 1982 jıldıń 1-yanvarınan baslap ilim, pán, texnika hám islep shıǵarıwdıń barlıq tarawlarında taǵıda joqarı hám orta oqıw orınlarında oqıtıwda xalıq aralıq birlikler dizimi SI (SI) qabıl etilgen. Soorujenielerdi hám basqada injenerlik qurılmalardı gidravlikalıq esaplawda qollanılatuǵın bul dizimniń tiykarǵı ólshem birlikleri 1.1-kestede keltirilgen.

1.1-keste

Xalıq aralıq birlikler dizimi S.I

Shamalardıń ataması	Shamalardıń simvolları	Ólshem birlikleri	Birliklerdiń belgileri
Tiykarǵı birlikler			
Uzınlıq	L	metr	m
Massa (awırlıq)	M	kilogramm	Kg
Waqıt	T	sekund	s
Termodinamikalıq temperatura	Ө	Kelvin gradusı	K
Qosımsha hám tuwındı birlikler			
Maydan (bet)	L^2	Kvadrat metr	m^2
Kólem	L^3	kub mert	m^3
Tezlik	LT^{-1}	sekundına metr	m/s
Tezleniw	LT^{-2}	sekund kvadratına metr	m/s^2

Tıǵızlıq	$L^{-3}M$	kilogramm bólingen	kg/m^3
Kúsh, awırlıq	LMT^{-1}	kub metr	
Basım, mexanikalıq kúshleniw	$L^{-1}MT^{2}$	Nyuton Paskal	N Pa
Kinematikalıq jabısqaqlıq koef-ti	L^2T^{-1}	kvadrat metr bólingen sekund	m^2/s
Dinamikalıq jabısqaqlıq koef-ti	L^1MT^{-1}	Paskal sekund	Pa.s.
Jumıs, energiya	L^2MT^{-2}	djoul	Dj.
Quwatlılıq	L^2MT^{-3}	vatt	Vt
Háreket muǵdarı (impuls)	LMT^{-1}	kilogramm metr bólingen sekund	kg.m/s
Kúsh impulsı	LMT^{-1}	Nyuton sekund	N.s
Suyıqlıqlardıń kólem sarpı	L^3T^{-1}	kub metr bólingen sekund	m^3/s
Suyıqlıqlardıń massalı sarpı	MT^{-1}	kilogramm bólingen sekund	kg/s
Salıstırma energiya, napor	L	metr	m
Suyıqlıq sarpı moduli	L^3T^{-1}	kub metr bólingen sekund	m^3/s
Suyıqlıq tezligi moduli	LT^{-1}	metr bólingen sekund	m/s
Salıstırma awırlıq	$L^{-2}MT^{-2}$	Nyuton bólingen kub metr	N/m^3
Múyeshli tezlik		sekundtaǵı radian	Rad./s
Serpellilik moduli	LMT^{-2}	Nyuton bólingen kvadrat metr	N/m^2
Filtraciya koefficienti	LT^{-1}	metr bólingen sekund	m/s

Bul jerdegi F, L, T, M – kúsh, uzınlıq, waqıt hám massanıń tiyisli simvolları.

Tómende injenerlik gidravlikada qollanılatuǵın tiykarǵı fizikalıq shamalardıń hár túrli birlik dizimleriniń SI dizimindegi ólshem birlikleri menen óz-ara baylanısları keltirilgen.

Kúsh (awırlıq) hám salıstırma awırlıq. Xalıq aralıq birlikler dizimi SI de kúsh birligi etip Nyuton (N) qabıl etilgen. Kúsh (awırlıq) tıń ólshemi LMT $^{-2}$. Kúsh birligi Nyuton SI dizimindegi basqa birlikler arqalı tómendegishe belgilenedi:

$$1N = 1\frac{(kg \cdot m)}{s^2} = \frac{(1000g \cdot 100sm)}{s^2} = \frac{10^5(g \cdot sm)}{s^2} = 10^5\,din$$

Solay etip, $\left.\begin{array}{ll} \sum F_x = 0; & \sum M_x = 0; \\ \sum F_u = 0; & \sum M_u = 0; \\ \sum F_z = 0; & \sum M_z = 0; \end{array}\right\}$

$$1N = 10^5\,din = 0{,}101972kgs(\approx 0{,}102kgk)$$

$$1\;dina \;=\; 0{,}00001\;N$$

$$1\;kgk \;= 9{,}80665\;N\;\left(\approx 9{,}81\right)$$

Xalıq aralıq birlikler dizimi «SI» de salıstırma awırlıqtıń birligi Nyuton bólingen kub metr - $\frac{N}{m^3}$. Salıstırma awırlıqtıń ólshemi – L^2MT^{-2}. Mısalı suwdıń 4^0S temperaturadaǵı salıstırma awırlıǵı:

$$\gamma_{suw\left(4^0 S\right)} = 9810\frac{N}{m^3} = 0{,}00981\frac{N}{sm^3} = 1000\frac{kgk}{m^3} = 1g/sm^3$$

Salıstırma awırlıq birligi $\frac{N}{m^3}$ tiń SI dizimindegi basqa birlikler arqalı belgileniwi

$$\gamma = \rho g = \frac{kg}{m^3} = \frac{m}{s^3} = \frac{kg}{m^2 s^2}$$

bunda ρ – suwdıń tıǵızlıǵı; kg/m^3; g –erkin túsiw tezleniwi, m/s^2.

Basımnıń ólshem birligi. Xalıq aralıq birlikler diziminde «SI» da basım birligi etip Paskal qabıl etilgen. Basımnıń ólshemi $-L^{-1}MT^{-2}$. Basım birligi Paskal 1N kúshiniń oǵan normal halda jatqan suyıqlıqtıń tegisliginiń 1m^2 maydanına tolıǵı menen tásir etiwin ańlatadı:

$$1Pa = 1N/m^2 = 1kg/ms^2 = 0{,}101972kgs/m^2 = 10din/sm^2 = 0{,}00001$$

Biraq texnikada, SI sisteması qabıl etilemen degenshe hám ayırım jaǵdaylarda házirde MKGSS (metr, kilogramm-sila, sekund) sistemasın qollanıw dawam etpekte. Tağıda bunnan tısqarı birlikler sistemaları: texnikalıq atmosfera (am), fizikalıq atmosfera (amm) qollanılmaqta. Sonlıqtan studentler bul ólshem birlikler arasındağı qatnasıqlardı qollanıp biliwi kerek:

$$1am = 1kgs/sm^2 = 98066,5Pa = 0,09800665Mpa = 735,559\ mm.sin.ba\acute{g} = 10^4\ mm\ suw\ ba\acute{g} = 980665\ din/sm^2 = 0,980665\ bar.$$

$$1amm = 1,0332kgs/sm^2 = 101325Pa = 0,101325Mpa = 760\ mm.sın.ba\acute{g}. = 10332\ mm.suw.ba\acute{g} = 113250din/sm^2 = 1,01325\ bar.$$

Dinamikalıq jabısqaqlıqtıń ólshem birligi. Xalıq aralıq birlikler diziminde dinamikalıq jabısqaqlıq μ diń ólshem birligi etip Paskal sekund qabıl etilgen. Dinamikalıq jabısqaqlıqtıń ólshemi – $L^{-1}MT^{-2}$, ol tómendegishe jazıladı.

$$\mu = [Pa \cdot s] = \left[\frac{N \cdot s}{m^2}\right] = \left[\frac{kg}{m \cdot s}\right]$$

Jabısqaqlıqtıń eski hám taza ólshem birlikler arasındağı baylanıs tómendegishe qatınasta boladı:

$$1\frac{(N \cdot s)}{m^2} = \frac{0,102kgs}{m^2} = 10pz$$

$$1pz = 1\frac{din \cdot s}{sm^2} = 0,1\frac{N \cdot s}{m^2}$$

Temperaturanıń ólshem birligi. Xalıq aralıq ólshem birlikler diziminde temperaturanıń ólshem birligi etip temperaturanıń absolyut termodinamikalıq shkalası (Kelvin gradiusı) qabıl etilgen. Absolyut termodinamikalıq shkala boyınsha temperatura tómendegishe anıqlanadı:

$$T = (t^0C + 273,16)\ K$$

Kóplegen qısılıw koefficienti hám serpellilik moduli ólshemleri. Kólemge qısılıw koefficienti basımnıń ózgeriwindegi suyıqlıq kóleminiń yamasa tığızlığınıń salıstırmalı ózgeriwin sıpatlaydı hám xalıq aralıq birlikler diziminde kvadrat metr bólingen Nyuton $-m^2/$dep qabıl etilgen.

Serpellik moduli kólemge qısılıw koefficientiniń teriskeri shamasın belgileydi hám Xalıqaralıq birlikler diziminde $-N/m^2$ dep qabıl etilgen.

Kólemge qısılıw koefficientiniń hám serpellilik moduliniń ólshem birliklerin basqa birliklerge ótkeriwde tómendegi qatnaslardı qollanıwğa boladı:

$$1N/m^2 = 0,12\ kgs/m^2; \quad 1kgs/m^2 = 9,81\ N/sm^2$$

$$1m^2/N = 9,81\ m^2/kgs; \quad 1sm^2/kgs = 0,102\ sm^2/N$$

1.5. Suyıqlıqlar haqqında tiykarğı anıqlamalar

Júdá az kúsh tásirinde óz formasın jeńil ózgertetuğın fizikalıq dene suyıqlıq dep ataladı. Suyıqlıqtıń qattı denelerden parqı, ağıwshańlıq qásiyetlerge iye bolıp, ol qanday formasına iye boladı, yağnıy óziniń turaqlı formasına iye emes.

Suyıqlıqlardı tamshı (kapel) hám gaz túrindegi bolıp bólinedi. Tamshı túrindegiler bular tábiyatta ushırasatuğın hám texnikada qollanılatuğın suyıqlıqlar: suw, neft, benzin, maylar hám t.b. Barlıq tamshı suyıqlıqlar kóleminiń ózgeriwine úlken qarsılıq kórsetedi hám qısılıwğa jol qoymaydı. Basımnıń hám temperaturanıń ózgeriwi menen olardıń kólemi júdá az ózgeredi. Bunday faktorlardıń tásirinde gaz túrindegi (gazler) suyıqlıqlar ózleriniń kólemin aytarlıqtay dárejede ózgertedi. Suyıqlıqlar óz tábiyatına kóre, gaz halatı menen qattı dene halatı ortasındağı aralıq orındı iyeleydi. Suyıqlıq hám gaz bóleksheleriniń háreket tezlikleri dawıs tezliginen az bolğanı ushın olardıń háreket nızamları uqsas. Gidravlika nızamlıqları barlıq suyıqlıqlar ushın qollanıwı múmkin. Barlıq suyıqlıqlar hám gazler háreketleri gidravlika nızamlıqları járdeminde úyreniledi. Suyıqlıqlar hám gazlerdi bir-birinen ajıratıw ushın suyıqlıqlardı tamshılı suyıqlıqlar, gazlerdi bolsa elastik suyıqlıqlar dep qaraladı. Tamshılı suyıqlıqlar hám gazler tómendegi qásiyetleri menen bir-birine uqsaydı: 1) tamshılı suyıqlıqlar gazlerge uqsap málim bir formağa iye emes, onıń fizikalıq qásiyetleri barlıq jónelislerde birdey, yağnıy izotropik; 2) gazlerdiń jabısqaqlığı kem bolıp, tamshılı anıq bir dárejeden (ol temperaturanıń kritikalıq dárejesi dep ataladı) joqarı bolsa, tamshılı suyıqlıqlar qattı denege aylanadı. Gidravlikada tamshı suyıqlıqlardı qısqasha suyıqlıqlar dep júritiledi. Suw óziniń ağıwshańlıq hám qısılmaslıq qásiyetleri menen basqa suyıqlıqlardan ajıralıp turadı.

Gidravlikada suyıqlıq ózi háreketlenip atırğan keńislikti tamıwshı deformaciyalanıwshı material bólekesheler sisteması túrinde qaraladı. Suyıqlıq bólekshesi júdá sheksiz kishkene kólemde bolıp, júdá kóp suyıqlıq molekulalarınan turadı. Mısalı, qaptallarınıń ólshemleri 0,001sm bolğan suw kubigin qarasaq, onda bul kólem $3.3.10^{13}$ molekulalardan turadı. Bunday halattağı suyıqlıqlar ulıwma alğanda kontinuum – tutas ortalıq (tınımsız toltırılğan keńislik) túrinde qaraladı. Tutas ortalıq – bul model kórinisinde bolıp suyıqlıqlardıń tınısh hám háreketegi nızamlıqların izertlewlerde keńnen qollanıladı.

1.6. Suyıqlıqtıń tiykarğı fizikalıq qásiyetleri

Tábiyatta ushırasatuğın hám texnikada qollanılatuğın suyıqlıqlardıń halatı hám háreket etiwi olardıń fizikalıq qásiyetlerine baylanıslı boladı. Sonlıqtan gidravlikada suyıqlıqlardıń fizikalıq qásiyetleri anıqlanılıp, olarğa tásir etiwshi faktorlar tabıladı. Suyıqlıqlardıń gidravlikalıq esaplawlarda paydalanılatuğın tiykarğı xarakteristikaları bolıp-tığızlıq, salıstırma awırlıq, jabısqaqlıq hám basqalar esaplanadı. Olar haqqında qısqasha túsinik berip ótemiz.

<u>Massa hám tığızlıq</u>. Tutas ortalıqtıń gipotezasına muwapıq suyıqlıq yamasa gazden bólinip alınğan qandayda bir keńisliktiń barlıq kólemi boyınsha massa teńdey taralğan boladı. Qaralıp atırğan ortalıqtağı kólem birligindegi deneniń massası Mniń muğdarı deneniń tığızlığı dep ataladı, ol grek háribi menen belgilenedi hám tómendegi qatınas arqalı anıqlanadı:

$$\rho = M / \mathrm{W} \tag{1.1}$$

bul jerde M – suyıqlıqtıń massası, kg; W – suyıqlıqtıń kólemi, m^3.

4°S temperaturadağı taza suwdıń tığızlığı

$$\rho_{u0} = 1000\, kg / m^3$$

Salıstırma awırlıq $\gamma, n/m^3$ – bul suyıqlıqtıń birlik kólemindegi salmağı:

$$\gamma = G / W \tag{1.2}$$

4°S temperaturadağı tazalanğan suwdıń salıstırma salmağı:

$$\gamma_{4^0} = 9810 N / m^3$$

Suyıqlıqtıń tığızlığı menen salıstırma salmağı arasında tómendegishe baylanıs bar:

$$\gamma = g\rho \tag{1.3}$$

bul jerde g – erkin túsiw tezleniwi ($9{,}81\ m/s^2$)

Tamshı (kapel) suyıqlıqlardıń joqarıda keltirilgen mexanikalıq qásiyetleri olardıń kólemge qısılıw β_V hám temperaturalıq keńeyiwi β_t koefficientleri xarakterlenedi.

Kólemge qısılıw koefficienti $\beta_w Pa^{-1}$. Bul basımnıń bir birlikke ózgeriwine salıstırıp suyıqlıq kóleminiń ózgeriwin sıpatlaydı:

$$\beta_w = \frac{\Delta W}{W \cdot \Delta \rho} \tag{1.4}$$

Bul jerde basımnıń shamasına ózgeriwine durıs keletuğın suyıqlıq kólemi $W_{\text{niń}}^{\text{ózgeriwi.}}$

Kólemniń qısılıw koefficientine teriskeri shama, suyıqlıqtıń serpellilik modulin E, Pa sıpatlaydı.

$$E = \frac{1}{\beta_w} \tag{1.5}$$

Normal halattağı suw ushın bul shamalar tómendegishe qabıl etiledi:

$$\beta_w = \frac{1}{2 \cdot 10^9} Pa^{-1}$$

$$E = 2 \cdot 10^9 Pa$$

Temperaturalıq keńeyiwi koefficienti $\beta_t, {}^0C\frac{-1}{3}$ kóleminiń ózgeriwin sıpatlaydı:

$$\beta_t = \frac{\Delta W}{W \cdot \Delta z} \tag{1.6}$$

bul jerde ΔW – temperaturanıń Δt shamasına Ozgeriwine durıs keletuǵın suyıqlıq kóleminiń W ózgeriwi.

Normal halatındaǵı suw ushın tómendegishe qabıllanadı:

$$\beta_t = \frac{1}{10000} \cdot {}^0 C^{-1}$$

Suyıqlıqlardıń jabısqaqlıǵı (vyazkost jidkostey). Suyıqlıqlar háreketlengen waqtında onıń ishin qatlamları arasındaǵı betlerinde ishki suykeliw kúshleri payda bolıp bul qatlamlardıń bir-birine salıstırıp jılјıwına qarsılıq kórsetiledi. Suyıqlıq qatlamları arasındaǵı betinde suykeliw kúshin jeńiwde sarıp bolǵan kúsh jabısqaqlıq (yamasa ishki gidrovlikalıq suykeliw kúshi) dep ataladı.

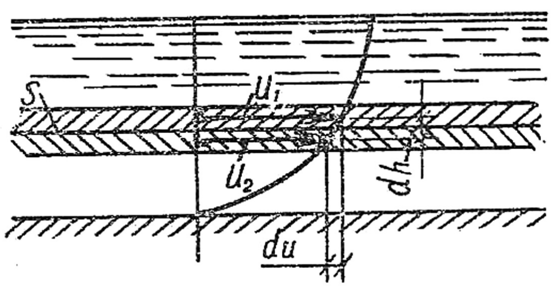
Suyıqlıqlardıń ózleriniń formalarınıń ózgeriwlerine qarsılıqları olardıń dinamikalıq jabısqaqlıǵı (ishki súykeliwleri) arqalı sıpatlanadı. Suyıqlıqtıń bir birlik maydandaǵı ishki súykeliw kúshi τ Nyutonnıń nızamı boyınsha anıqlanadı (1.1-suwret):

$$\tau = \pm \mu \frac{du}{dy} \qquad (1.7)$$

Bul jerde *du/dy* – suyıqlıq aǵımına perpendikulyar baǵıtlanǵan tezliktiń gradienti; – suyıqlıqtıń dinamikalıq jabısqaqlıq koefficienti.

Dinamikalıq jabısqaqlıq Puaz da (Pz) yamasa Paskal-sekundta (Pa.s) ólshenedi:

$$1Pz \ = \ 0{,}1\ Pa.s \qquad (1.8)$$



1.1-Súwret. Suyıqlıq háreketindegi ishki suykeliw kúshiniń payda bolıw sxeması.

Suyıqlıq dinamikalıq jabısqaqlıǵınıń onıń tuǵızlıǵına qatnası kinematikalıq jabısqaqlıq dep ataladı:

$$\nu = \mu / \rho \qquad (1.9)$$

Kinematikalıq jabısqaqlıq Stoks ta (St) yamasa (m^2/s) ólshenedi.

$$1St \ = \ 110^{-4} m^2 / s \qquad (1.10)$$

Suyıqlıqtıń jabısqaqlıǵı basımǵa onsha baylanıslı bolmaydı, al temperaturanıń kóbeyiwi menen aytarlıqtay shamada azayadı. 1.2-kestede taza suwdıń kinematikalıq jabısqaqlıǵınıń temperaturaǵa baylanıslı ózgeriwi keltirilgen

1.2-keste

T °S	0	5	10	20	30	40	50	70	100
ν·10-6 m2/s	1,79	1,52	1,31	1,01	0,72	0,66	0,55	0,41	0,28

1.7. Birinshi baptıń temaları boyınsha ámeliy máseleler

1.1-Másele. Egerde suwdıń salmaǵı Q=7000 kgs bolsa, onda suw massasınıń shamasın anıqlań?

Sheshimi: Bizge G=Mg málim formuladan massanıń shamasın tabamız:

$$M = \frac{G}{g} \ M = \frac{7000}{9{,}81} = 713{,}5 \frac{kg \cdot c^2}{m}$$

1.2-Másele. w=500 l kólemindegi rezervuar suyıqlıq penen toltırılǵan, onıń tıǵızlıǵı $g = 800 kg / m^3$. Suyıqlıqtıń salıstırma salmaǵın anıqlań.

Sheshimi:

1. Suyıqlıqtıń salıstırma salmaǵın anıqlaymız.

$$\gamma = \rho \cdot g = 800 \cdot 9{,}81 = 78{,}48 N / m^3$$

2. Suyıqlıqtıń salmaǵın anıqlaymız.

$$G = W \cdot \gamma = 0{,}5 \cdot 7848 = 3924 H$$

1.3-Másele. Diametri d=500 mm hám uzınlıǵı L=1,0 km bolǵan vodovodtıń basımın $\Delta P = 5{\cdot}10^6$ Pa ǵa kóbeyttiriw ushın kerekli bolǵan suw kólemin anıqlaw kerek. Vodovod atmosferalıq basımda suw menen toltırılǵan.

Sheshimi: Vodovodtıń sıyımlılıǵın tabamız.

$$L = 1,0\ km = 1000\ m = 1{\cdot}10^3 m$$

$$W_6 = \frac{\pi d^2}{4} \cdot L = \frac{3,14 \cdot 0,5^2}{4} \cdot 10^3 = 196,2 m^2$$

Vodovodtaǵı basımdı kóbeyttiriw ushın kerekli bolǵan suw kólemin (4) formula menen anıqlaymız:

$$\beta_{w=} \frac{\Delta W}{W \cdot \Delta P} = \frac{\Delta W}{(W_v + \Delta W)\Delta P}$$

A.D. Altshul. Gidravlika. Str.7.tabl.2.den ß$_w$ niń mánisin qabıllaymız:

$$\beta_w = 5{\cdot}10 - 10 m2 / N = 1/(2 \cdot 10^9) Pa^{-1}$$

Sonda

$$\Delta W = \frac{W_b \cdot \beta_w \cdot \Delta P}{1 - \beta_w \cdot \Delta P} = \frac{196,2 \cdot 5 \cdot 10^6}{2 \cdot 10^{3\left(1 - \frac{5 \cdot 10^6}{2 \cdot 10^9}\right)}} - 0,493 m^3$$

1.4-Másele. Ishki suw menen támiyinlew sisteması gidravlikalıq sınaw ótkergende 10 minut waqıt dawamında sınaw basımınıń = 0,5 am ≈ 4,9·10^4Pa páske túsiwi ruxsat etiledi.

Gidravlikalıq sınaw ótkerilip atırǵan sistemanıń sıyımlılıǵı =80 m^3, 10 minut dawamında ruxsat etiletuǵın utechkanıń (tesiklerden aǵıwdıń) ΔW shamasın anıqlań?

Sheshimi: β_w niń tómendegi shamasın qabıl etemiz: $\beta_w \frac{1}{2 \cdot 10^9} Pa^{-1}$

Ruxsat etiletuǵın utechkanıń shamasın tabamız:

$$\Delta W = \beta_w W \cdot \Delta P = \frac{80{\cdot}4,9{\cdot}10^4}{2 \cdot 10^9} \approx 1,92 \cdot 10^{-3} m^3$$

1.5-Másele. Onsha úlken bolmaǵan imarattıń ısıtıw sisteması (kotyol, radiatorlar, trubalar) W=0,4 m^3 suw kólemin quraydı. Suwdı 20° dan 90°C ǵa shekem qızdırǵanda keńeyttirilgen ıdısqa qosımsha qansha suw muǵdarı kiredi?

Sheshimi: 20^{0}C temperaturadaǵı suwdıń tıǵızlıǵı

$$\rho_{20^0} = 998\ kg/m^3,$$

Suwdıń massası

$$M = W{\cdot}p = 0,4{\cdot}998 = 399\ kg$$

90^{0}C temperaturadaǵı suwdıń tıǵızlıǵı

$$\rho_{90} = 965\ kg/m^3,$$

$$W = M / \rho_{90^0} = 399/965 = 0,414 m^3$$

Endi qosımsha suw kólemin tabamız:

$$\Delta W = 0,414 - 0,4 = 0,014\ m^3$$

1.6-Másele. Ishki diametri d=0,3m hám uzınlıǵı L=2 km germetik vodovotdaǵı duz qaldıǵınıń ortasha qalıńlıǵın δ_{otl} anıqlań?

$\Delta W = 0,05\ m^3$ muǵdarın shıǵarıwda vodovodtaǵı basımnıń páseyiw shaması

$\Delta P = 1{\cdot}10^6\,Pa$. Duz qaldıǵı menen kómiliw vodovodtıń diametri hám uzınlıǵı boyınsha teńdey bólistirilgen

Sheshimi: Duz qaldıǵın esapqa alıp vodovodtaǵı suw kólemin anıqlaymız:

$$W = \frac{\Delta W}{\beta_w \cdot \Delta P}$$

$\beta_w \frac{1}{2{\cdot}10^9}$ etip qabıllaymız.

Sonda

$$W = \frac{0,05 \cdot 2 \cdot 10^9}{1 \cdot 10^6} = 100 m^3$$

Vodovodtıń ishki ortasha diametri duz qaldıǵın esapqa alıp

$$d_{otl}=\sqrt{\frac{4W}{\pi\cdot l}}=\sqrt{\frac{4\cdot 100}{3,14\cdot 2000}}=0,252m$$

Duz qalıńlıǵınıń ortasha qalıńlıǵı:

$$d_{otl}=\frac{d-d_{otl}}{2}=\frac{0,3-0,252}{2}=0,024m=24mm$$

1.7-Másele. Suwdı t_1=7°C dan t_2=97°C ǵa shekem qızdırǵanda, onıń tıǵızlıǵınıń ózgeriwin anıqlań?

Sheshimi: Suwdıń temperaturalıq keńeyiw koefficientin $\beta_t=400\cdot 10^{-6}{}^{\,0}C^{-1}$ (A.D. Altshul. Gidravlika tabl. №4. Str.7). Suwdı t_1=7°C dan t_2=97°C ǵa shekem qızdırǵanda onıń kólemi ΔW ge ózgeredi. (5) formuladan tómendegini tabamız:

$$\Delta W/W=\beta_t\cdot\Delta t$$

Suwdıń tıǵızlıǵı $\rho=M/W$. Suwdıń massası ózgermeydi dep esapqa alıp tómendegini tabamız:

$$\frac{\rho_{t2}}{\rho_{t1}}=\frac{W_1}{W_1\left(1+\Delta W/\Delta W\right)}=\frac{1}{1+\Delta W/W_1}=\frac{1}{1+\beta_t\cdot\Delta t}=\frac{1}{1+0,0004\cdot 90}=0,964$$

Tákirarlaw ushın sorawlar.

1. Gidravlika pánine túsinik, onda neler úyreniledi?
2. Gidravlika páninen neshinshi ásirlerde óziniń tolıq rawajlanıw jolına tústi?
3. Gidravlika pániniń tiykarın salıwshı ilimpazlar kimler?
4. Házirgi waqıttaǵı gidravlika nelerden quralǵan.
5. Suyıqlıqtıń tiykarǵı fizikalıq qásiyetleri dep nege aytıladı?
6. Ideal suyıqlıq dep nege túsiniledi?
7. Suyıqlıqtıń tıǵızlıǵı menen salıstırma salmaǵı arasında qanday baylanıs bar?
8. Suyıqlıqtıń tıǵızlıǵı hám ólshem birligi qalay anıqlanadı?

9. Suyıqlıqtıń kólemge qısılıw koefficienti degen ne? Onıń kólemi serpellilik moduli menen qanday baylanısı bar?
10. Jabısqaqlıq degen ne?
11. Suyıqlıqtıń dinamikalıq hám kinematikalıq jabısqaqlıǵı degenimiz ne?
12. Suyıqlıqtıń jabısqaqlıǵı haqqında Nyuton gipotezası neden turadı?
13. Suyıqlıqtıń dinamikalıq hám kinematikalıq jabısqaqlıǵı arasında qanday baylanıs bar?
14. SI diziminde dinamikalıq jabısqaqlıq qanday birlikte ólshenedi.
15. Suwdıń jabısqaqlıǵı hám tıǵızlıǵınıń t=20°C daǵı shamasın aytıń?
16. Suwdıń kinematikalıq jabısqaqlıǵı temperaturaǵa baylanıslı kimniń formulası menen anıqlanadı?

Ekinshi bap. GIDROSTATIKA

2.1. Gidrostatikalıq basım hám onıń qásiyetleri.

Gidrostatika bólimi tınısh halatındağı suyıqlıqtıń teń salmaqlıq nızamlıqların hám oğan batırılğan qattı denege ıdıs diywallarına tásirin úyrenedi.

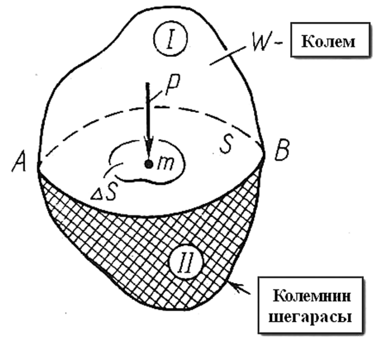
Tınısh halatındağı suyıqlıqqa eki kategoriyadağı ishki kúshler tásir etedi: massalıq hám suyıqlıqtıń ústinen tásir etiwshi kúshler. Massalıq kúshlerge suyıqlıq massasına proporcional bolğan kúshler kiredi (awırlıq kúshi, enerciya kúshi).

Ústinen tásir etiwshi kúshlerge qálegen suyıqlıq kóleminiń shegaralıq betine taralıp, tásir etiwshi kúshler (basım kúshi, oraydan qashiwshi kush).

Suyıqlıqtıń hár bir tochkasında ishki kúshlerdiń tásirinde onıń kernewlilik jağdayın sıpatlaytuğın ishki kúshler payda boladı. Suyıqlıq betine qoyılğan kúshtiń tásirinen suyıqlıqtıń barlıq bóleksheleri joqarıda jaylasqan bólekshelerdiń awırlıq kúshi menen ishki kúshler tásirin ózine qabıllaydı. Bul kúshlerdiń tásiri suyıqlıqtıń ishki kernewin keltirip shığaradı hám ol gidrostatikalıq basım dep ataladı. ΔP kúshtiń ΔW elementar maydanshağa qatınası usı maydanshağa tásir etip atırğan ortasha gidrostatikalıq basımdı beredi:

$$\Delta P / \Delta W = P \qquad (2.1)$$

Bunı túsindiriw ushın 2.1-súwretti kórip shığamız. Bul súwrette suwdıń qálegen bir kólemi tınısh halatta turıptı dep paraz etemiz. Berilgen massanıń kólemin qandayda bir tegislik penen shamalap kesemiz hám eki bólekke bólemiz M_1 hám M_2. Bir bólegin alıp taslaymız, mısalı oń jaqtağısın. Shep tárepte qalğan suyıqlıq massasınıń M_1 bóleginiń teń salmaqlığın saqlaw ushın oğan alınıp taslanğan massa M_2 ge ekvivalent bolıp tásir ete alatuğın kúsh qoyıwımız kerek. Bul



2.1-suwret. Tınısh halatındağı suyıqlıqtıń kólemi.

kúsh kesilgen maydanğa ω taralıp tásir etiwi kerek. Maydanda tańlap alınğan A tochkasına usı kúshtiń tásir etiwindegi $\Delta P/\Delta\omega$ qatnası A tochkadağı kernewdiń qısılıwın kórsetedi.

P – suyıqlıqtıń I - bóleginen, II – bólegindegi S maydanğa tásir etiwshi kúsh.

Gidrostatikalıq basım tınısh halatındağı suyıqlıq ishinde jaylasqan hár qanday tochkanıń qısılıw kernewliligin sıpatlaydı (2.1-súwret).

$$P = \lim\left(\frac{\Delta P}{\Delta w}\right)\cdot \Delta w \to 0\,, \qquad (2.2)$$

bul jerde ΔP – suyıqlıqtıń qaralıp atırğan tochkadağı $\Delta\omega$ maydanına tásir etiwshi basım kúshi.

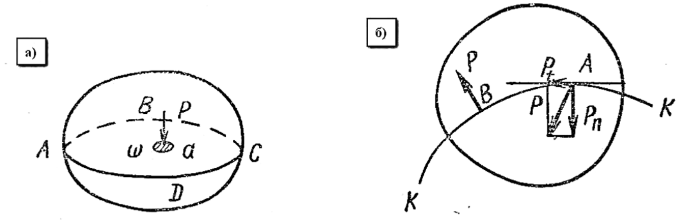
Berilgen tochkadağı gidrostatikalıq basım barlıq waqıtta tásir etiwshi maydanshağa perpendikulyar tásir etedi.

Gidrostatikalıq basım eki tiykarğı qásiyetke iye:

1. Gidrostatikalıq basım suyıqlıqtıń qálegen tochkasındağı maydanshağa normal boyınsha tásir etedi hám bul basım tásir etip atırğan suw kóleminiń ishine qarap jónelgen boladı.

2. Berilgen tochkadağı gidrostatikalıq basımnıń muğdar shaması barlıq bağdar boyınsha birdey ta’sir etedi.

1-qásiyeti. Gidrostatikalıq basım barlıq waqıtta ishki normal boyınsha maydanğa qarap bağdarlanıp, usı boyınsha tásir etedi. Bul qásiyeti keri jağdaydan keltirip shığarıladı.



2-2 Suwret. a) Gidrostatikalıq basımdı túsindiriw sxeması;
b) Gidrostatikalıq basımnıń birinshi qásiyetin túsindiriw sxeması;

Tınıshlıq halatındaǵı suyıqlıqtıń qanday da bir kólemin qaraymız, onıń ishki betinen KK tegisligi ótkerilgen (2.2-súwret). Bul tegislikten qálegen A tochkasın alamız. A tochkasındaǵı gidrostatikalıq basım normal baǵıtlanbaǵan, al tegislikke múyesh jasap tásir etedi dep paraz etemiz. Bul jaǵdayda gidrostatikalıq basım R nı eki qarawshıdan turadı dep qaraymız: KK tegisliginen normal tásir etiwshi R_n hám urınba tásir etiwshi R_t boladı. Egerde, gidrostatikalıq basımnıń urınba qurawshısı R_t bar bolsa, onda suyıqlıqtıń bóleksheleri teńsalmaqlılıq halatınan shıgadı hám suyıqlıq tınıshlıq halatında bolmaydı. Sonlıqtan urınba qurawshı R_t nólge teń bolıwı kerek, al gidrostatikalıq basım bolsa tegislikke perpendikulyar baǵıtlanǵan boladı.

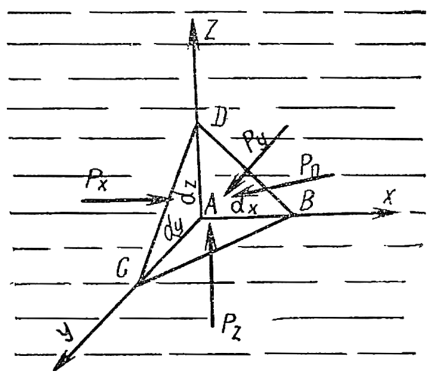
Gidrostatikalıq basım barlıq waqıtta ishki normal boyınsha baǵıtlanadı. Egerde ol 2.2- súwrettegi V tochkasında kórsetilgendey sırtqı normal boyınsha baǵıtlansa, onda suyıqlıq soziwshı kernewge qarsılıq kórsetpeydi, al onıń bóleksheleri háreketke keliwi kerek boladı, bul suyıqlıqtıń tınıshlıq halatındaǵı jaǵdayına qarsı keledi. Solay etip gidrostatik basımnıń birinshi qásiyeti – basımnıń maydanǵa tásiri normal sızıq boyınsha ishki tárepke baǵdarlanǵan boladı.

2-qásiyeti. Berilgen tochkadaǵı gidrostatikalıq basım baǵıtqa baylanıslı bolmawı, yani barlıq baǵdar boyınsha birdey boladı:

$$P_x = P_u = P_z = P_n \qquad (2.3)$$

Bul jerde P_x, P_u, P_z, P_n – koordinata kósherleriniń baǵıtı boyınsha berilgen tochkadaǵı gidrostatikalıq basımlar, al R_n – bulda qálegen baǵıt boyınsha basım.

Bul jaǵdaydı sheshiw ushın suyıqlıq massası ishinen tetraedr formasında teńsalmaqlılıq halatındaǵı kólemdi tańlap alamız (2.3-súwret), onı qatqan dep hám teńsalmaqlıq halatın buzbaydı dep esaplaymız. Sonda massa dm qattı dene esaplanadı, sonlıqtan olar ushın statikanıń teńlemelerinen paydalanamız. Atap aytqanda, kúshlerdiń proekciya teńlemelerin hám moment teńlemelerin $\sum F_x = 0$ jazamız:



2.3-Suwret. Gidrostatikalıq basımnıń ekinshi qasiyetin dalillew sxeması

$$\left.\begin{array}{ll} \sum F_x = 0; & \sum M_x = 0; \\ \sum F_u = 0; & \sum M_u = 0; \\ \sum F_z = 0; & \sum M_z = 0; \end{array}\right\} \qquad (2.4)$$

Elementar tetraedrdı bir tochkaǵa keltirip, oǵan tásir etip atırǵan kúshlerdi sistemalastırıp tekte bir tochkadan ótedi deymiz, sonlıqtan bunday sistemanıń moment teńlemeleri uqsaslıq penen qanaatlandırıladı, sonlıqtan kúshlerdiń úsh proekciya teńlemesi qaladı. Birinshi teńlemeni jazamız.

Qaralıp atırǵan tetraedrǵa tórt betlik kúshler (tetraedrdiń tórt qaptalı) hár bir tuwrı keletuǵın qaptalǵa normal baǵıtlanǵan dP_n hám kólemlik kúsh 0/F tásir etedi.

Tetraedr sol jaǵdayda tınıshlıq halatında boladı, egerde koordinata kósherlerine tásir etip atırǵan barlıq kúshlerdiń proekciyası nólge teń bolsa. Dáslep tásir etiwshi kúshlerdi X kósherine proekciyalaymız.

$$dP_x \text{ - } dP_n \cos(NOX) + dF \cos\alpha = 0 \qquad (2.5)$$

bul jerde $$dP_x = P_x \frac{dy \cdot dz}{2}$$

$$dP_n\,cos(N_1\,OX) = P_n\,d\omega\;\; cos(N_1\,OX) = P_n\frac{dy\cdot dz}{2}$$

bul jerde dω·cosα – dω maydanınıń OX kósherine perpendikulyar bolǵan tegislikke proekciyasın kórsetedi. Kólemli kúsh dF = dm j, bul jerde dm – tetraedrdiń massası: $dm = \frac{1}{6}\rho\;\; dx\; dy\; dz$, al *j* usı kúsh arqalı berilgen tezleniw

Sonda *dF cosα = dmj·cosα = dm·X*

Bul jerde mınanday belgiden paydalanamız: *j cosα β=X; jcos γ =U; jcos=Z*, bul jerde *X, U, Z* –ishki kólemlik kúshlerdiń tezleniwiniń proekciyaları.

Bulardı (2.5) teńlemedegi tiyisli orınlarına qoyıp tómendegi teńlemeni jazamız.

$$P_x = \frac{dy\cdot dz}{2} - P_n\frac{dy\cdot dz}{2} + \frac{1}{6}\;\rho\; dx\; dy\; dzX = 0 \qquad (2.6)$$

Teńlemeni $\frac{1}{2}\rho\;\; du\; dz$ ke qısqartıp, tabamız

$$P_x - P_n + \frac{1}{3}\rho\, dx\cdot X = 0 \qquad (2.7)$$

Bul teńlemedegi úshinshi qosındını júdá kishkene mániske iye bolǵanı ushın taslap ketip, tómendegishe jazamız:

$$P_x - P_n\;\; = 0 \qquad (2.8)$$

Usınday jol menen qalǵan kósherlerge de teńlemeler dúzip tómendegini jazamız:

$P_u - P_n = 0$ hám $P_z - P_n = 0$ hám aqırında,

$$P_x = P_u = P_z = P_n \qquad (2.9)$$

Iye bolamız. Solay etip gidrostatikanıń tiykarǵı teoreması sheshildi.

Solay etip, tınıshlıq halatındaǵı suyıqlıqtıń massasında berilgen tochkadaǵı gidrostatikalıq basım qálegen baǵıt boyınsha birdey boladı, al biraq keńisliktiń hár túrli aralıqtaǵı tochkasında birdey emes, yaǵnıy R koordinata funkciyası esaplanadı: *R= f (x, y, z)*

2.2. Gidrostatikanıń tiykarǵı teńlemesi

Suyıqlıqlardıń tınısh halatındaǵı nızamlıqların úyrengendegi tiykarǵı maqset – suyıqlıqtıń tereńligi boyınsha qálegen tochkalardaǵı gidrostatikalıq basımdı uyreniwdi anıqlawdan ibarat. Gidrostatikalıq basım tınısh halatındaǵı suyıqlıqtıń túrli tochkalarında hár túrli boladı. Gidrostatikalıq basım waqıtqa baylanıslı emes, ol tekte koordinatalarǵa baylanıslı boladı:

$$P = f\,(x,\, y,\, z) \qquad (2.10)$$

Tınısh halatdaǵı suyıqlıqtıń differencial teńlemesin keltirip shıǵarıw ushın tómendegishe anıqlama júrgiziw lazım (2-4 suwret):

a) suyıqlıqtan bólinip alınǵan qandayda bir dene kólemine tásir etiwshi barlıq kúshlerdi anıqlaymız;

b) barlıq kúshlerdiń OX kósherine proekciyaların alamız hám olardıń qosındısın nolge teńlestiremiz, nátiyjede birinshi differencial teńlemesin alamız;

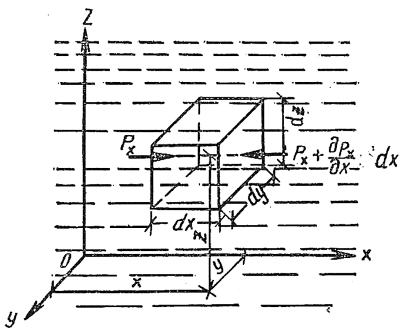
v) ekinshi hám úshinshi differencial teńlemesin alıw ushın barlıq kúshlerdi OU hám OZ kósherine proekciyalaymız.

Anıqlanǵan úsh differencial teńlemelrdiń aqırǵı kórinisi tómendegishe jazıladı:

$$\begin{aligned} -\frac{\partial p}{\partial x} + \rho x = 0 \\ -\frac{\partial p}{\partial y} + \rho y = 0 \\ -\frac{\partial p}{\partial z} + \rho z = 0 \end{aligned} \qquad (2.11)$$

Bul sistema Eylerdiń suyıqlıqtıń teńsalmaqlıq differencial teńlemeler sisteması dep ataladı.

Gidrostatikalıq basımnıń tiykarǵı differencial teńlemesi tómendegi formada jazıladı:



2.4 Suwret. Suyıqlıqtıń teńsalmaqlılıq teńlemesin keltirip shıǵarıw sxeması.

$$dp = \rho\,(Xdx + Ydy + Zdz) \qquad (2.12)$$

Qaralıp atırǵan jaǵday ushın kólem kúshi tartılıw kúshi esaplanılıp kólem kúshiniń tolıq tezleniwi erkin túsiw tezleniwine teń boladı $g = 9{,}81\ m/s^2$. Koordinata kósheri OZ joqarıǵa vertikal baǵdarlansa, onda tartılıw kúshi tezleniwi proekciyalarınıń shaması tómendegishe jazıladı:

$$X = 0; \quad U = 0 \quad \text{hám} \quad Z = -g$$

Bul shamalardı (2.12) formulaǵa qoyıp tómendegini tabamız:

$$\mathrm{dp} = -\rho g\, dz \qquad (2.13)$$

yamasa
$$\frac{dp}{\rho g} = -\, dz\ ;$$

bul teńlemeni integrallap jazamız:

$$\frac{p}{\rho g} + z = C = const \qquad (2.14)$$

Shegaralıq xalatlar boyınsha turaqlı integral sanınıń shamasın tabamız (suyıqlıqtıń erkin beti ushın: $r = r_o$ hám $Z = Z_0$):

$$S = \frac{\rho_0}{\rho g} + Z_0 \qquad (2.15)$$

Bunnan
$$\frac{p}{\rho g} + z = \frac{\rho_0}{\rho g} + Z_0 = const \qquad (2.16)$$

Bul teńleme gidrostatikanıń tiykarǵı teńlemesi dep ataladı. Bul teńlemeni basqasha túrde jazıwǵa boladı:

$$\rho = \rho_0 + \rho g\left(Z_0 - Z\right) = \rho_0 + \gamma h \qquad (2.17)$$

Bul jerde ρg suyıqlıq massasınıń kólemge qatnasın kóteredi (γ). Z_0-Z (UOX) tegisligi ústinde ornalasqan tochkanıń biyiklik koordinatasın kórsetedi.

h tiń shaması suyıqlıqtıń erkin betinen berilgen tochkanıń batqan tereńligin kórsetedi.

(2.15) teńlemeni qollanıp, gidravlikanıń kóp máselelerin shesheiwge boladı. Bul kórinistegi gidrostatikanıń tiykarǵı teńlemesinen kórinip turǵanınday suyıqlıq betindegi basımnıń azıraq shamaǵa ΔR_0 ózgeriw jaǵdayı suyıqlıqtıń barlıq tochkasındaǵı basımnıń usınday shamada ózgeriwine alıp keledi (bul Paskal nızamı dep ataladı).

Paskal nızamına tiykarlanıp, tınısh halatındaǵı suyıqlıq betiniń qálegen tochkasındaǵı teńsalmaqlıq halatın buzbastan basımnıń ózgeriwi suyıqlıqtıń barlıq tochkalarına ózgerissiz beriledi. Buǵan tiykarlanıp gidravlikalıq press oylap tabılǵan.

Tutasqan ıdıslar nızamı. Tutasqan ıdıslardaǵı suyıqlıqlardıń teńsalmaqlılıq halatın tekseriw ushın (2.5-súwret) gidrostatikanıń tiykarǵı teńlemesi qollanıladı.

Tutasqan ıdıslar I hám II jabıq bolıp hár qıylı bir-birine aralaspaǵan suyıqlıqlar menen toltırılǵan bolıwı múmkin hám olardaǵı suyıqlıqlardıń betine tásir etiwshi basımlar P_{01} hám P_{02} boladı.

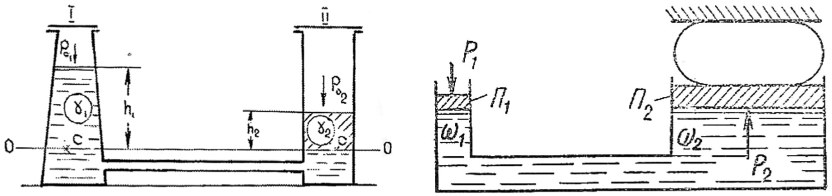
2.5-súwrette kórsetilgen «C» tochkasındaǵı basım:

- birinshi ıdısta P_{01}- $P_{01} + \gamma_1 h_1$
- ekinshi ıdısta $P_{02} = P_{02} + \gamma_2 h_2$

Bunda tochka «C» teńdey basım tegisligi dep atalıwshı 0-0 gorizontal tegisliginde jatadı, sonlıqtan: $P_{01} + \gamma_1 h_1 = P_{02} + \gamma_2 h_2$

$$\text{Yamasa}\quad P_{01} + P_{02} = \gamma_2 h_2 - \gamma_1 h_1 \qquad (2.18)$$

(2.16) teńleme hár qıylı maselelerdi sheshiyde qollanıladı.



a) b)

2.5 Suwret. a) Tutas ıdıslar nızamın túsindiriw sxeması
b) Gidravlikalıq presstıń sxeması

1-jaǵday: Idıslarǵa birdey suyıqlıq quyılǵan, olardıń betlerine birdey basım kúshi tásir etedi. Bul jaǵdayda $\gamma_1 = \gamma_2$ hám $P_{01} = P_{02}$ teń, sonda $h_1 = h_2$ boladı.

2-jaǵday: Idıslarǵa birdey suyıqlıq quyılǵan, biraq olardıń betine tásir etiwshi basım hár qıylı. Salıstırma salmaqları $\gamma_1 = \gamma_2 = \gamma$ teńdey bolǵanlıqtan,

$$\Delta P = P_{01} - P_{02} = \gamma(h_2 - h_1) \text{ boladı.}$$

3-jaǵday: Idıslarǵa hár qıylı aralaspaytuǵın suyıqlıqlar quyılǵan, biraq olardıń betine tásir etiwshi basım birdey, yaǵnıy $R_{01} = R_{02}$ bolsa, onda teńleme tómendegishe jazıladı:

$$\gamma_1 h_1 = \gamma_2 h_2$$

sonlıqtan: $h_1 / h_2 = \gamma_2 / \gamma_1$ boladı.

Tutasqan ıdıslardıń islew principine tiykarlanıp suw ólshewshi qurılmalar (1-jaǵday), basımdı ólshew ushın ásbaplar (2-jaǵday) hám suyıqlıqtıń salıstırma salmaǵın anıqlaw (3-jaǵday) islep shıǵılǵan.

2.3. Absolyut hám monometriyalıq basımlar. Vakuum.

Basımdı ólshegende, basqa qálegen fizikalıq shamalardaǵıday dáslepki esap alıwdı neden baslaw kerek ekenligin kelisip alıw talap etiledi. Basımdı ólsheytuǵın priborlarǵa bolǵan konstruktivlik hám fizikalıq talaplarǵa muwapıq nol etip atmosferalıq basım P_0 eń qolaylı shama dep qabıl etilgen. Eger basım atmosferalıq basımnan kóp bolsa, onda pribor monometriyalıq yamasa aralıq basımnıń shamasın kórsetedi:

$$P_{mon} = P - P_a \qquad (2.19)$$

Bul jerde P – nulevoy basımnan esaplanılǵan absolyut basım.

Egerde ólshenilgen basım atmosferalıqtan kishi bolsa, pribor vakuummetriyalıq basımdı, yamasa ápiwayı vakuumdı kórsetedi (2-6-súwret).

$$P_{vak} = P_a - P \qquad (2.20)$$

Gidrostatikanıń teńlemesin (2.15) qollanıp tómendegishe tabamız:

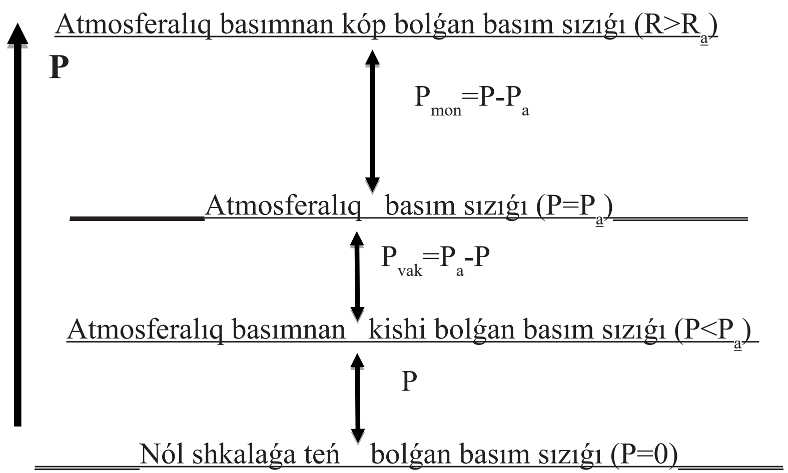
$$P = P_a + \rho g h$$

Bunnan

$$P - P_a = \rho g h$$

(2.17) formulanı esapqa alıp

$$P_{mon} = \rho g h \qquad (2.21)$$



2.6-súwret. Monometriyalıq (awısıq) basımǵa hám vakuumǵa túsinik beriw sxeması.

Bul jerde ρ – ólshenip atırǵan suyıqlıqtıń tıǵızlıǵı. Solay etip, pribordıń kórsetiwi monometriyalıq basımǵa proporcional boladı:

1 mm suw baǵanası. 9,8 Pa basımǵa durıs keledi. Bunı formula (2.18) ǵa durıs keletugın shamalardı qoyıp tabamız:

1mm suw baǵanası. =1000 9,8 0,001 =9,8 Pa

Sınap penen toltırılǵan monometrler ushın:

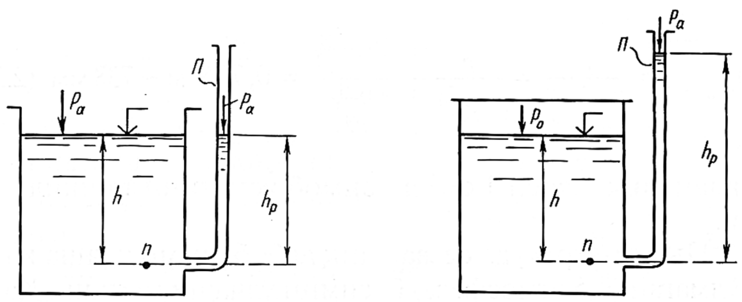
1mm sınap baǵanası rt.st.= 13600 9s8 0,001 =133,3 Pa

2.4. Basımdı ólsheytuǵın ásbaplar hám olardıń tochkadaǵı basımdı kórsetiwin anıqlaw.

Basımdı ólsheytuǵın barlıq priborlar eki tiykarǵı gruppaǵa bólinedi: suyıqlıq (suw hám sınap) penen isleytuǵın ásbaplar hám mexanikalıq ásbaplar.

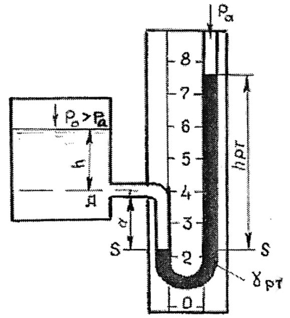
Suyıqlıq penen isleytugın ásbaplarǵa pezometrler (2.7-súwret), U – túrindegi monometrler (2.8-súwret) hám vakuummetrler (2.9-súwret), sınap – chashkalı monometrler (2.10-súwret), differencial monometrler (2.11-súwret).

Suyıqlıq penen isleytugın ásbaplardıń tiykarǵı bólegi diametri 10 mm den 20mm ge shekemgi shiyshe trubka bolıp esaplanılıp, suyıqlıq qáddiniń otmetkası boyınsha basımdı ólshew júrgiziledi. Trubkadaǵı suyıqlıq ıdıstaǵı menen birdey yamasa sınap, spirt hám t.b. bolıwı múmkin.

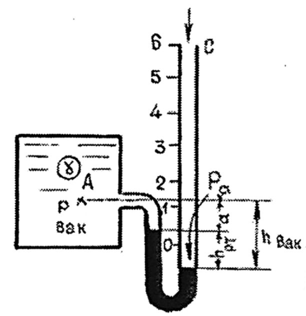


a) b)

2.7 – Suwret. Pezometrler. a) Idıs ashıq halatta (h_p=h); (p=γh).
b) Idıs jabıq halatta ($P_0>P_a$); ($P_m=P_a+\gamma h$); ($h_p=(P_m-Pa)/\gamma$).



2.8 – Suwret. U túrindegi sınaplı monometr.



2.9 –Suwret. U túrindegi sınaplı vakuummetr.

Egerde ólshewshi ásbaptaǵı suyıqlıq ıdıs ishindegi suyıqlıq penen birdey bolsa, onda basımdı ólshegende pezometriyalıq h_r yamasa vakuummetriyalıq h_{vak} biyiklikti anıqlaw kerek boladı.

h_r – ashıq pezometrdegi suyıqlıq stolbasınıń biyikligi yamasa U – túrindegi monometrde bolsa qaralıp atırǵan tochkanıń ústindegi biyiklik bolıp esaplanadı. Pezometriyalıq biyiklik monometriyalıq basımdı ańlatadı:

$$P_m = \gamma h_r$$

Egerde tochkadaǵı absolyut basım R_a belgili bolsa, onda h_r tómendegi formula menen anıqlanadı:

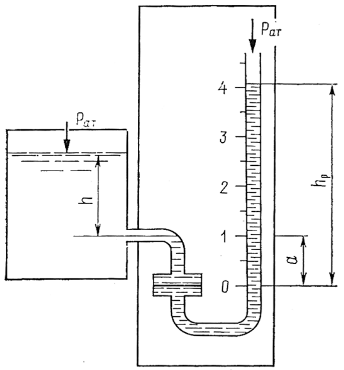
$$h_r \frac{P_A - P_a}{\gamma} \tag{2.22}$$

bul formuladan h_r nıń shaması belgili bolǵanlıqtan A tochkasındaǵı basım R_a ańsat anıqlanadı. Tınısh basımnıń shaması pezometr tárepten yamasa ıdıs tárepten anıqlanǵanda da birdey boladı:

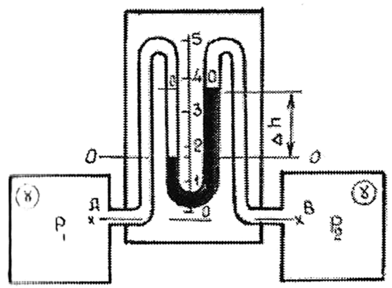
$$P_a + \gamma h_r = P_0 + \gamma h \tag{2. 23}$$

Bunnan pezometriyalıq biyiklikti anıqlaw ushın formulanı jazıwǵa boladı:

$$h_r = \frac{P_a - P_0}{\gamma} + h \tag{2.24}$$



2.10 – Suwret. Sınap, shashkalı monometr.



2.11 – Suwret. Differencial monometr.

Ashıq ıdıslarda qashan $P_0 = P_a$ bolsa, onda $h_r = h$ qa teń boladı.

Egerde qaralıp atırǵan tochkadaǵı absolyut basım atmosferalıq basımnan kishi bolsa, onda bul tochkada vakuum yamasa vakuummetriyalıq basım P_{vak} ólshenedi hám ol vakkummetriyalıq biyiklikti ańlatadı:

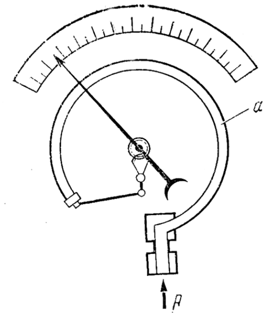
$$P_{vak} = \gamma h_{vak} \tag{2.25}$$

bul jerde h_{vak} – bul U túrindegi vakuummetrde ólshenip atırǵan tochkanıń basımınıń hám suyıqlıqtıń erkin betiniń otmetkalarınıń ayırması boyınsha anıqlanadı (2.11-súwret).

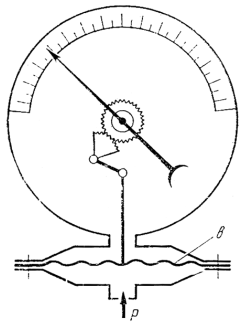
Differencial monometrler (2.8-súwret) eki tochkadaǵı basımnıń ayırmasın ólshew ushın qollanıladı. Kópshilik jaǵdaylarda sınaplı differencial monometrler qollanıladı. Basımnıń ayırması tómendegi formula menen anıqlanadı:

$$\Delta P = P_1 - P_2 = \Delta h\ (\gamma_{rt} - \gamma) \tag{2.26}$$

bul jerde: γ_{rt} – sınaptıń salıstırma salmaǵı; γ – basım ólshenip atırǵan ıdıstaǵı suyıqlıqtıń salıstırma salmaǵı; Δh – differencial monometrdegi suyıqlıq qáddi otmetkasınıń ayırması.



2.12 – Suwret. Prujinalı monometr.



2.13 – Suwret. Menbranlı monometr.

Mexanikalıq ásbaplarǵa prujinalı (2.12-súwret) hám membranlı (2.13-súwret) monometrler taǵıda monovakuummetrler kiredi.

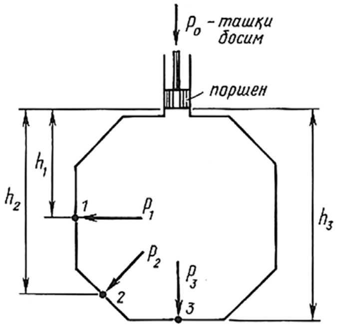
Monometriyalıq basım yamasa vakuum mexanikalıq ásbaplar járdeminde olardıń shkalalarınıń kórsetiwi boyınsha ólshenedi.

2.5. Suyıqlıqlarda basımnıń uzatılıwı. Paskal nızamı.

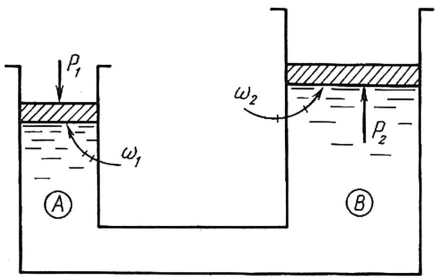
Gidrostatikanıń tiykarǵı teńlemesinen málim bolǵanınday, tınısh jaǵdaydaǵı suyıqlıqtıń qálegen tochkasındaǵı gidrostatikalıq basım eki halatqa baylanıslı: suyıqlıq betine tásir etiwshi sırtqı R_0 basım (ıdıs ashıq bolsa sırtqı basım atmosfera basımına R_a tıń boladı); usı suyıqlıq ishindegi qálegen tochkanıń suw betine salıstırıp jaylasqan h tereńligine baylanıslı boladı (2-14-suwret). Eger de usı ıdıstaǵı suyıqlıq ishinde qálegen h_1, h_2.... hám taǵıda tereńliklerde bir neshe 1, 2,3....n tochka alsaq hám bul tochkalar ushın gidrostatikanıń tiykarǵı teńlemesine muwapıq, absolyut gidrostatikalıq basım formulaların jazsaq, ol jaǵdayda

$$\left.\begin{aligned} p_1 &= p_0 + \gamma h_1 \\ p_2 &= p_0 + \gamma h_2 \\ p_3 &= p_0 + \gamma h_3 \end{aligned}\right\} \tag{2.27}$$

Qalegen tochkalarǵa tásir etip atırǵan basımnıń shaması, tek te usı tochkalar jaylasqan h tereńlikke baylanıslı boladı eken, suyıqlıq betine



2.14-suwret. Barlıq tárepi bekitilgen ıdıs sxeması.



2.15-suwret. Tútas ıdıstaǵı suyıqlıqtıń basım kúshiniń porsheńga tásirin anıqlaw xeması.

tásir etiwshi sırtqı R_0 basım bolsa, barlıq 1,2,3…. Tochkalar ushın ózgermes boladı eken, yaǵnıy R_0=sonst. Bular (2.25) teńlemeden kórinip turıptı. Bunnan suyıqlıq betine qoyılǵan sırtqı R_0 basım sol suyıqlıq ishindegi qálegen tochkalarǵa birdey tásir etedi, yaǵnıy sırtqı basımnıń suyıqlıq ishinde jaylasqan qálegen tochkalarǵa (hámde qálegen tegislikke) birdey tásir etiwin B.Paskal anıqlaǵan hám ol B.Paskal nızamı dep ataladı.

Mısalı R basım kúshiniń suyıqlıq arqalı ıdıstıń diywalına tásiri, sol diywaldıń maydanına tuwrıproportsional ekenin dalillew ushın tutas ıdıs alamız (2.15-súwret). Ol ıdıslardıń kese kesim maydanları hár túrli, olardan A ıdıstıń kese kesim maydanı ω_1 kishi, al V ıdıstıń maydanı ω_2 bolsa úlken. Eger porshen járdeminde A ıdıstaǵı suw betine R_1 basım kúshin qoysaq, bul jerde porshen túbindegi suw betine tásir etip atırǵan basım

$$p_0 = \frac{p_1}{\omega_1} \tag{2.28}$$

boladı. B.Paskal nızamına muwapıq R_0 basım V ıdıs ishindegi porshenniń birlik maydanına da sonday tásir etedi. Bunnan R_2 basım kúshi V ıdıstaǵı porsheńga tásiri tómendegishe jazıladı:

$$p_2 = p_0\omega_2, \text{ yamasa } p_2 = p_1\frac{\omega_2}{\omega_1} \tag{2.29}$$

(2.27) teńlemeden kqrinip turǵanınday, V ıdıstaǵı ω_2 hám A ıdıstaǵı ω_1 suyıqlıq tásir etip atırǵan maydanlar qatınası ω_2 / ω_1 qansha úlken bolsa, R_2 kúsh R_1 ge salıstırıp sonshelli úlken boladı.

Mısalı, eger $\omega_1 = 5\cdot10^{-4}m^2$; $\omega_2 = 50\cdot10^{-4}m^2$ hám R_1=100 N bolsa, ol jaǵdayda

$$p_2 = p_1\frac{\omega_2}{\omega_1} = 100\frac{50{\cdot}10-4}{5{\cdot}10-4} = 10^3\,\text{H}$$

Usınday bolıwına qaramastan basım eki porshen maydanınıń birlik betlerine birdey kúsh penen tásir etedi:

$$P_{01} = \frac{R_1}{\omega_1} = \frac{100}{5\cdot10^{-4}} = 2\cdot10^5\,Pa$$

$$P_{01} = \frac{R_2}{\omega_2} = \frac{1000}{50\cdot10^{-4}} = 2\cdot10^5\,Pa$$

2.6. Suyıqlıq basım kúshiniń tegis diywal betine tásirin anıqlaw.

Qalegen tochkadaǵı gidrostatik basımdı bilgen jaǵdayda basım kúshin yamasa onıń teń tásir etiwshisin (qandayda bir diywalǵa salıstırıp) anıqlaw ańsat. Suyıqlıqtıń qandayda bir betke basım kúshin anıqlaw máselen, gidrotexnikalıq soorujenielerdi, suwdı irkip turıwshı dárwazalardı, suw háwizlerin hám basqalardı gidravlikalıq esaplawda, olardıń bekkemligin anıqlawda úlken ámeliy áhmiyetke iye. Suyıqlıqtıń gidrostatikalıq basım kúshin anıqlawda, ádep, ápiwayı jaǵdaylardı qarap shıǵamız, mısalı, basım kúshleriniń tegis diywalǵa tásirin, keyinirek, quramalı jaǵdaylardı, yaǵnıy gidrostatik basım kúshiniń iymek betleri diywallarǵa tásirin qarap shıǵamız.

Qálegen túrdegi tegis betli diywalǵa suyıqlıqtıń basım kúshin anıqlaymız. Bunday jaǵday ushın suyıqlıqtıń basım kúshi teńlemesi anıqlanǵannan keyin suw betine qoyılǵan basımnıń tásirin qosıp úyrenemiz. Onıń ushın *OZ* kósherin tegis diywaldıń baǵıtı boyınsha alamız, ol gorizontal tegislikke salıstırǵanda α múyeshti quraydı (2.16-súwret). Bul diywal bir tamannan tereńligi *h* bolǵan suyıqlıqtı uslap turıptı. Usı *OZ* kósheri jaylasqan qálegen *MN* tegislikte ω maydanın belgileymiz. Diywaldıń *MN* tegisligindegi ω maydanına tásir etetuǵın suyıqlıqtıń R basım kúshin anıqlaymız. *MN* tegisliktegi ω maydanınıń awırlıq orayı *S* suw betinen h_s tereńlikte jaylasqan. Awırlıq orayı *S* tochkasınan *OZ* kósheri boyınsha suw qáddine shekem bolǵan aralıǵın Z_s menen belgileymiz (2.16-súwretke qarań).

Diywaldıń ajıratılǵan usı *MN* tegisligine tásir etip atırǵan basım kúshin anıqlaw ushın ondaǵı ω maydanın $\Delta\omega$ elementar maydanshalarǵa ajıratamız hám usı maydanshalarǵa tásir etip atırǵan basım kúshlerin anıqlaymız. Usı basım kúshleriniń jıyındısı berilgen *MN* tegisliktegi ω maydanshaǵa tásir etip atırǵan basım kúshin beredi. Usı MN tegisliktegi ω maydansha ishinde suw qáddinen tik boyınsha h_m tereńlikte hám tegis diywaldıń qıyalıǵı boyınsha Z_m aralıqta jaylasqan m tochkasın alamız: bul jerde h_m tereńlik Z_m ordinata menen

$h_m = Z_m \sin\alpha$ teńleme arqalı baylanısqan. Málim bolǵanınday m tochkadaǵı artıqsha gidrostatikalıq basım tómendegishe boladı:

$$\rho = \rho g h_m = \gamma h_m \tag{2.30}$$

m tochka átirapında $\Delta\omega$ elementar maydanshanı ajıratamız. Bul elementar maydansha júdá kishkentay bolǵanı ushın onıń maydan boyınsha gidrostatik basımın ózgermes dep qabıl etemiz. (2.28) formulaǵa tiykarlanıp $\Delta\omega$ elementar maydanshaǵa tásir etip atırǵan elementar ΔR basım kúshin tómendegishe anıqlaymız:

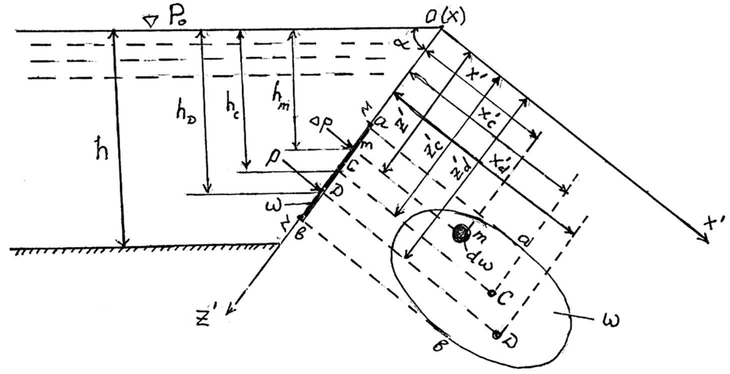
$$\Delta P = P^m \cdot \Delta\omega \tag{2.31}$$

yamasa

$$\Delta P = \rho g h_m \Delta\omega = \gamma h_m \Delta\omega \tag{2.32}$$

h_m tıń ornına onıń $h_m = Z_m \sin\alpha$ mánisin qoysaq, ol jaǵdayda

$$\Delta P = \gamma Z_m \Delta \sin\alpha \Delta\omega \tag{2.33}$$



2.16-suwret. Tegis diywal betine suyıqlıq basım kúshi jiyindısınıń tásirin anıqlaw sxeması.

MN tegislikke tásir etip atırǵan suyıqlıqtıń R basım kúshi $\Delta\omega$ elementar maydanshalarǵa tásir etip atırǵan ΔR elementar basım kúshleriniń qosındısına teń:

$$P = \Sigma \Delta P = \Sigma Z_m \gamma \sin\alpha \Delta\omega Z_m \tag{2.34}$$

γ *hám* sinα ózgermes sanlar jıyındısı Σ belgisinen sırtqa shıǵarsaq, (2.35) teńleme tómendegishe jazıladı

$$P = \gamma \sin\alpha \Sigma Z_m \Delta\omega \tag{2.36}$$

(2.33) teńlemede $\Sigma\ Z_m \Delta\omega$ - $\Delta\omega$ elementar maydanshalardı Z_m aralıqqa (OX kósherinen $\Delta\omega$ maydanshaǵa shekem bolǵan aralıq) kóbeytpeleriniń jıyındısı maydanshalarınıń statik momentin bildiredi, ol jaǵdayda *MN* tegisliktegi ω maydanshanıń onıń awırlıq orayınan OX kósherine bolǵan aralıqqa kóbeytpesi bizge statik momentti beredi, yaǵnıy:

$$\sum_0^m Z_m \Delta\omega = Z_c\omega \tag{2.37}$$

(2.34) teńlemedegi $\sum_{0}^{m} Z_m \vartriangle \omega$ di (2.33) teńlemege qoysaq:

$$P = \gamma Z_c \sin\alpha\,\omega \tag{2.38}$$

Bunnan Z_c sinα nı h_c dep alsaq, suyıqlıqtıń basım kúshin anıqlaytuǵın tiykarǵı formulanı alamız:

$$\mathrm{P} = \gamma\, h_c \omega \tag{2.39}$$

γh_c - MN tegisliktegi ω maydanshanıń S awırlıq orayına qoyılǵan artıqsha gidrostatik basım bolǵanı ushın (2.36) teńlemege tómendegishe maǵana beriw múmkin: tegis diywaldıń ω maydanına qoyılǵan suyıqlıqtıń P basım kúshi sol ω maydanınıń awırlıq orayına tásir etip atırǵan artıqsha gidrostatik basımnıń sol maydanǵa kóbeytpesine teń.

Joqarıda keltirilgen túsinik basım kúshine de tiyisli, yaǵnıy bul jaǵdayda suyıqlıq betine tásir etip atırǵan basım P_0 (yaǵnıy sırtqı basım) itibarǵa alınadı. Bul jaǵdayda tegis diywaldıń betine qoyılǵan R_m tolıq basım kúshi tómendegishe jazıladı:

$$P_m = P_0 + \gamma h_c \omega = (P_0 + \gamma h_c)\omega \tag{2.40}$$

(2.36) hám (2.37) teńlemeler járdeminde R basım kúshin hám ω, h_c lardı anıqlawda ólshew birligi dizimi SI den paydalanıw kerek.

Barlıq jaǵdayda h_c tiń shamasın tik (vertikal) boyınsha ólshew máqsetke muwapıq boladı, suw tásir etip atırǵan tegis diywaldıń gorizontal tegislikke salıstırıp qanday múyeshte jaylasıwına baylanıssız.

2.7. Gidrostatikaliq basım orayı. Basım kúshiniń qoyılıw noqatı (tochkası).

Tegis diywal betindegi basım kúshi qoyılǵan tochka basım orayı dep ataladı. Gorizontal tegislikke α múyesh jasap jaylasqan tegis diywalǵa qoyılǵan basım. Basım orayın anıqlaw ushın (2.16-súwretke qaraymız). Súwrette basım orayın D tochka menen belgilep, onıń koordinatı sol tegis diywal tegisligi boyınsha (yaǵnıy OZ kósheri boyınsha) Z_D boladı. Basım orayı suw qáddinen h_d tereńqikte jaylasqan bolıp, ol diywaldıń awırlıq orayı (S tochkadan) tómende boladı.

Basım orayınıń koordinataların anıqlaw formulasın tabıw ushın teoriyalıq mexanikada qollanılatuǵın, teń tásir etiwshi momentin paydalanamız, ol tómendegishe: «Teń tásir etiwshi kúshtiń qálegen koordinat kósheri (mısalı OX kósheri) ne salıstırıp alınǵan momenti onıń qurawshı elementar kushleriniń sol koordinat kósherine salıstırıp alınǵan momentleriniń qosındısına teń». Teń tásir etiwshi kúsh R niń OX kósherine salıstırıp alınǵan iyini (ordinatası) Z_D boladı. Tásir etiwshi ΔR elementar kúsh bolsa $\Delta\omega$ elementar maydanshaǵa tásir etedi, onıń iyni Z^1 boladı.

Teń tásir etiwshi R kúshiniń OX kósherine salıstırıp momenti

$$M_r = R\, Z_D \tag{2.41}$$

Elementar kishkene ΔR kúshiniń OX kósherine salıstırıp momenti

$$M_{\Delta r} = \Delta P \cdot Z \tag{2.42}$$

Barlıq kúshler momentleriniń qosındısı

$$\Sigma M_r = \Sigma_0^{\omega} \vartriangle PZ \tag{2.43}$$

Teń tásir etiwshi moment teoremasına tiykarlanıp (2.41) teńlemeden M_r (2.42) teńlemedegi $M_{\Delta r}$ nıń qosındısına teń

$$M_r = \sum M_{\Delta r}$$

yamasa $$R \cdot ZD = \Sigma_0^{\omega} \vartriangle PZ \tag{2.44}$$

Artıqsha basım kúshin názerde tutsaq, ol jaǵdayda (2.41) teńlemeden

$$\Delta P = \mathrm{r} \cdot \Delta\omega = \gamma h \Delta\omega = \gamma Z \sin\alpha\, \Delta\, \omega$$

hám $$\mathrm{P} = \gamma Z_s \sin\alpha \cdot \omega = \gamma h_c\, \omega$$

Momentler teńlemesi (2.32) tómendegishe kóshirip jazamız

$$\gamma h_c \omega Z_D = \sum_0^m \gamma z^2 sin\alpha \cdot \omega \qquad (2.45)$$

Yamasa ózgermes element γ hám sinα lardı qosındı belgisi Σ dan sırtqa shıǵarıp, h_c nı Z_s ge teń dep alıp, (2.35) teńlemeni tómendegishe jazamız

$$\gamma Z_s \; sin\alpha \, \omega Z_D = \gamma sin\alpha \, \Sigma_0^{\omega} \vartriangle \omega z^2 \qquad (2.46)$$

(2.46) teń

$$Z_D = \frac{\sum_0^{\omega} \vartriangle \omega z^2}{\omega z_c} \qquad (2.47)$$

Teoriyalıq mexanikadan málim bolǵanınday, bul $\sum_0^{\omega} \vartriangle \omega z^2$ shama OX kósherine salıstırıp ω maydanınıń S_x statik momentin bildiredi. Qálegen túrdegi tegis maydanshalar ushın Z_D ni esaplaw formulaları 2.1-kestede keltirilgen.

Joqarıda aytılǵandardı názerde tutqan halda (2.44) teńlemeni tómendegishe jazıw múmkin.

$$Z_D = \frac{I_x}{S_x} = \frac{J_x}{\omega Z_c} \qquad (2.48)$$

Ámelde kóbirek deneniń maydanınıń awırlıq orayına salıstırıp inerciya momentinen paydalanıladı. Eger ω maydanınıń inerciya momentin J_c arqalı belgilesek.

Eskertiw. Eger tegis diywal gorizantal tegislikke salıstırıp qandayda bir α muyesh astında jaylasqan bolsa, Y_D nıń kestede keltirilgen shamasın sinα ge bóliw kerek.

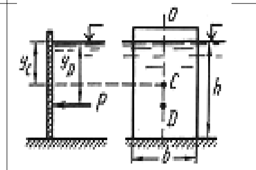
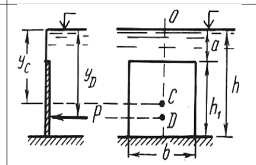
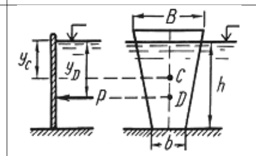
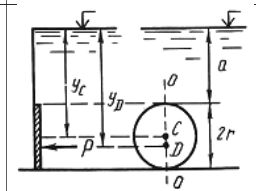
Joqarıda keltirilgen formulalardaǵı Z_D hám Z_C lar 2.1-kestede Y_D hám Y_S lar menen belgilengen.

teoriyalıq mexanikanıń parallel kósherlerge salıstırıp inerciya momenti teoremasına tiykarlanıp tómendegi teńlemeni jazıw múmkin.

$$J_x = J_c + \omega Z_c^2 \qquad (2.49)$$

2.1-keste.

Tegis diywal betindegi basım orayınıń koordinataların anıqlaw kestesi.

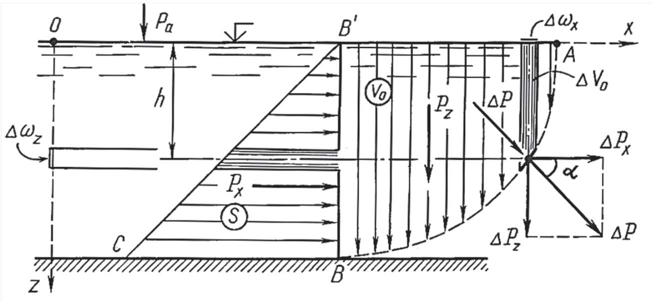
Maydanshanıń ataması	Maydanshanıń shеması	Basım orayınıń koordinatası	Awırlıq orayınıń koordinatası
Tuwrı tórtmúyesh $w = b \cdot h_1$		$y_D = \frac{2}{3} h_1$	$y_c = \frac{1}{2} h_1$
Tuwrı tórtmúyesh (kómilgen) $w = b \cdot h_1$		$y_D = a + \frac{h_1}{3} \cdot \frac{3a + 2h_1}{2a + h_1}$	$y_c = a + \frac{h_1}{2}$
Trapetsiya $y_c = a + r$		$y_D = \frac{h}{2} \cdot \frac{B + 3b}{B + 2b}$	$y_c = \frac{h_1}{3} \cdot \frac{B + 2b}{B + b}$
Sheńber (kómilgen) $w = \frac{\pi d^2}{4}$		$y_D = a + r + \frac{r^2}{4(a + r)}$	$y_c = a + r$

Bul J_x inerciya momentiniń shamasın (2.45) ke qoysaq, basım orayınıń koordinatası ushın tómendegi teńlemeni alamız.

$$Z_D = Z_s + \frac{J_x}{\omega zs}$$

Yamasa

$$Z_D = Z_s + e$$



2.17-suwret. Cilindrlik iymek diywal betine túsken suyıqlıq basım kúshin anıqlaw sxeması.

$$z_p = z_c + e$$

bul jerde e - ekscentrisitet, ol awırlıq orayı menen basım orayı arasındağı aralıq

$$e = \mathcal{I}_c / w z_c$$

bunda $\mathcal{I}_c$ – qaralıp atırǵan maydannıń awırlıq orayı C tochka arqalı ótkizilgen kósherge salıstırıp (ox kósherine parallel) inerciya momenti.

Maydannıńin erciya momentiniń ólshem birligi, m^4; statikalıq momenttiki bolsa, m^3; bul jaǵdayda basım orayı y_D koordinatasınıń ólshem birligi, m.

2.8. Suyıqlıq basım kúshiniń iymek (tegisemes) betlerge tásirin anıqlaw.

Ámelde suyıqlıqtıń gidrostatikalıq basım kúshin tekte tegis, tik hám qıya jaǵdaydaǵı diwallarǵ atásiirin úiyrenip qoymastan, suyıqlıqtıń qálegen iymek betke tásiirinde anıqlaw kerek boladı. Bul oqıwlıqta gidrotexnikalıq soorujenielerdi gidravlikalıq esaplawda kóbirek ushıraytuǵın iymek betlerden eń ápiuayısı bolǵan iymek cilindr túrindegi betlerdi qarap shıǵamız.

Basım kúshiniń koordinatalar kósherindegi vertical hám gorizontal qurawshıların anıqlap hám teoriyalıq mexanika qaǵıydalarına tiykarlanıp basım kúshiniń teń tásir etiwshisin tabamız. Ol cilindrlik betke tásir etip atırǵan kúshti beredi. Biziń qarap atırǵan jaǵdayımız

ushın cilindrlik betke tásir etiwshi basım kúshi tómendegi formulamenen anıqlanadı.

$$p = \sqrt{p_x^2 + p_z^2}$$

2.17 –Súwrette cilindrlik diwal sırtına shep tárepinen, yani joqarı beften hám oń tárepten, yani tómengi beften suyıqlıq tásir etipatır. AB cilindr betinen birkishkene Δw maydanına ajıratıp alamız, elementar maydanshaǵa tásir etip atırǵan suyıqlıqtıń elementar basım kúshin Δp menen belgileymiz. Gorizontal ox hám vertical oz koordinata kósherlerin ótkeremiz. Δp kúsh qoyılǵan tochkada Δp kúshin eki, gorizontal Δp_x hám vertical Δp_z qurawshılarǵa ajıratamız. Eger Δp kúshin ΔR penen belgileymiz. Gorizontal OX hám vertikal OZ koordinata kósherin ótkeremiz.

ΔP kúsh qoyılǵan tochkada eki, gorizontal ΔP_x hám vertikal ΔP_z qurawshılarǵa ajıratamız. Eger ΔP kúshiniń gorizontal tegislikke salıstırma jaylasqan múyeshin α menen belgilesek, ol jaǵdayda ΔP_x hám ΔP_z tómendegishe jazıladı:

$$\left.\begin{aligned} \Delta P_x &= \Delta P.\cos\alpha \\ \Delta P_z &= \Delta P.\sin\alpha \end{aligned}\right\} \qquad (2.50)$$

Eger $\Delta\omega$ maydanshanıń awırlıq orayı suw qáddinen h tereńlikte jaylasqan bolsa, awırlıq orayındaǵı artıqsha gidrostatik basım P = γh boladı, ol jaǵdayda elementar basım kúshi tómendegishe jazıladı

$$dp = p\cdot d\omega = \gamma h\, d\omega \qquad (2.51)$$

Basım kúshiniń gorizontal dp_x hám vertikal dp_z qurawshıların tabamız:

$$dp_x = dp\cos\left(\widehat{dp,ox}\right) = \rho g h d\omega \cos\left(\widehat{dp,ox}\right)$$
$$dp_z = dp\cos\left(\widehat{dp,oz}\right) = \rho g h d\omega \cos\left(dp, oz\right)$$

Tómendegini esapqa alıp

$$d\omega\cos\left(\widehat{dp,ox}\right) = d\omega_x$$
$$d\omega\cos\left(\widehat{dp,oz}\right) = d\omega_z$$

Basqa kórinistegi teńlemege iye bolamız.

$$dp_x = \rho g h\, d\omega_x$$

$$dp_z = \rho g h\, d\omega_z \qquad (2.52)$$

bul jerde $d\omega_x$ hám $d\omega_z$ - $d\omega$ elementar maydanshanıń OX hám OZ kósherlerine perpendikulyar bolǵan tegislikke proekciyası.

Joqarıdaǵı teńlemeni integrallap P kúshiniń gorizontal qurawshısın P_x tabamız

$$P_x = \rho g\, h_{c.t.}\ \omega_x \qquad (2.53)$$

Bul jerde $h_{c.t.}$ – pezometriyalıq tegislik ústindegi ω_x tegisligine awırlıq salmaǵı orayına proekciyasınıń tereńqigi.

Vertikal qurawshısı ushın

$$P_z = \rho g \int_{w_z}^{z} d\omega_z \qquad (2.54)$$

Bul jerdegi integral $\int_{w_z}^{z} Zd\omega_z$ prizmanıń kólemin kórsetedi. Vertikal qurawshı kúsh R$_z$ suyıqlıq salmaǵınıń dene basımınıń kólemine kóbeytpesine teń:

$$P_z = \rho g \int_{w_z} d\omega_z = \rho g W_g = \gamma W_g \qquad (2.55)$$

Bul jerde $\int_{w_z}^{z} Zd\omega_z$ – AV iymek (cilindr) siyaqlı diywal boyınsha elementar $d\omega_z$ kólemleri qosındısı, AVV' deneniń kólemi W_g. Bul kólem gidravlikada shártli túrde «basım dene»si dep ataladı, ol 2.17-súwrette vertikal shtrix sızıqlar menen belgilengen. Bul jerde γW_g – «basım dene» awırlıǵı bolsa, onda (2.55) teńleme tómendegishe oqıladı: elementar cilindrlik diywalǵa R$_z$ suyıqlıq basım kúshiniń vertikal qurawshısı sol

kólemdegi suwdıń basım denesiniń awırlıǵına teń. Joqarıda alınǵan nátiyjelerdi qálegen iymek tegislikler ushın qollanıw múmkin. Biraq bul jerde basım dene arqalı belgilengen basım basım kúshiniń vertikal qurawshısı R$_z$ ke itibar beriw kerek, sebebi ol:

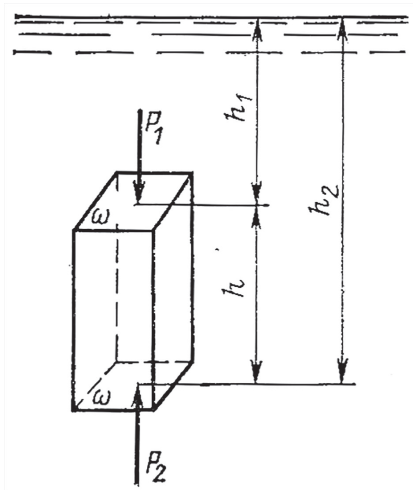
1) sol iymek tegisliktiń túrine hám onıń suyıqlıq ishinde jaylasıwına qarap eki kóriniste bolıwı múmkin, qısıwshı (yamasa oń +), (2.17-súwretke qarań) hám sıǵıp shıǵarıwshı (yamasa teris -) (2.17-súwretke qarań).

Haqiyqattan suyıqlıqtin qısıwshı halatındaǵı basım denede R$_z$ kúshi barlıq waqıtta oń bolıp, joqarıdan tómenge baǵıtlanǵan boladı; sıǵıp shıǵarıwshı halatındaǵı basım denedegi P$_z$ kúshi bolsa teris bolıp, tómennen joqarıǵa baǵıtlanǵan boladı;

2) eger qandayda bir túrdegi sırt berilgen bolıp, onıń bir bólegine basım dene oń hám onıń basqa bir bólegine teris bolsa, ol jaǵdayda basım kúshiniń R$_z$ vertikal qurawshısı usı eki basım kóleminiń parqı menen anıqlanadı.

2.9. Deneniń suyıqlıqta qalqıwın anıqlaw

Suyıqlıqqa tolıq batırılǵan qattı deneni (prizmanı) qaraymız hám suyıqlıq qanday kúsh penen onı sırtqa iterip shıǵarıwın anıqlaymız. (2.18-súwret). Vertikal prizmanıń joqarǵı betine tásir etiwshi basım tómengi betindegiden kishi boladı, sebebi ol az tereńlikke batırılǵan. Demek basım kúshide tómengi betinde (R$_t$) kóp boladı, joqarǵı betine (R$_2$) salıstırǵanda. Prizmaǵa suyıqlıq tárepinen tásir etiwshi kúsh P=P$_2$-P$_1$ prizmanı vertikal joqarıǵa kóteriw ushın háreket etedi. Bul kúshti kóteriwshi yamasa arximed kúshi dep ataladı.



2.18-Súwret. Arhimed nızamın dálillew sheması.

Prizmanıń joqarı betindegi tereńliktegi suyıqlıq basımı

$$P_1 = P_0 + \gamma h_1,$$

al tómengi betindegi basım

$$P_2 = P_0 + \gamma h_2 \text{ teń boladı.}$$

Bularǵa durıs keletugın basım kúshleri

$$P_1 = P_1 \cdot \omega = P_0\omega + \gamma h_1\omega$$

$$P_2 = P_2 \cdot \omega = P_0\omega + \gamma h_2\omega$$

Kóteriwshi kúshti tabamız:

$$P_z = P_2 - P_1 = \gamma\omega\,(h_1 - h_2) = \gamma h\omega = \gamma W \qquad (2.56)$$

Bul jerde h – prizmanıń biyikligi ω – prizmanıń betiniń maydanı.

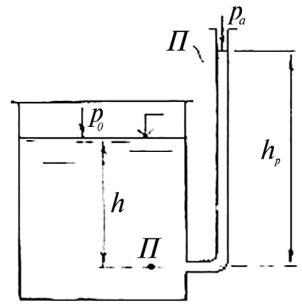
Demek, $V = \omega \cdot h$ – prizmanıń kólemi, al $\gamma W = \gamma\omega \cdot h$ bolsa, onıń salmaǵı. Solay etip joqariǵa kóteriwshi kush suyiqliqqa batırılǵan deneniń kólemindey qısıp shıǵarılǵan suyıqlıqtıń salmagına teń eken. Bul kúsh pásten joqarıǵa vertikal baǵıtlanǵan bolıp, usı kólemniń awırlıq orayına qoyıladı.

Deneniń suyıqlıqqa tolıq batqandaǵı kólemi W, deneniń tolıq kólemine W_t ǵa teń boladı. Egerde dene suyıqlıqqa tolıq batpanǵan bolsa, onda $W < W_t$ boladı.

Solay etip suyıqlıqqa batırılǵan denege eki túrli kúsh tásir etedi: 1) joqarıdan tómenge tik tásir etiwshi G awırlıq kúshi (deneniń awırlıǵı). 2) pásten joqarıǵa tik tásir etiwshi P_Z kúshi kóteriwshi kúsh, ol dene sıǵıp shıǵarǵan suyıqlıq awırlıǵına teń.

Suyıqlıqqa batırılǵan deneniń G awırlıq kúshi hám onı kóteriwshi R_Z kúshi bir-biri menen qanday baylanısta bolıwına qarap qalıwshı dene úsh túrli jaǵdayda bolıwı múmkin:

1.Deneniń awırlıq kúshi onı kóteriwshi kúshke teń bolǵan $G = R_Z$ halda dene suyıqlıqqa batırılǵan jaǵdayda turaqlı, turaqlı emes jaǵdayda qalqıydı.



2.20-suwret.

2. Deneniń awırlıq kúshi onı kóteriwshi kúshten kóp $G > P_Z$ bolǵanda dene shógedi.

3. Deneniń awırlıq kúshi onı kóteriwshi kúshten az $G > P_Z$ bolǵanda dene suw betine qalqıp shıǵadı.

Deneiń bir bólegi suyıqlıqtan shıǵıp tursa, kóteriwshi kúsh kemeyedi, sebebi dene sıǵıp shıǵarǵan suyıqlıq kólemi kemeyedi. Kemeygen kóteriwshi kúsh $P_Z^1 = \gamma W^1$ deneniń awırlıǵına teń bolsa $P_Z^1 = G_1$ qalqıwshı dene teńsalmaqlıq halatta boladı, bul jaǵdayda dene suw betinde arqayın qalqıp júredi. Solay etip, dene suyıqlıq ishinde yamasa suyıqlıq betinde júzip júrgen bolsada, deneniń G awırlıǵı onı kóteriwshi R_Z kúshke teń bolıwı kerek, yaǵnıy:

$$G = P_Z \qquad (2.57)$$

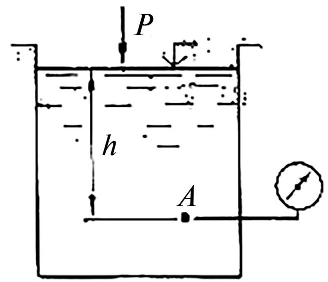
Bul teńleme deneniń júzip júriwiniń tiykarǵı shárti bolip esaplanadı.

2.10. Ekinshi baptıń temaları boyınsha ámeliy máseleler

2.1-másele. Suw menen toltırılǵan ashıq ıdıs berilgen. (2.19-súwret). A tochkada (h biyiklikte) manometr ornatılǵan. Eger usı A tochkada manometr P_{man}=0,40 kgk/sm² yamasa 0,4 atmosferanı kórsetse, suw qáddi usı tochkadan qansha h biyiklikte boladı?

Sheshimi:

$$h = \frac{P_{man}}{\gamma} = \frac{0,40 \cdot 10^5}{9810} \cong 4,0m$$



2.19-sywret.

2.2-másele. Awzı jabıq ıdısqa suw quyılǵan hám ol pezometrge jalǵanǵan. Idıs awzı jawıq bolǵanlıǵı sebepli, ıdıstaǵı suw qáddine tásir etip atırǵan basımdı sırtqı basım dep esaplaymız.

Máselede sırtqı basım berilgen (2.20-súwret).

$$P_a = 10^5\,Pa;\ r_0 = 1,25 \cdot 10^5\,Pa;^3 \quad \gamma = 9810 H/m^3$$

Idısqa ornatılǵan pezometr suw qáddinen h=3,0 m tómende n tochkada jaylasqan. Suwdıń pezometrde qanday h_r biyiklikke kóteriliwin anıqlań?

<u>Sheshimi</u>: Pezometrlik biyiklik $h_p = \dfrac{p_m - p_a}{\rho g} = \dfrac{p_m - p_a}{\gamma}$. formula járdeminde anıqlanadı. Onıń ushın $p_m = p_0 + \rho_{cy} gh_{cy} = p_0 + \gamma_{cy} h_{cy}$ ǵa tiykarlanıp ulıwma basımdı (awzı jabıq ıdıs ushın) anıqlaymız.

$$p_m = p_0 + \gamma h = 1,25 \cdot 10^5 + 9810 \cdot 3 = 1,544 \cdot 10^5\ Pa$$

Pezometriyaliq biyiklik

$$h_p = \frac{p_m - p_a}{\gamma} = \frac{1,544 \cdot 10^5 - 1,0 \cdot 10^5}{9810} = 5,54m$$

2.3-másele. Jabiq idisqa benzin quyilgan ham pmezometr ornatilgan (2.26-suwret). Egerde ashiq pmezometrdegi benzinniń qáddi, rezervuardagi benzin qáddinen h=2m joqari bolsa (benzinniń salistirma salmagi γ_δ= 0,75 rc/m^3) tut monometriniń kórsetiwi h_2 = 0,15m hám h_2 = 0,8 m bolsa (2-súwret), onda jabiq rezervuardagi benzinniń erkin qáddine tasir etiyshi basimdi anıqlań?

Sheshimi: Rezervuardaǵı benzinniń erkin tegislik betinen 0-0 erkin basım tegisligin ótkeremiz. Rezervuardaǵı erkin tegislikke hám pezometrdegi S tochkaǵa tásir etiwshi basım bir-birine teń P_0=P_3.

Benzinniń ústinen tásir etiwshi absolyut basımdı anıqlaymız:

$$P_{абс} = \rho_+ Y_\delta \cdot h = \frac{1кгс}{см^2} + 0,75\, с/см^3 \cdot 10^{-3} \cdot 2 \cdot 10^2 = \frac{1,15кгс}{см^2} = 1,15\,\text{ат} = 112800\, Н/м^2 \approx 113\, КПа$$

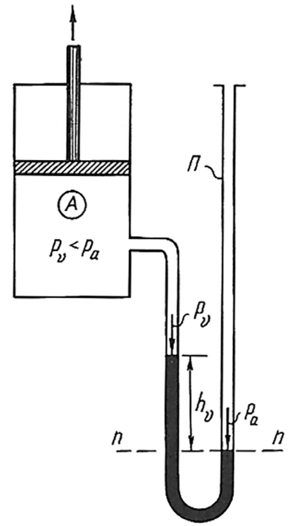
Monometriyalıq basım tómendegishe anıqlanadı:

$$P_м = \gamma_\delta\, h = 0,75 \cdot 10^{-3} 2 \cdot 10^2 = 0,15\ \text{кгс/см}^2 = 15\ \text{кПа}$$

2.4-másele. Vakuummetrli trubkadaǵı sınaptıń n-n sızıǵına salıstırıp h_v 0,30m biyiklikke kóterilgen bolsa (2.22-suwret) A cilindrdegi porshenniń astında payda bolǵan vakuumdı anıqlań?

Sheshimi:

$$P_v = Y_{сн} \cdot h_v = 13,6 \cdot 10^4 \cdot 0,3 = 4,08 \cdot 10^4 Pa$$



2.22-suwret.

2.5-másele. Tereńligi h=85m bolǵan skvajina zaboyın, tıgızlıǵı ρ=1250 kg/m^3 ılay aralaspa menen toltırılǵan. Skvajinadaǵı awısıq basımdı anıqlaw kerek?

Sheshimi: Awısıq basımnıń shamasın tómendegi formula menen anıqlaymız:

$$P_{izb} = \rho g\, h = 1250..9,81 \cdot 85 = 1,04 \cdot 10^6 Pa \approx 1MPa$$

2.6-másele. Ústi jabıq suw toltırılǵan ıdıstaǵı suwdıń betine R_0 =2,0 kgs/sm^2 absolyut gidrostatikalıq basım tásir etpekte. Suwdıń 3,0 m tereńlikte ornalasqan tásir etiwshi absolyut hám monometrik basımlardı hám usı tochka ushın pezometrik biyiklikti anıqlań? Suwdıń salıstırma salmaǵı γ =1000 kgs/sm^3.

Sheshimi: Usı kórsetilgen tochkadaǵı absolyut gidrostatik basım (2.15) formula menen anıqlanadı:

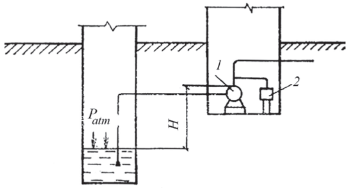
$$P = P_0 + \gamma h = 2r \cdot 10000 + 1000 \cdot 3,0 = 23000\ kgs/m^2 = 2,3atm. =$$
$$= 225630\ Pa = 225,63\ kPa$$

Manometrik basım absolyut gidrostatik basım menen atmosfera basımnıń ayırmasınan anıqlanadı:

$$P_{mon} = P - P_a = 23000 - 10000 = 13000\ kgs,m^2 = 1,3\ atm. = 127530Pa$$
$$= 127,53\ kPa$$

Usı tochkadaǵı pezometrik biyiklikti anıqlaymız:

$$h_p = \frac{P_{mon}}{\gamma_c} = \frac{13000}{1000} = 13m\ vod.st.$$

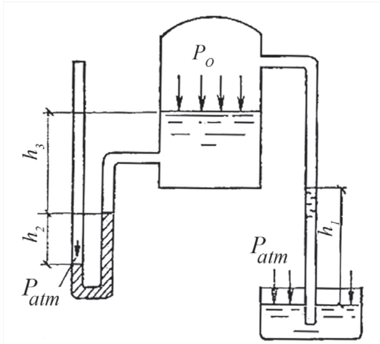


2.23-suwret.

2.7-másele. Egerde rtut monometriniń kórsetiwi $h_2 = 0{,}15$m hám $h_3 = 0{,}8$ m bolsa (2.23-súwret), rezervuardaǵı basımdı R_0 hám 1 trubadaǵı suw qáddiniń kóteriliw biyikligin anıqlań?

Sheshimi: Sınap monometri ushın teńsalmaqlılıq jaǵdayın tómendegishe túrde jazıw múmkin:

$$P_{atm} = \rho_{rt}\, gh_2 + \rho_v\, gh_3 + P_0$$



2.24-suwret.

Bul jerde ρ_{rt} – sınaptıń tıǵızlıǵı, ρ_v – suwdıń tıǵızlıǵı.

Sonlıqtan,

$P_0 = P_{atm}\, g(\rho_{rt}\, h_2 + \rho_v\, h_3) = 9{,}81 \cdot 10^4$ $-9{,}81(13600 \cdot 0{,}15 + 1000 \cdot 0{,}8) = 7 \cdot 10^4$Pa

Solay etip rezervuardaǵı vakuum

$P_{vak} = P_{atm}\, P_0 = 9{,}81 \cdot 10^4 - 7 \cdot 10^4$Pa= =28,1kPa

Trubka 1 ushın teńsalmaqlılıq jaǵdayın jazamız:

$$P_0 + \rho_v\, gh_1 = R_{atm}$$

bunnan $h_1 = \dfrac{P_{atm} - P_0}{\rho_v \cdot g} = \dfrac{9{,}81 \cdot 10^4 - 7 \cdot 10^4}{1000 \cdot 9{,}81} = 2{,}9\text{m}.$

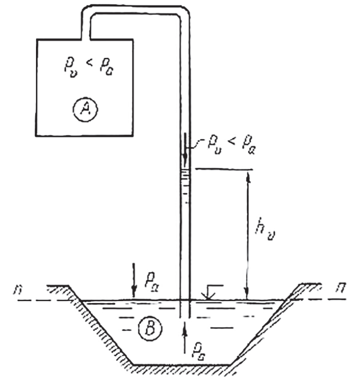
2.8-másele. Oraydan qashıwshı kúsh penen tásir etiwshi nasosqa (1) vakuum nasos (2) ornatılǵan. Egerde oraydan qashıwshı nasostıń korpusınıń joqarısı rezervuardaǵı suw qáddininen N=3,5m aralıqta jaylasqan bolsa, qanday vakuum payda etiw kerek boladı?

Sheshimi: (2.18) formulanı tómendegishe jazamız:

$$P_{atm} - P_{abs} = P_{vak} = \rho gh$$

$$P_{vak} = \rho gh = 1000 \cdot 9{,}81 \cdot 3{,}5 = 34{,}3 \cdot 10^3 \text{ Pa} = 34{,}3\text{kPa}.$$

2.9-másele. 2.25-súwrettegi A ıdıstan hawa qısıp shıǵarılǵan, ol jerdegi basım r_{vak}=0,60 atmosfera. A ıdıs tútikshe arqalı V ıdıstaǵı suw menen tutastırılǵan. V ıdıs ashıq bolǵanı ushın ondaǵı suw qáddine atmosfera tásir etedi. h_{vak} vakuum biyikligin anıqlań?



2.25-suwret

<u>Sheshimi</u>: Tútikshede kóterilgen suwdıń h_{vak} biyikligin anıqlaymız.

$$H_{vak} = h\ \vartheta = \frac{p_a - p_v}{\gamma} = \frac{1 \cdot 10^5 - 0{,}6 \cdot 10^5}{9810} = 4{,}0m,$$

bul jerde

$$p_a = 1{,}0 \cdot 10^5\ \Pi a;\ p_\upsilon = 0{,}6 \cdot 10^5\ \Pi a;\ \gamma = 9810\ H/m^3$$

2.10-másele. Tegis tuwrı múyeshli suw tutqısh dáruazanıń eni b=1,5m, ol gorizontal tegislikke salıstırǵanda $\alpha = 60^0$ múyesh astında jaylasqan bolıp, h=2,2 m tereńliktegi suwdı uslap turadı. (2.26-suwret). Usı dáruazaǵa suwdıń basım kúshin hám usı basım kúshiniń orayın anıqlań?

$\rho = 1000$ kg/m^3

<u>Sheshimi</u>: Basım kúshin $P = \gamma h_C \omega.$ formuladan anıqlaymız. 2.26-súwret.

$$P = \gamma h_c \omega = \rho g h_c \omega = 1000 \cdot 9{,}81 \cdot 1{,}1 \cdot 3{,}82 = 4{,}12 \cdot 10^4\ H = 4{,}12 \cdot 10 kH;$$

bunda

$$h_c = \frac{1}{2} h = \frac{1}{2} 2{,}2 = 1{,}1m;$$

$$\omega = b \cdot y = b \frac{h}{\sin\alpha} = 1{,}5 \frac{2{,}2}{0{,}866} = 3{,}82 m^2;$$

$$y = \frac{h}{\sin\alpha} = \frac{2{,}2}{0{,}866} = 2{,}55m.$$

Basım orayınıń koordinatası $y_D = y_C + \dfrac{I_C}{\omega y_C}$. formuladan anıqlanadı:

$$y_D = y_c + \frac{I_c}{\omega y_c} = 1,27 + \frac{2,07}{3,82 \cdot 1,27} = 1,27 + 0,423 = 1,69m,$$

bunda $y_c = \dfrac{h_c}{\sin\alpha} = \dfrac{1,10}{0,866} = 1,27m;$ $\qquad I_c = \dfrac{by^3}{12} = \dfrac{1,5 \cdot 2,55^3}{12} = 2,07m^4;$

2.11-másele. Qalıńlıǵı α=60⁰ bolǵan tegis diywaldaǵı tesikti berkitiwshi, diametri d=0,5 m bolǵan dóńgelek suw tutqısh dáruazaǵa suwdıń R basım kúshin hám qoyılǵan oraydı anıqlań.

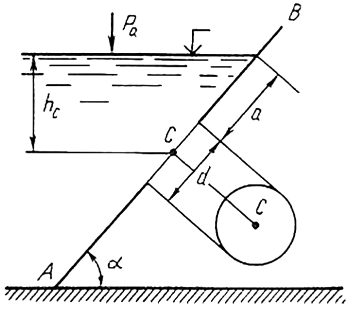
Sheshimi: Suwdıń basım kúshi $P = \gamma h_C \omega$. formuladan anıqlanadı. (2.27-suwret)

$$P = \rho g h_c \omega = 1000 \cdot 9,81 \cdot 1,08 \cdot 0,196 = 2076,6H = 2,08kH,$$

bul jerde

$$h_c = \left(a + \frac{d}{2}\right)\sin\alpha = \left(1,0 + \frac{0,5}{2}\right)0,866 = 1,08m,$$

$$\omega = 0,785d^2 = 0,785 \cdot 0,5^2 = 0,196m^2$$



2.27-súwret

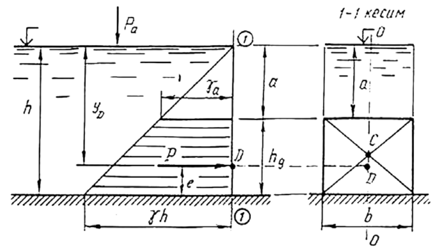
Basım orayınıń koordinatasın alamız.

$$y_D = a + r + \frac{r^2}{4(a+r)};$$

bul jerde a=1,0 m hám r=0,25 m bolsa, y_D nı anıqlaymız.

$$y_D = 1,0 + 0,25 + \frac{0,25^2}{4(1,0 + 0,25)} = 1,26m.$$

2.12-másele. Tik jaylasqan tuwrı tórt múyeshli suw tutqısh dáruaza berilgen, onıń biyikligi h_{dar}=0,70 m, eni b=0,50 m, dáruaza suwǵa batırılǵan bolıp, onıń ústki beti suw qáddinen a=4,0 m terenlikte jaylasqan. Dáruaza tásir etip atırǵan suyıqlıqtıń basım kúshin hám basım orayın analitik hám grafoanalitik usıllarda anıqlań?



2.28-súwret.

Sheshimi: 2.28-súwretten kórinip turǵanınday suw tutqısh dárwazaǵa tásir etiwshi suyıqlıq basımınıń epyurası trapeciya kórinisinde bolıp, onıń ústki tiykarı:

$$\gamma a = 9810 \cdot 4,0 = 3,92 \cdot 10^4 H/m^2 = 3,92 \cdot 10 kH/m^2;$$

pástki tiykarı

$$\gamma h = \gamma(h_{dar} + a) = 9810 \cdot (0,70 + 4,0) = 4,6 \cdot 10^4 H/m^2 = 4,6 \cdot 10 kH/m^2;$$

biyikligi

$$h_{dar} = 0,70 \text{ m}.$$

Trapeciya kórinisindegi basım epyurasınıń maydanı

$$S = \frac{3,92 \cdot 10^4 + 4,6 \cdot 10^4}{2} \cdot h_{dar} = 4,26 \cdot 10^4 \cdot 0,7 = 2,98 \cdot 10^4 H/m.$$

Suyıqlıqtıń basım kúshi

$$P = Sb = 2,98 \cdot 10^4 \cdot 0,5 = 1,49 \cdot 10^4 H = 1,49 \cdot 10kH.$$

Basım orayınıń iyini

$$e = \frac{h-a}{3} \cdot \frac{2a+h}{a+h} = \frac{4,7-4}{3} \cdot \frac{2,4+4,7}{4+4,7} = \frac{0,7}{3} \cdot \frac{7,1}{8,7} = 0,19m.$$

2.13-másele. Salmaǵı G_a=30 kN bolǵan avtomobil ólshemleri L=8v, V=4m, N=1,0m bolǵan paromǵa júklengen. Egerde paromnıń salmaǵı G_n=50kN bolıp, onıń biyikliginiń yarımına batırılǵan, al avtomobildiń awırlıq orayı paromnıń joqarǵı betinen 1,0m biyiklikte jaylasqan bolsa, paromnıń turaqlıǵın tekseriń?

Sheshimi: 1. Paromnıń tómengi tegisligine salıstırıp paromnıń avtomobil menen birgeliktegi oraylıq halatın tabamız:

$$H_{c.t.} = \frac{G\cdot\frac{H}{2}+G_a\left(h_a+H\right)}{G_n+G_a} = \frac{50\cdot\frac{1}{2}+30\left(1+1\right)}{50+30} = 1,063 \text{ m.}$$

2.Paromnıń avtomobil menen birgeliktegi aǵıp shıqqan suw kólemin tabamız

$$W = \frac{G_n+G_a}{\rho g} = \frac{50000+30000}{1000\cdot 9,81} = 8,15\,\text{m}^3$$

3.Paromnıń salmaq penen shógiwin anıqlaymız:

$$\text{h} = \frac{W}{BL} = \frac{8\cdot 15}{4\cdot 8} = 0,255\,\text{m}$$

4.Paromnıń tómengi tegisliginen qısılp shıqqan suwdıń orayınıń aralıǵın tabamız.

$$\text{h}_{\text{c.b}} = \frac{h}{2} = \frac{0,255}{2} = 0,127\text{m}$$

5.Qısılıp shıqqan suw kólemi orayı menen awırlıq orayı arasındaǵı aralıqtı anıqlaymız

$$\text{L}= \text{h}_{\text{c.t}} - \text{h}_{\text{c.v}} = 1,063-0,127 = 0,936\text{m.}$$

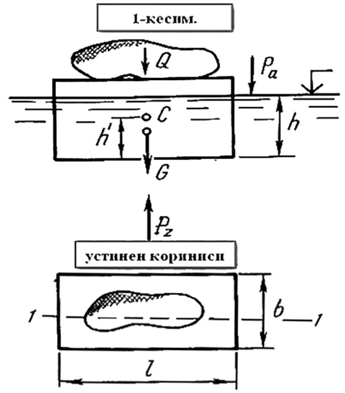
6.Jazıw tegisligi maydanınıń inerciya momentin anıqlaymız:

$$\text{J}_0 = \frac{B^2\cdot L^2}{24} = \frac{8^2\cdot 4^2}{24} = 42,7\text{m}^6$$

7.Metacentrlik biyiklik

$$\text{H}_{\text{m}} = \text{J}_0/\text{W} - \text{L} = 42,7/8,15-0,936 = 4,3 \text{ m}$$

Metacentrlik biyiklik oń shamaǵa iye bolǵanlıqtan parom turaqlı bolıp esaplanadı.



2.29-súwret.

2.14-másele. Dáryada tuwrı tórtmúyeshli panton júzip júripti (2.29-suwret). Pantonnıń tiykarınıń maydanı $\omega=v\cdot l=16\cdot 20=320\ \text{m}^2$. Pantonnıń awirlıǵı G= $1\cdot 10^6$N, oǵan qoyılǵan júktiń awırlıǵı Q=$7\cdot 10^6$N. Pantonnıń sıǵıp shıǵarǵan suw kólemin hám onıń shógiw tereńligin anıqlań?

Sheshimi: Denenin awırlıǵı, wonı koteriwshi kushke ten boliw sharti járdeminde sıǵıp shıǵarılǵan suw kólemin anıqlaymız:

$$P_Z = G + Q = 1,0\cdot 10^6 + 7,0\cdot 10^6 = 8,0\cdot 10^3 \text{ kN}$$

Pantonnıń shıǵıw tereńligin tómendegishe anıqlaymız:

$$P_Z = \gamma W$$

$$8,0\cdot 10^6 = 9810\ W$$

Pantonnıń suwǵa batqan bóliminiń kólemin tómendegi formuladan anıqlaymız:

$$W = (v\cdot l)\cdot h = 320\cdot h$$

Egerde γ =9810 n/m^3 bolsa,

$P_Z = \gamma\omega h$ teń boladı:

$$8,0\cdot 10^6 = 9810\cdot 320\ h,$$

bunnan pantonnıń shógiw tereńligin tabamız

$$\text{h} = \frac{P_z}{\text{ãù}} = \frac{P_w}{\gamma\left(v\cdot l\right)} = \frac{8,0\cdot 10^6}{9810/16\cdot 20} 2,55m$$

Tákirarlaw ushın sorawlar.

1. Gidrostatikanıń maqseti hám wazıypası nelerden ibarat?
2. Tochkadaǵı gidrostatikalıq basım qanday anıqlanadı?
3. Gidrostatikalıq basımnıń tiykarǵı qásiyetleri qanday?
4. Gidrostatikanıń differencial hám tiykarǵı teńlemesi qanday?
5. Absolyut basım, artıqsha basım, vakuum degenimiz neler? Olar qanday ásbaplardan ólshenedi?
6. Pezometriyalıq biyiklik dep nege aytıladı?
7. Suyıqlıqtıń tegis diywalǵa teńdey tásir etiwshi gidrostatikalıq basımı qanday anıqlanadı?
8. Suyıqlıq tásirindegi diywal tegisliginiń orayı hám basım orayı dep nege aytıladı?
9. Cilindrlik tegislikke tásir etiwshi gidrostatikalıq basımnıń vertikal hám gorizontal qurawshısı qanday anıqlanadı?
10. Paskal nızamı qanday hám ol ámelde qanday jerde isletiledi?
11. Basım kúshi hám onıń teń tásir etiwshisi dep nege aytıladı?
12. Basım kúshiniń diywallarǵa tásiri hám epyurası qanday boladı?
13. Arximed nızamı hám suyıqlıqtaǵı deneniń júziwindegi teńsalmaqlıq halatı qanday anıqlanadı?
14. Basımdı ólshewde texnikada kóp qollanılatuǵın suw hám sınap baǵansı biyikliklerin túsindirip beriń?

GIDRODINAMIKA

Úshinshi bap. SUYIQLIQ HÁREKETINIŃ TIYKARǴI NIZAMLIQLARI

3.1. Suyıqlıq háreketi haqqında tiykarǵı túsinikler.

Gidrodinamika gidravlikanıń úlken razdelı bolıp suyıqlıq háreketiniń nızamlıqları hámde suyıqlıq aǵımınıń qattı deneler menen birgeliktegi tásir etiw halatları úyreniledi. Bul ámeliyatta ayrıqsha rol oynaydı. Gidromexanikalıq soorujenielerin, melioraciya, energetika, qurılısta hám basqa tarawlarda olardaǵı qurılmalardı gidravlikalıq esaplawda gidrodinamikanıń tiykarǵı teńlemelerinen paydalanıladı. Bul tarawlarda suyıqlıq hareketi menen baylanıslı bolǵan kóp máseleler, atap aytqanda, dárya hám kanallardaǵı suwdıń háreketi, suw tamiynatı hám kanalizaciya, drenaj trubalarındaǵı suw háreketi, plotina ústinen asırılıp ótken suw háreketi hám basqa gidrotexnikalıq soorujenieler, suw kótergishler taǵıda gidromashinalardaǵı suyıqlıq háreketi, jer astı suwlarınıń háreketi (filtraciya) hám basqalar gidrodinamikanıń tiykarǵı teńlemeleri menen baylanıslı anıqlanadı.

Injenerlik gidravlika máselelerin sheshiwde tiykarınan tochkalardaǵı suyıqlıq bóleksheleriniń tezliginiń ϑ hám basımların ózgeriw nızamlıqları úyreniledi. Suyıqlıq penen bánt bolǵan fazanıń hár túrli tochkasında ϑ tezlik hám R basım hár túrli boladı. Bunnan basqa ϑ *hám R* lar fazanıń berilgen tochkasında waqıttıń ótiwi menen ózgerip turadı. Bunı tómendegishe jazıw múmkin:

$$\begin{aligned} u_x &= f_1(x, y, z, t) \\ u_y &= f_2(x, y, z, t) \\ u_z &= f_3(x, y, z, t) \end{aligned} \tag{3.1}$$

$$p = f(x, y, z, t) \tag{3.2}$$

Bul jerde U_x U_y U_z tezliktiń tuwrı múyeshin koordinata kósherindegi proekciyaları. Egerde f_1 f_2 f_3 hám f_4 funkciyalardıń sheshimin tapqanımızda, máseleni sheshken bolar edik. Ámelde bul funkciyalar sheshimin tabıwdıń iláji joq dárejede quramalı. Sonıń ushın gidravlikada basqa ápiwayıraq jol tutıladı. Joqarıda kórsetilgen máselelerdi sheshiw ushın bul funkciyalardıń ornın basatugın gidromexanikalıq bólek tiykargı teńlemeleri qabıl etilgen.

Suyıqlıq háreketi tómendegishe túrlerge ajıraladı:

- bir qálipte turaqlı-suyıqlıq ağım kese kesiminiń barlıq tochkalarındağı basım hám tezlik waqıttıń ótiwi menen shaması hám bağıtı boyınsha ózgerissiz qaladı hám tekte qaralıp atırğan tochkanıń koordinat jağdayına baylanıslı boladı:

$$\partial p / \partial t = 0; \quad \partial \vartheta / \partial t = 0 \tag{3.3}$$

$$u = f_1\,(x, y, z)$$
$$p = f_2\,(x, y, z) \tag{3.4}$$

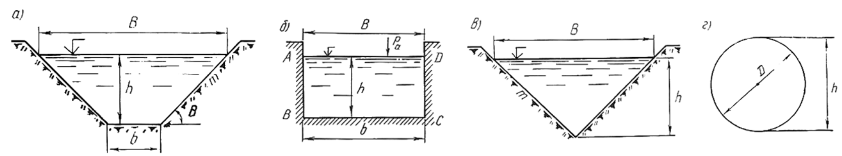
- bir qálipte emes turaqsız-suyıqlıq ağımınıń qálegen tochkasındağı basımı hám tezligi waqıttıń ótiwi menen ózgerip turadı. Suyıqlıqtıń bunday háreketindegi berilgen tochkadağı basımnıń hám tezliktiń shamaları tekte onıń koordinatasına baylanıslı bolmay, waqıtqada baylanıslı boladı:

$$U_{*}=f_1\,(x, y, z)$$
$$P = f_2\,(x, y, z) \tag{3.5}$$

Гидротехникалық сооружениелерди гидравликалық есаплаўда, әмелде, тийкарынан суйықлықтың теги сбир қәлипли ҳәрекети көп ушырасады ҳәм гидравликада көбирек қаралады.

3.2. Ağımnıń kese kesiminiń gidravlikalıq elementleri. Ağımnıń ortasha tezligi hám suw sarpı muğdarı.

Ağımnıń kese kesiminiń gidravlikalıq elementleri degende tómendegiler názerde tutıladı: ağımnıń kese kesiminiń maydanı, ózenniń hóllengen (kese kesimi boyınsha) perimetriniń uzınlığı, gidravlikalıq radiusı hám basqalar.



3.1-suwret. Suwıqlıq ağımınıń kese-kesimi maydanı formaları;
a) trapeciya; b) tuwrı tórtmuyeshli; v) úsh muyeshli; g) dóngelek;

Ağımnıń kese kesimi dep, suyıqlıqtıń ağım sızıqlarına normal bolğan tegislik járdeminde ótken maydanğa aytıladı hám ol janlı kesim dep atalıp háripi menen belgilenedi. 3.1-súwretke salıstırıp ağımnıń kese kesimi maydanın jazamız:

a) trapeciya túrindegi ózen ushın

$$\omega = (v + mh)h\,; \tag{3.6}$$

bul jerde m= ctg ϑ – otkostıń koefficienti

b) tuwrı tórt múyeshli túrdegi ózen ushın

$$\omega = v \cdot h; \tag{3.7}$$

v) úshmúyesh túrindegi ózen ushın

$$\omega = \frac{v \cdot h}{2}; \tag{3.8}$$

g) dóńgelek sheńber túrindegi ózen ushın (suyıqlıq háreketi naporlı bolğan jağday ushın)

$$\omega = \frac{\pi D^2}{4} \tag{3.9}$$

2. *Ózenniń kese kesiminiń hóllengen perimetri dep qattı diywal menen shegaralanğan hárekettegi suyıqlıqtıń hóllengen kese kesimi bólegi perimetri uzınlığına aytıladı.* Ózen kese kesiminiń *hóllengen* perimetri uzınlığı χ háripi menen belgilenedi hám ol kese kesimlerdiń

túrlerine baylanıslı boladı. 3.2-súwrette kórsetilgen ózenlerdiń túrleri boyınsha olardıń ıgallanǵan perimetriniń uzınlıqların jazamız:

a) trapeciya túrindegi ózen ushın

$$\chi = v + 2h\sqrt{1+m^2} \tag{3.10}$$

b) túwrı tórtmúyeshli túrdegi ózen ushın

$$\chi = v + 2h \tag{3.11}$$

v) úshmúyeshli túrdegi ózen ushın

$$\chi = 2\,m\,h \tag{3.12}$$

g) dóńgelek sheńber túrindegi ózen ushın

$$\chi = \pi D \tag{3.13}$$

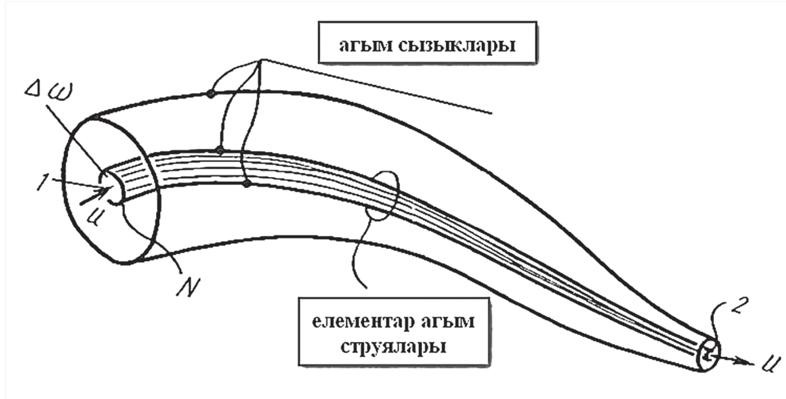
1. *Gidravlikalıq radius dep aǵımnıń kese kesimi maydanı usı ózenniń hóllengen perimetrine qatınasına aytıladı*. Ol R háribi menen belgilenip tómendegishe jazıladı.

$$R = \omega / x \tag{3.14}$$

Gidravlikalıq radius aǵım kesiminiń ólshemin hám formasın xarakterleydi. Berilgen kese kesim maydanı ushın gidravlikalıq radius qansha úlken bolsa, diywaldıń *hóllengen* perimetri sonsha kishi boladı, sonlıqtan háreketke qarsılıq ta sonsha kishi boladı.

2. *Suyıqlıq háreket nızamlıqların úyreniw ushın traektoriya*, aǵım sızıǵı, elementar aǵım nayshası qusaǵan túsiniklerdi biliw talap etiledi. Berilgen suyıqlıq bóleksheleriniń waqıt ótiwi menen basıp ótken jolınıń izi onıń traektoriyası dep ataladı.

Tegis bir qálipli hárekette aǵım sızıǵı waqıttıń ótiwi menen ózgermes traektoriyanı ańlatıp, usı joldıń uzınlıǵı boyınsha suyıqlıq bólekshe-leri biriniń izinen biri háreketlenedi.



3.2-suwret. Aǵımnıń ishinen bólip alınıp kórsetilgen elementar aǵım struyası.

Elementar aǵım naychası suyıqlıq aǵımınıń bir bólegi bolıp, ol háreket etip atırǵan suyıqlıq ishinde berk N shegara sızıǵındaǵı (3.2-súwreti) tochkalar arqalı ótkerilgen aǵım sızıqları menen shegaralanǵan boladı.

Suyıqlıqtıń tolıq aǵımı dep, Amelde, qattı diywal menen shegaralanǵan dizimde háreket etip atırǵan suyıqlıq kólemine (massasına) aytıladı. Mısalı, trubalarda, kanallarda, dáryalarda hám basqa ózenlerde háreket etip atırǵan suwlar. Basqasha etip aytqanda, hár túrli tezlikte háreketleniwshi suyıqlıqtıń tolıq aǵımı – elementar aǵım naychalarınıń jıyındısınan quralǵan boladı.

Qatar elementar aǵım naychalarınan dúzilgen suyıqlıqtıń tolıq aǵımın úyrenip atırǵanda, elementar aǵım naychalarınıń bir-birine aytarlıqtay parallel bolmaslıǵı sebepli, onı ápiwayılastırıw ushın gidrodinamikada tegis ózgeriwsheń háreket túsinigi kiritiledi.

Tegis ózgeriwsheń háreket bolǵan jaǵdayda suyıqlıq aǵımı óziniń tómendegi qásiyeti menen xarakterlenedi:

1) suyıqlıq aǵımınıń kese kesimi tegis hám aǵımnıń kósherine normal boladı;

2) suyıqlıq aǵımınıń kese kesimi tegisliginde gidrodinamikalıq basımnıń taralıwı gidrostatikanıń tiykarǵı nızamına boysınadı;

3) salıstırma potencial energiya qálegen salıstırma tegisligine 0 -0 salıstırıp alınǵan bolıp, aǵımnıń kese kesiminiń barlıq tochkaları ushın birdey boladı.

1. Suyıqlıqtıń kólem sarp muǵdarı dep waqıt birligi ishinde ózenniń berilgen kese kesiminen ótken suyıqlıq kólemine aytıladı. Gidravlikada suyıqlıqtıń kólem sarp muǵdarı Q menen, elementar aǵım naychası ushın suyıqlıqtıń kólem sarp muǵdarı bolsa dQ menen belgilenedi. Eger suyıqlıqtıń tolıq aǵımın elementar aǵım naychalarınan quralǵan desek, bul jaǵdayda onıń kólemli sarpı, usı elementar aǵım kese kesimlerinen (dω) ótetuǵın suyıqlıqtıń kólemi sarplarınıń jıyındısına teń boladı:

$$Q = \int_{\omega} dQ = \int_{\omega} u d\omega, \qquad (3.15)$$

bul jerde – elementar aǵımnıń tezligi.

Belgili bolǵanınday, hátteki bir qálipli ilgerilenbe háreketttegi aǵımnıń kese kesimi maydanı boyınsha hár túrli tochkalarda, olardıń tezlikleri hár túrli bolǵanı sebepli, taǵıda usı kese kesim boyınsha tezliklerdiń taralıw nızamı anıq islep shıǵılmaǵanı ushın suyıqlıqtıń tolıq kólem sarpın (3.15) teńlemeden anıqlawda qıyınshılıq tuwdıradı. Sonlıqtan ámelde suyıqlıqtıń tolıq kólem sarpın anıqlawda berilgen aǵımnıń kese kesimindegi ortasha tezligi tusinigi paydalanıladı.

2. Tolıq aǵımnıń berilgen kese kesiminiń maydanı boyınsha ortasha tezligi waqıt birligi ishinde berilgen kese kesimnen ótken suw kóleminiń, usı ózendegi aǵımnıń kese kesimi maydanına qatınasına aytıladı. Basqasha etip ayıtqanda ortasha tezlik kólemli suw sarpı Q dıń kese kesim maydanı ǵa qatınası boladı.

(3.15) teńlemedegi hár bir elementar aǵım naychasındaǵı aǵım tezligi dı tolıq aǵımnıń kese kesimi boyınsha ortasha tezligi menen almastırsaq, ol jaǵdayda

$$Q = \int_{\omega} u d\omega = \vartheta \int_{\omega} d\omega = \vartheta \cdot \omega \qquad (3.16)$$

Yamasa $$Q = \vartheta \cdot \omega \qquad (3.17)$$

Solay etip, berilgen kese kesimde suyıqlıqtıń tolıq kólem sarpı aǵımnıń kese kesiminiń maydanın onıń rtasha tezligine kóbeytpesine teń. (3.13) teńlemeden aǵımnıń ortasha tezligi

$$\vartheta = Q / \omega \qquad (3.18)$$

(3.17) hám (3.18) teńlemeler gidrotexnika, suw tamiynatı hám kanalizaciya, gidromashina, gidrometriya, melioraciya, ózen process-lerin úyreniwde keń kólemde qollanıladı hám muhim formulalardan biri esaplanadı.

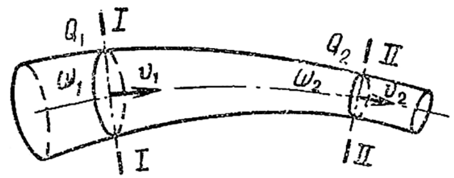
7. Suyıqlıq aǵımınıń naporlı hám naporsız háreketi. Suyıqlıqqa tásir etiwshi hám onı háreketke keltiriwshi sırtqı kúshke baylanıslı bolǵan barlıq suyıqlıq aǵımları naporlı hám naporsız háreketlerge bólinedi. Suyıqlıq aǵımı sırtqı derekten tásir etip atırǵan atmosfera basımınan úlken basım kúshi tásirinde háreketke kelse, bunday háreket aǵımnıń naporlı háreketi dep ataladı. Aǵımnıń naporsız háreketi dep, suyıqlıqtıń tek te erkin túsiw tezleniwi tásirindegi háreketke aytıladı. Bunday háreketler suyıqlıqlardıń betleriniń ashıq bolıwı menen xarakterlenedi.

3.3. Suyıqlıq aǵımınıń úzliksizlik teńlemesi.

Gidrodinamikada tıǵız toltırılǵan suyıqlıq aǵımınıń háreketin sı-patlawshı teńleme úzliksizlik teńlemesi dep ataladı.

Suwıqlıqtıń turaqlı háreketttegi qattı ózendegi uzınlıǵı boyınsha ózgeriwsheń kósherine normal ornalasqan kese-kesimin qaraymız. (3.3-suwret)

Aǵımnıń qálegen eki kese-kesiminiń I-I hám II-II tańlap, olar arasındaǵı uchastkanı qaraymız. Uchaskadan Δt waqıt ishinde I-I kes-



3.3-suwret. Aǵımnıń uzliksizlik teńlemesin dálillew sxeması.

iminen $Q_1=\vartheta_1\omega_1$ suw sarpı muǵdarı, al usı waqıt ishinde II-II kesimnen bolsa, sonday muǵdardaǵı $Q_2=\vartheta_2\omega_2$ suw sarpınıń ótiwi baqlanadı.

Suyıqlıqtıń teń qálipli turaqlı háreketi waqtında aǵımnıń barlıq kese kesiminen ótiwshi suw sarpı muǵdarı birdey boladı, yaǵnıy

$$Q=\vartheta_1\cdot\omega_1=\vartheta_2\cdot\omega_2=\vartheta_3\omega_3\ldots\ldots\ldots\vartheta_n\cdot\omega_n=const \qquad (3.19)$$

bul jerde $\vartheta_1,\vartheta_2,\vartheta_3\ldots\ldots\ldots\vartheta_n$ - aǵımnıń $\omega_1,\omega_2,\omega_3\ldots\ldots\ldots\omega_n$ kese kesimleri maydanlarına durıs keletuǵın ortasha tezligi.

(3.19) teńlemede kórinip turǵanınday, turaqlı háreket waqtında, aǵımnıń kese kesimi maydanı hám ortasha tezligi, aǵımnıń uzınlıǵı boyınsha ózgeriwine qaramastan, suwdıń sarpı, yaǵnıy kese kesimi maydanınıń ω usı kese kesim boyınsha aǵımnıń ortasha tezligi ϑ ǵa kóbeytpesi hár túrli qálegen kesimlerde birdey ózgermesten qaladı. (3.19) teńlemeden tómendegi qatınaslardı alamız:

$$\frac{\vartheta_1}{\vartheta_2}=\frac{\omega_2}{\omega_1}=\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots, \qquad (3.20)$$

(3.20) teńleme tómendegishe oqıladı: aǵımnıń qálegen eki kese kesimindegi ortasha tezliklerdiń qatınası usı eki kese kesim maydanlarınıń qatınasına keri proporcional.

Kese kesimi uzınlıǵı boyınsha ózgeriwsheń d_1 hám d_2 diametri naporlı truboprovodtıń birinshi kese kesimindegi aǵımnıń ortasha tezligi ϑ_1 hám ekinshi kese kesimindegi ϑ_2 bolsa usı eki kese kesim ushın tómendegi teńlemeni jazamız:

$$\omega_1=\frac{\pi d_1^2}{4};\quad \omega_2=\frac{\pi d_2^2}{4}; \qquad (3.21)$$

(3.21) teńlemeni (3.20) ge qoysaq,

$$\frac{\vartheta_1}{\vartheta_2}=\frac{d_2^2}{d_1^2} \qquad (3.22)$$

yaǵnıy dóńgelek truboprovodlar ushın eki kesimdegi aǵım tezlikleriniń qatınası trubanıń usı kesimlerindegi diametrleriniń kvadratlarınıń qatınasına keri proporcional.

3.4. Ideal suyıqlıqtıń elementar aǵım naychası háreketi ushın D.Bernulli teńlemesi

Bernulli teńlemesi suyıqlıqtıń hár qánday kesimlerindegi basımnıń ortasha tezliktiń hám geometriyalıq biyikliktiń arasındaǵı baylanıslardı anıqlaydı hám hárekettegi suyıqlıq energiyasınıń saqlanıw nızamın analitik kóriniste belgileydi. Sonlıqtan D.Bernulli teńlemesi gidrodinamikanıń tiykarǵı teńlemelerinen biri bolıp esaplanadı. Ideal suyıqlıqtıń elementar aǵım naychasınıń qálegen 1-1 hám 2-2 kesimlerindegi aǵım háreketi ushın D.Bernulli teńlemesi tómendegishe jazıladı:

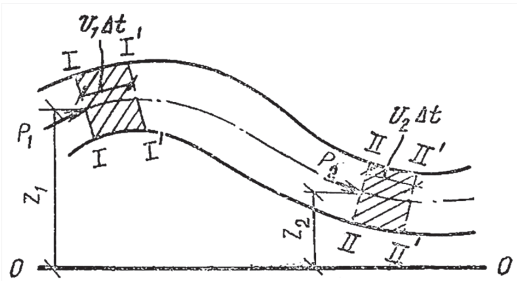
$$Z_1+\frac{P_1}{\gamma}+\frac{u_1^2}{2g}=Z_2+\frac{P_2}{\gamma}+\frac{u_2^2}{2g} \qquad (3.23)$$

Bul jerde Z – suyıqlıq awırlıǵı birligi halatınıń potencial energiyalıq sıpatlawshı geometriyalıq biyiklik; R/γ – suyıqlıq awırlıǵı birligi basımınıń potencial energiyasın sıpatlawshı pezometriyalıq biyiklik; $\vartheta^2/2g$ – suyıqlıq awırlıq birliginiń kinematikalıq energiyasın sıpatlawshı tezlik naporınıń biyikligi.

D.Bernulli teńlemesin keltirip shıǵarıwda kinetikalıq energiyanıń ózgeriw teoremasın yamasa L.Eylerdiń differencial teńlemesin qollanamız. Bul jerde biz kinetikalıq energiyanıń ózgeriw teoremasın qollanıp D.Bernulli teńlemesin keltirip shıǵaramız.

Teoriyalıq mexanikadan málim bolǵanınday, hárekettegi suyıqlıqtıń málim bir qısqa waqıt ótiw menen kinetikalıq energiyasınıń ózgeriwi sol elementar Δt waqıt ishinde suyıqlıqqa tásir etip atırǵan kúshlerdiń orınlanǵan jumıslarınıń jıyındısına teń. Tegis ózgeriwsheń hárekettegi suyıqlıq aǵımın qaraymız (3.4-súwret).

Aǵım kósherine vertikal bolǵan 1-1 hám 2-2 qálegen eki kesimdi tańlaymız hám olar arasındaǵı aǵım uchastkasın qaraymız. Bul kesimlerdegi aǵımnıń ortasha tezliklerin u_1 *hám* u_2; kese kesim maydanların ω_1 hám ω_2; olardıń awırlıq orayındaǵı gidrodinamikalıq basımlardı R_1 hám R_2; ixtiyarıy qabıl etilgen gorizontal tegislik 0-0 den kesimlerdiń awırlıq orayına shekemgi aralıqlardı Z_1 hám Z_2 háripleri menen belgileymiz. I-I hám II-II kese kesimi menen shegaralnǵan aǵım halatı ushın energiyanıń saqlanıw nızamın qollanamız. Δt waqıt ótiwi



3.4-suwret. Bernulli teńlemesin anıqlaw sxeması.

menen suyıqlıq bóleksheleri I-I kesimnen I[1] –I[1] halatına, al II-II kesimnen bolsa, II[1] –II[1] halatına ózgeredi. Solay etip u_1Δt hám u_2Δt jol basıp ótiledi. Qaralıp atırǵan I-I kesim arqalı Δt waqıt ishinde Q_1 Δt suyıqlıq kólemi aǵıp ótedi, usı waqıt ishinde II-II kesim arqalı Q_2 Δt suyıqlıq kólemi shıǵıp ketedi.

Kinetikalıq energiyanıń ózgeriwi qaralıp atırǵan hárekettegi suyıqlıqtıń eki halatındaǵı kinetikalıq energiyanıń ayırmasınan anıqlanadı. Aǵımnıń I-I hám I[1] –I[1] kese kesimleri kólemindegi suyıqlıqtıń kinetikalıq energiyası

$$\frac{\gamma}{g}\vartriangle Q \vartriangle t\ \frac{U_1^2}{2}, \tag{3.24}$$

Bunda $\frac{\gamma}{g}\vartriangle Q \vartriangle t$ - Δt elementar waqıt ishinde aǵıp ótken suyıqlıq massası; ΔQ – elementar suyıqlıq sarpı, aǵımnıń úzliksizlik shártine muwapıq ΔQ=const, II-II hám II[1]–II[1] kese kesimler arasındaǵı kólemdegi suyıqlıqtıń kinetikalıq energiyası

$$\frac{\gamma}{g}\vartriangle Q \vartriangle t\ \frac{U_2^2}{2}, \tag{3.25}$$

Sonıń ushın - Δt elementar waqıt ishinde kinetikalıq ózgeriwi

$$\frac{\gamma}{g}\vartriangle Q \vartriangle t\ \frac{U_2^2}{2} - \frac{\gamma}{g}\vartriangle Q \vartriangle t\ \frac{U_1^2}{2} \tag{3.26}$$

yamasa

$$\frac{\gamma}{g}\vartriangle Q \vartriangle t\ \left(\frac{U_2^2}{2} - \frac{U_1^2}{2}\right), \tag{3.27}$$

yamasa

$$\gamma \vartriangle Q \vartriangle t \left(\frac{U_2^2 - U_1^2}{2g}\right) \tag{3.28}$$

Qaralıp atırǵan ideal suyıqlıq ushın Δt elementar waqıt ishinde aǵımnıń I-I hám II-II kese keimlerindegi suyıqlıqtıń bólegine tásir etip atırǵan kúshlerdiń orınlanǵan jumısları tómendegilerden ibarat:

1) Z_1 biyiklik jaǵdayına μZ_2 biyikligi jaǵdayına ótken suyıqlıq kóleminiń awırlıq kúshiniń orınlaǵan jumısı;

2) Aǵımnıń I-I hám II-II kese keimleri maydanlarına tásir etiwshi gidrodinamikalıq basım kúshleriniń orınlaǵan jumısı.

3) I-I hám II-II kesim aralıǵında suyıqlıq háreketine truba diywallarınıń kórsetken qarsılıq kúshiniń hám olardıń ishindegi ishki basım kúshleriniń orınlaǵan jumısları ideal suyıqlıqlar ushın nolge teń boladı.

1. Awırlıq kúshiniń orınlaǵan jumısı. Bul elementar waqıt ishinde aǵıp ótken suyıqlıqtıń awırlıǵı onıń vertikal boyınsha ótken jolına, yaǵnıy Z_1 - Z_2 kóbeytpesine teń. Solay eken, awırlıq kúshiniń orınlaǵan jumısı (AKOJ) tómendegishe anıqlanadı:

$$\text{AKOJ}\ \gamma \Delta Q\ \Delta t = (Z_1 - Z_2) \tag{3.29}$$

2. I-I hám II-II kese kesimlerdiń maydanına tásir etiwshi aǵımnıń gidrodinamikalıq basım kúshiniń orınlaǵan jumısı. Bul tómendegishe anıqlanadı: a) aǵımnıń I-I hám II-II kese kesimleriniń maydanshalarаına tásir etip atırǵan basım kúshleri: P_1=$r_1\,\Delta\omega_1$; P_2=$r_2\,\Delta\omega_2$ (bul jerde P_1 hám P_2 usı maydanshalarǵa tásir etip atırǵan gidrodinamikalıq basımlar); b) I-I hám II-II kesimlerdiń Δt elementar waqıt ishinde waqıt ishindegi suyıqlıq bóleksheleriniń basıp ótken jollarınıń uzınlıǵı: L_1= u_1Δt hám L_2=u_1Δt ǵa teń boladı. Gidrodinamikalıq basım kúshiniń orınlaǵan jumısı (GBKOJ) tómendegige teń:

$$\text{GBKOJ} = r_1\,\Delta\omega_1\,u,\Delta t - r_2\Delta\omega_2\,u_2\Delta t, \tag{3.30}$$

yamasa

$$GBKOJ = r_1\,(\Delta\omega_1\,u,)\,\Delta t - r_2\,(\Delta\omega_{22})\Delta t, \qquad (3.31)$$

yamasa $$GBKOJ = [r_1\,(\Delta\omega_1,) - r_2\,(\Delta\omega_2\,u_2)]\Delta t, \qquad (3.32)$$

Úzliksizlik teńlemesinen

$$\triangle\omega_1\ \cdot u = \triangle\omega_2\,u_2 = \ldots\ldots\ldots\ldots = \triangle\omega_1\ \cdot u = \triangle Q \qquad (3.33)$$

(3.32) teńlemeni (3.33) teńlemege qoysaq, gidrodinamikalıq basım kúshiniń orınlaǵan jumısı

$$\frac{\gamma}{g}\triangle Q\triangle t(\frac{U_2^2}{2}-\frac{U_1^2}{2}) = \gamma\triangle Q\triangle t\left(Z_1-Z_2\right)+\triangle Q\triangle t+\left(P_1-P_2\right), \qquad (3.34)$$

Suyıqlıq háreketiniń kinetikalıq energiyasınıń ózgeriw teoriyasına tiykarlanıp, ideal suyıqlıq ushın

$$\frac{\gamma}{g}\Delta Q\Delta t\ (\frac{U_2^2}{2}-\frac{U_1^2}{2}) = \gamma\Delta Q\Delta t\left(Z_1-Z_2\right)+\Delta Q\Delta t\left(P_1-P_2\right), \qquad (3.35)$$

Bul teńlemeniń eki tárepinede $\gamma\Delta Q\ \Delta t$ ǵa bólsek, yaǵnıy aǵımnıń kese kesim maydanınan Δt elementar waqıt dawamında ótken suyıqlıq kóleminiń awırlıq birligine salıstırıp alamız. Ol jaǵdayda (3.35) teńleme tómendegishe jazıladı.

$$\frac{U_2^2-U_1^2}{2g} = \left(Z_1-Z_2\right)+\frac{P_1-P_2}{\gamma} \qquad (3.36)$$

Yamasa hár bir kesim ushın óziniń belgilerin bólek jazıp shıqsaq,

$$\frac{U_1^2}{2g}+\frac{P_1}{\gamma}Z_1 = \frac{U_2^2}{2g}+\frac{P_2}{\gamma}+Z_2 \qquad (3.37)$$

Alınǵan I-I hám II-II kesimler iqtiyarıy bolǵanı ushın teńlemeni tómendegishe jazıw múmkin:

$$\frac{U_1^2}{2g}+\ P_1 / X / \gamma +\ Z = const \qquad (3.38)$$

(agımnıń uzınlıǵı boyınsha) (3.38) Bul (3.39) teńleme joqarıda keltirilgen Bernulli teńlemesi bolıp, onı D.Bernulli 1738 jılda islep shıqqan. Bul teńleme ideal suyıqlıqtıń elementar aǵım struyası háreketi ushın alınǵan.

D.Bernulli teńlemesiniń úsh aǵzasınıń qosındısı gidrodinamikalıq napor dep atalıp H_e shártli belgi menen kórsetiledi:

$$Z+\frac{P}{\gamma}+\frac{U^2}{2g} = H_e \qquad (3.39)$$

3.1-keste.

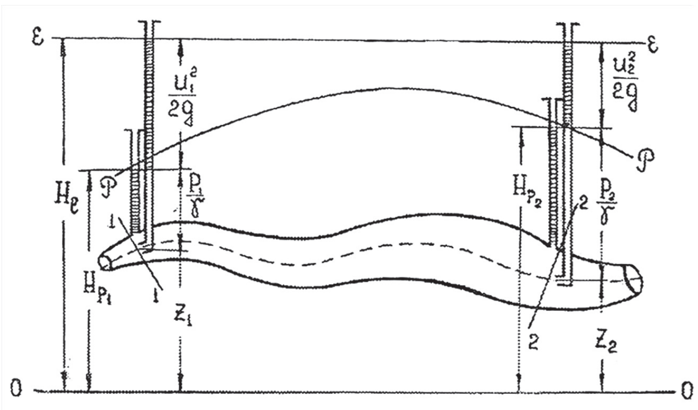
Bernulli teńlemesiniń geometriyalıq hám energetikalıq interpretaciyası.

Teńlemeniń aǵzalarınıń belgileri	Geometriyalıq maǵanası (3.5-súwret)		Energetikalıq maǵanası	
	ataması	sızılmadaǵı halatı	belgisi	ataması
Z	Kese kesimdegi qaralıp atırǵan tochkanıń ordinatası (geometriyalıq biyiklik)	← 0-0 tegislikten tochkaǵa shekemgi aralıq	$Э_{n(z)}$	Halattıń salıstırma potencial energiyası
p / γ	Pezometriyalıq biyiklik	Qaralıp atırǵan tochkadan P-P sızıǵına shekemgi aralıq	$Э_{n(p)}$	Basımnıń salıstırma potencial energiyası
$H_p = Z + p / \gamma$	Potencial napor	← 0-0 tegisliginen P-P sızıgına shekemgi aralıq	$Э_n$	Salıstırma potencial energiya
$u^2/ 2g$	Tezlik naporınıń biyikligi	P-P sızıǵı-nan E-E napor sızıǵına shekemgi aralıq	$Э_k$	Salıstırma kinetikalıq energiya
H_e=Z+p/γ+^{2}/2g	Tolıq napordıń biyikligi	← 0-0 tegisliginińen E-E napor sızıǵına shekemgi aralıq	$Э = Э_{n+}\ Э_k$	Tolıq salıstırma energiya

Bernulli teńlemesiniń aǵzaları 3.5-súwrette kórsetilgenindey sızıqlı ólshemli geometriyalıq mániske iye. Bul súwrette kórsetilgen Z, $r\ /\ \gamma,\ u^2/\ 2g$ shamalardıń qalay ornalasqanlıǵı boyınsha studentlerge túsinik beriw talap etiledi. Bunda aǵımnıń 1-1 hám 2-2 kese kesimlerin alamız, olar gorizontal 0-0 salıstırma tegisliginen Z_1 hám Z_2 biyiklikte jaylasqan usı kesimlerdiń elementar aǵım naychasınıń kósheri menen kesilisken tochkalarına P_1 hám P_2 pezometrler ornatamız. Suyıqlıq bul pezometrlerde $r_1\ /\ \gamma$ hám $r_2\ /\ \gamma$ biyikliklerge kóteriledi hám usı tochkalar arqalı P-P sızıǵı ótkeriledi. Usı *p-p* tegisliginiń joqarısına tezliktiń napor biyikligin qoyıp shıgıp, olar arqalı *E-E* sızıǵın ótkeremiz. Bularǵa tómendegishe túsiniklerdi beriwge boladı.

1. P-P sızıǵı pezometrdiń biyiklik tochkalarınan ótkizilgen bolıp, elementar aǵım naychasınıń kósherine salıstırıp r/γ biyiklikte jaylasqan. P-P sızıǵı pezometriyalıq sızıq dep ataladı. Ol sızıq iymek bolıp, elementar aǵım naychasınıń kósherinen joqarıda jaylasqan.

2. E-E sızıǵı napor tezligi biyikliklerinen ótkerilgen bolıp, P-P sızıgınan joqarıda jaylasqan boladı. E-E sızıǵı napor sızıǵı dep ataladı. Napor sızıǵıda iymek sızıq bolıp, elementar aǵım naychasınıń kósheri boylap ornatılǵan X.Pito trubkasındaǵı suyıqlıqtıń qáddinen ótkerilgen sızıq esaplanadı.



3.5-suwret. Bernulli teńlemesi aǵzalarınıń grafikalıq kórinisi.

3. Pezometriyalıq qıyalıq (uklon). Elementar aǵım naychasınıń pezometriyalıq qıyalıǵı dep, sızıqtıń elementar biyikligi $d(r/\gamma+Z)$ tiń onıń elementar uzınlıǵı ds ke qatnasına aytıladı:

$$J=\frac{-d}{ds}\left(p/\gamma+Z\right) \tag{3.40}$$

4. Tolıq napor N_e Tolıq napor D.Bernulli teńlemesindegi úsh aǵzanıń jıyındısı bolıp, tómendegishe jazıladı:

$$Z+\frac{P}{\gamma}+\frac{U^2}{2g}=H_e \tag{3.41}$$

5. Tolıq napordıń qıyalıǵı (uklonı) gidravlikalıq qıyalıq dep ataladı hám tómendegishe jazıladı:

$$\frac{d}{ds}\left(\frac{U^2}{2g}+\frac{p}{\gamma}+Z\right)=\frac{d}{ds}He=J_{\text{e}} \tag{3.42}$$

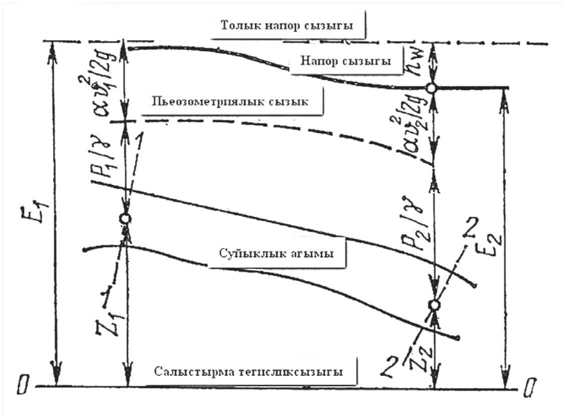
6. Ideal suyıqlıqlar ushın E-E napor sızıǵı 0-0 salıstırma tegisligine parallel tegislikte jatadı, yaǵnıy: $H_e=\text{const}$ (aǵımnıń uzınlıǵı boyınsha).

3.5. Real suyıqlıqtıń elementar aǵım naychası háreketi ushın D.Bernulli teńlemesi

Ideal suyıqlıq jabısqaqlıq qásiyetine iye bolmaǵanı ushın suyıqlıq háreketi qubılısında súykeliw kúshi nolge teń boladı. Real suyıqlıq jabısqaqlıq qásiyetin iye bolǵanlıǵı sebepli, ol suyıqlıq háreketi waqtında súykeliw kúshi barlıǵı menen xarakterlenedi. Eger elementar aǵım naychasınıń 1-1 hám 2-2 kesimleri ara háreketinde suyıqlıqtıń awırlıq (kólem) birligine sarplanǵan mexanikalıq energiyasın h_w menen belgilesek, ol jaǵdayda real suyıqlıqtıń elementar aǵım naychası ushın D.Bernulli teńlemesi tómendegishe jazıladı:

$$Z_1+\frac{P_1}{\gamma}+\frac{U_1^2}{2g}=Z_2+\frac{P_2}{\gamma}+\frac{U_2^2}{2g}+h_w \tag{3.43}$$

Bul jerde h_w – súykeliw nátiyjesinde joǵatılǵan salıstırma energiya (napor). Bul h_w shama tolıq joǵatılǵan napor dep ataladı.



3.6-súwret. Real suyiqlıqlar ushın Bernulli teńlemesiniń grafikalıq kórinisi.

Real suyıqlıqlardaǵı súykeliw kúshiniń tásirinde suyıqlıqtıń tolıq salıstırma energiyası He aǵımnıń uzınlıǵı boyınsha azayıp baradı:

$$Ns_1 > Ns_2 > \ldots\ldots\ldots\ldots > Ns_n, \qquad (3.44)$$
$$He_1 > He_2 > \ldots\ldots\ldots\ldots > He_n,$$

Bul jerde 1, 2, 3, ……n – kesimlerdiń nomerlerin bildiredi.

Real suyıqlıqlarda aǵımnıń kese kesimi boyınsha tezliklerdiń tegis emes bolıp taralıwı suyıqlıq massasınıń kinetikalıq energiyasına tásir etedi. Bul kinetikalıq energiyasınıń ózgeriwin sıpatlawshı α koefficienti menen belgilenedi. Ol G.Koriolis koefficienti dep ataladı. Onıń shaması α =1,05 -1.10.

Joqarıda keltirilgen qosımsha jaǵdaylardı esapqa alıp real suyıqlıqtıń tolıq aǵımı ushın Bernulli teńlemesin tómendegishe jazıw múmkin:

$$Z_1 + p_1/\gamma + \frac{\alpha_1 U_1^2}{2g} = Z_2 + P_2/\gamma + \frac{\alpha_2 U_2^2}{2g} + h_w, \qquad (3.45)$$

bul jerde $$h_w = H_{l_1} - H_{l_2} \qquad (3.46)$$

h_w – tolıq joǵatılǵan napor, ol súykeliw kúshleriniń tásirinde suyıqlıq aǵımınıń birinshi kese kesiminen ekinshi kese kesimge shekem ótiwdegi tolıq joǵalǵan napor (energiya).

Real suyıqlıqtıń tolıq aǵımı ushın Bernulli teńlemesiniń geometriyalıq maǵanası tómendegishe (3.6-suwret): P-P pezometriyalıq sızıq (kóp jaǵdaylarda ol iymek kórinisinde boladı) hám E-E napor sızıǵı, real suyıqlıqtıń tolıq aǵımı ushın ol gorizontal jaylaspaydı. E-E sızıǵı aǵımnıń uzınlıǵı boyınsha páseyip baradı (mısalı 1-1 kesimnen 2-2 kesimge shekem), bul páseyiw usı aralıqtaǵı joǵatılǵan napor h_wtı beredi. E-E napor sızıǵınıń qandayda bir elementar shamaǵa páseyiwin tómendegishe jazıw múmkin:

$$d\ He = d\left(Z + \frac{P}{\gamma} + \frac{\alpha U^2}{2g}\right) \qquad (3.47)$$

onıń elementar uzınlıq ds ke qatınası gidravlikalıq qıyalıq (uklon) dep ataladı hám J_e shártli belgisi menen belgilenedi:

$$J_e = -\frac{-dH_e}{ds} \qquad (3.48)$$

yamasa $$J_e = -\frac{-dhw}{ds} \qquad (3.49)$$

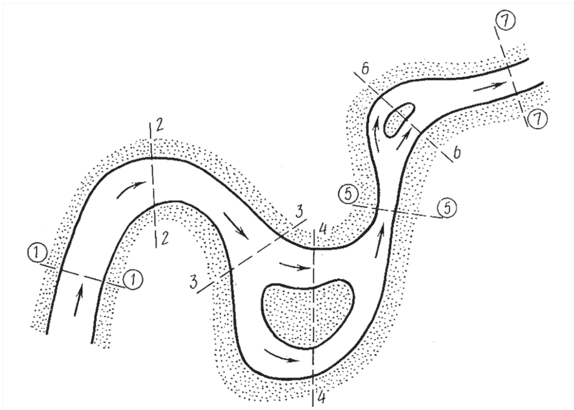
Bul gidravlikalıq uklon J_e ulıwma aǵımnıń uzınlıǵı boyınsha ózgeriwsheń, biraq barlıq waqıtta $J_e > 0$, tekte ideal suyıqlıq aǵımı ushın $J_e = 0$.

3.6. Bernulli teńlemesiniń ámelde qollanılıwı

Bernulli teńlemesin ámelde qollanıwdıń shártleri. D.Bernulli teńlemesin ámelde tuwrı qollanıw ushın onıń qollanıw shártlerin biliwimiz kerek (olarda eki tiykarǵı shárt bir waqıtta orınlanıwı kerek).

1. Birinshi shárti. D.Bernulli teńlemesi tegis ózgeriwsheń háreket hám parallel sızıqlı háreketler ushın alınǵanlıǵı sebepli, tekte sonday aǵımlar ushın qollanılıwı

2. múmkin dep qabıl etilgen edi. 3.7-súwretti qarap shıqsaq, onda Bernulli teńlemesin tekte 1-1 hám 7-7 kesim ushın qollanılıwı múmkin, 2-2 hám 3-3 kesimler ushın ulıwma múmkin emes, sebebi ol jerlerde háreket tez ózgeriwsheń bolıwı múmkin.



3.7-súwret. Tábiyiy jaǵdaydaǵı suw aǵımı háreketiniń ańǵarlanıw qubılısı.

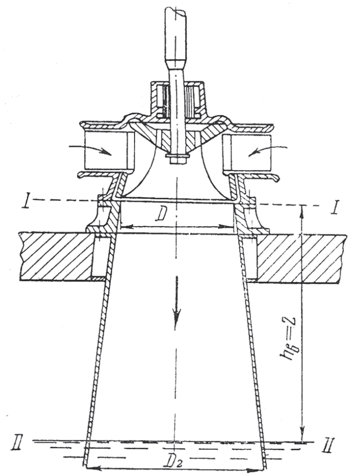
3. Ekinshi shárti. Bernulli teńlemesinde gidrodinamikalıq basım P hám Z, yaǵnıy $\frac{p}{\gamma}+Z$ ti aǵımnıń eki kese kesimi maydanınıń qálegen tochkasınan alıwımız múmkin. So leki 1-1 hám 2-2 kesimlerde tochkalardı hár túrli jerlerden alıwımız múmkin. Ámelde máseleler sheshimin ápiwayılastırıw maqsetinde Bernulli teńlemesiniń aǵzaların truba kósherindegi tochkalarǵa salıstırıp, ashıq ózenlerde bolsa, suw betindegi tochkalarǵa yamasa ózen túbindegi tochkalarǵa salıstırıp alınadı.

Bernulli teńlemesiniń ámeliy maqsetlerge qollanılıwı. Bernulli teńlemesi gidravlikanıń kóp ámeliy máselelerin sheshiw ushın keń qollanıladı. Mısalı: Bernulli teńlemesiniń járdemi menen nasoslardıń sorıw biyikligi anıqlanadı hám sorıw sızıǵın esaplaw júrgiziledi. Qalaqlı nasoslarda hám gidravlikalıq turbinalarda baqlanatuǵın kavitaciya qubılısları, mashinalardıń paydalı tásir koefficientleriniń tómenlewi Bernulli teńlemesin qollanıw arqalı úyreniledi.

Kóplegen suw ólshegish ásbapların esaplaw Bernulli teńlemesin qollanıw arqalı izertlenedi, taǵıda bir qansha suw kóteriwshi qurılmalarıda kiredi.

May aparıwshı hám benzin júriwshi trubalardı esaplawda, suw menen suwıtıw sistemaların, karbyuratorlardaǵı basımnıń tómenlep

ketiw shamasın anıqlawda hám naporlı truboprovodlardaǵı pezometriyalıq sızıqlardı qurıwda Bernulli teńlemesi keń qollanıladı.



3.7-súwret. Gidroturbinanıń sxeması

Bernulli teńlemesiniń qollanıwın tómendegi jaǵday ushın qarap ótemiz.

Gidravlikalıq turbinanıń shıǵarıwshı trubasınıń aldıngı betindegi vakuumnıń shamasın Bernulli teńlemesin qollanıp anıqlaw. Egerde (onıń uzınlıǵı h_6=5,0 m teń) tómendegi maǵlıwmatlar berilgen bolsa: uzınlıǵı h_6=5,0 m; suyıqlıqtı shıǵarıwshı trubanıń suw kiriw diametri D_1=0,7 m, shıǵıw diametri D_2 =1,40 m, trubanıń sarpı Q=1,50 m^3/s.

Shıǵarıwshı trubanıń basındaǵı vakuumnıń shamasın anıqlaw ushın (1-1-kesim) 1-1 hám 2-2 kesimler ushın Bernulli teńlemesin dúzemiz (salıstırıw tegisligi etip suyıqlıq betiniń tegisligin qabıllaymız 2-2 kesim). Trubanıń uzınlıǵı boylap energiyanıń joǵalıwın esapqa almaymız. Bernulli teńlemesin tómendegishe jazamız:

$$Z_1+\frac{P_1}{\gamma}+\frac{dU_1^2}{2g}=Z_2+\frac{P_2}{\gamma}+\frac{dU_2^2}{2g}$$

bunda qaralıp atırǵan jaǵday ushın:

$$Z_1 = h_i;$$
$$Z_2 = 0;$$

$$V_1=\frac{Q}{\omega_1}=\frac{4Q}{\pi D_1^2}$$

$$V_2=\frac{Q}{\omega_2}=\frac{4Q}{\pi D_2^2}$$

Sonda
$$h_v+\frac{P_1}{\gamma}+\frac{16\alpha_1 Q^2}{2g\pi^2 D_1^4}=\frac{P_a}{\gamma}+\frac{16\alpha_2 Q^2}{2g\pi^2 D_2^4}$$

$$h_{vak}\frac{P_1}{\gamma}=h_v+\frac{16Q^2}{2g\pi^2}\left(\frac{\alpha_1}{D_1^4}-\frac{\alpha_2}{D_2^4}\right)$$

bolǵanlıqtan, $$h_{vak}5+\frac{16\cdot 1{,}5^2}{2\cdot 9{,}81\cdot 3{,}14^2}\left(\frac{1{,}1}{0{,}7^4}-\frac{1{,}1}{1{,}4^4}\right)=5{,}8$$

$$h_{vak}=5{,}8\ m$$

Bernulli teńlemesi tiykarında islep shıǵılǵan gidravlikalıq ásbaplar. Bernulli teńlemesi tiykarında kóplegen ásbaplar islep shıǵılǵan, olardan pezometrli suw ólshegish ásbap (G.B.Venturi áspabı), suw púrkegish nasos, injektor hám basqalar. Suw ólshegish áspabtıń kese kesimi 3-súwrette kórsetilgen. Suw ólshegish áspabı, ámelde gidrometriyada hám suw truboprovodlarında suw sarpın ólshewde keń qollanıladı. Bul áspab truboprovodlarda suyıqlıq aǵımınıń tezligin hám sarpın ólshewde isletiledi.

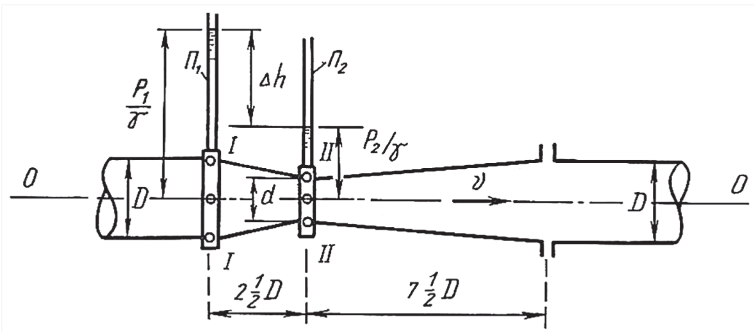
Trubanıń birden qısılıwınan joǵalǵan napor:

$$\vartriangle h=\frac{P_1}{\gamma}-\frac{P_2}{\gamma}=\frac{V_2^2}{2g}-\frac{V_1^1}{2g}$$

I-I kesimdegi aǵım tezligi: $V_1S_1 \ =V_2S_2$

$$\vartheta_1=V_2S_2\,/\,S_1$$

Bul jerdegi S_1 ham S_2-I-I ham II-II kesimlerdın maydani



3.9-súwret. Venturi suw ólshegishtiń sxeması.

$$\vartriangle h=\frac{V_2^2}{2g}-\frac{V_2^2\,S_2^2}{2g\,S_1^2}=\frac{V_2^2}{2g}\left(1-\frac{S_2^2}{S_1^2}\right)$$

Bunnan $$V_2=\sqrt{\frac{2g\vartriangle h}{1-\frac{S_2^2}{S_1^2}}}=\sqrt{\frac{2g\vartriangle h}{1-d_2^4/d_1^4}}$$

Endi suw sarpı muǵdarın anıqlaymız:

$$Q\ =V_2S_2=\frac{\pi d_2^2}{4}\sqrt{\frac{2g\vartriangle h}{1-d_2^4/d_1^4}}$$

3.7. Úshinshi baptıń temaları boyınsha ámeliy máseleler.

3.1.-másele. Trapetsiya formasındaǵı kanaldıń kese kesimi boyınsha suw betiniń keńligi B=10,0 m, ultanınıń eni b =2,0 m, kalandaǵı suwdıń tereńligi 2,0 m hám otkosı m=2,0 berilgen. Usı maǵlıwmatlar boyınsha kanaldıń gidravlikalıq radiusın anıqlań?

Sheshimi: χ =B + 2h$_{sr}$ =10 +2 ·1,2 =12,4 m^2

Aǵımnıń kese kesiminiń maydanın tabamız:

$$\omega = (b + mh)h=(2+ 2\cdot 2)=12\ m^2$$

Kanaldıń hollengen perimetriniń uzınlıǵı

$$\chi=b+2h\sqrt{1+m^2}=2{,}0+2\cdot 2\sqrt{1{,}0+2{,}0^2}=11{,}0\ m^2$$

Gidravlikalıq radius

$$R=\frac{\omega}{\chi}=\frac{12{,}4}{11{,}0}=1{,}13\ m^2$$

3.2-másele. Sheńber formasındaǵı truba berilgen, onıń diametri D= 0,4 m. Bul trubada suyıqlıq aǵımnıń hareketi naporlı Gidravlikaliq radiusın anıqlań?

Sheshimi: Sheńber formasındaǵı trubanıń kese kesiminiń maydanı

$$\omega=\frac{\pi d^2}{4}=\frac{3{,}14\cdot 0{,}4^2}{4}=0{,}126\ m^2$$

Hóllengen perimetrdiń uzınlıǵı

$$\chi = \pi d = 3{,}14 \cdot 0{,}4 = 1{,}256 \approx 1{,}22 \text{ m}$$

Gidravlikalıq radius

$$P = \frac{\omega}{\chi} = \frac{0{,}126}{1{,}26} = 0{,}10\ m$$

3.3-másele. Parabola formasındaǵı kanaldıń suw betiniń keńligi 6,0 m, tereńligi 1,5 m hám aǵımnıń tezligi V= 0,70 m/s berilgen.

Suyıqlıqtıń kólem sarp muǵdarın anıqlań?

Sheshimi: Parabola formasındaǵı kanaldıń kese kesimi maydanı

$$\omega = \frac{2}{3}Vh = \frac{2}{3}6 \cdot 1{,}5 = 6{,}0 sm^2$$

Aǵımnıń suw sarpı muǵdarı

$$Q = \upsilon \cdot \omega = 0{,}70 \cdot 6{,}0 = 4{,}2 \text{ m}^3/\text{s}$$

3.4.-másele. Polat trubadaǵı suw sarpı Q = 0,55 m^3/s hám onıń kese kesiminiń maydanı ω =0,66 m^2 bolsa, onıń aǵımınıń ortasha tezligin anıqlań?

Sheshimi: $$V = \frac{Q}{\omega} = \frac{0{,}55}{0{,}66} = 0{,}83\ m/s.$$

Metodikalıq xaraterge iye bolǵan máselelerdiń sheshiliw usılları tomengi ulgi sıpatında keltirilgen (3.5-3.6-maseleler).

3.5-másele. Truboprovodqa Venturi suw ólshegishi ornatılǵan (3.9-súwretke qarań). Trubanıń ishki diametri D=0,1m suw ólshegish gorlovinanıń diametri d=0,05 m, Pezometr kórsetkishleriniń ayırması Δh=0,05 m. Gorizontal jaylasqan trubadaǵı suw sarpın anıqlaw talap etiledi. Esaplawlarda suw ólshegish átirapındaǵı struyanıń qısılıwı hám joǵalǵan napor esapqa alınbaydı.

Sheshimi: Aǵımnıń 1-1 hám 2-2 kese kesimlerindegi trubanıń kósherinde jaylasqan tochkalarǵa salıstırıp Bernulli teńlemesin jazamız. Keyin tómendegi tártipte máeeleni sheshemiz.

1. Aǵımnıń berilgen eki kese kesimi 1-1 hám 2-2 ni Bernulli teńlemesi arqalı belgileymiz. Bul jaǵdayda tańlap alınǵan kesimlerde iláji barınsha kóbirek gidrodinamikalıq elementler bolıwı kerek. Bunda Bernulli teńlemesinen basqa qosımsha úzliksizlik teńlemesinde paydalanıwǵa tuwrı keledi.

2. Qálegen gorizontal 0-0 salıstırıw tegisligin tańlap alamız. Bul tegislikti sonday jerde belgilew kerek boladı, onda Bernulli teńlemesindegi Z_1, Z_2 hám basqa aǵzaları nolge aylanıwı kózde tutılıwı kerek.

3. Bernulli teńlemesi tolıq kóriniste jazıladı (3.45 teńlemege qarań).

4. (3.45) teńlemedegi hár bir aǵzalardıń shamaları máselede berilgen shártlerge kóre anıqlap shıǵıladı.

5. Anıqlanǵan aǵzalardı (3.45) teńlemege qoyıp, onı esaplaw ushın qolay jaǵdayǵa keltiriledi.

6. Anıqların bir tárepke, anıq emeslerin ekinshi tárepke ótkerip, máseleni sheshemiz.

Berilgen truboprovodtıń keń jerinde 1-1 kesimdi hám onıń tar jerinde 2-2 kesimdi, gorizontal 0-0 salıstırma tegisligin trubanıń kósherine μ tańlap ótkerip, usı kósherde jaylasqan tochkalar ushın Bernulli teńlemesin jazamız:

$$\frac{\alpha_1 \vartheta^2}{2g} + \frac{p_1}{\gamma} + Z_1 = \frac{\alpha_2 \vartheta_2^2}{2g} + \frac{P_2}{\gamma} + Z_2 + h_w \tag{3.50}$$

Máseleniń berilgen shártine tiykarlanıp $Z_1=Z_2=0$, trubada aǵım háreketi tegis ózgeriwsheń bolǵanı ushın G.Koriolis koefficientin eki kesim ushın $\alpha_1 = \alpha_2 = 1{,}0$ dep, 1-1 hám 2-2 kesim aralıǵındaǵı joǵatılǵan napor h_w nı nolge teń dep qabıl etemiz. Tabılǵanlarǵa tiykarlanıp Bernulli teńlemesin tómendegi kóriniste jazamız:

$$\frac{\alpha_2 \vartheta_2^2}{2g} + \frac{P_1}{\gamma} = \frac{\alpha_2 \vartheta_2^2}{2g} + \frac{P_2}{\gamma} \tag{3.51}$$

yamasa

$$\left(\frac{P_1}{\gamma} - \frac{P_2}{\gamma}\right) = \frac{\alpha_1 \vartheta_1^2}{2g} - \frac{\alpha_2 \vartheta_2^2}{2g} \tag{3.52}$$

joqarıdaǵı 3.9-súwrette kóringenindey,

$$\frac{P_1}{\gamma} - \frac{P_2}{\gamma} = \Delta h \tag{3.53}$$

Eger (3.52) teńlemeniń shep tárepi Δ h qa teń bolsa, onda onıń oń tárepide Δ h qa teń bolıwı shárt, bul jaǵdayda

$$\frac{\alpha_1 \vartheta_1^2}{2g} - \frac{\alpha_2 \vartheta_2^2}{2g} = \Delta h \qquad (3.54)$$

Bul jerde bir teńlemede eki belgisiz payda boldı. Belgisiz υ_1 hám υ_2 lerdi anıqlaw ushın aǵımnıń úzliksizlik teńlemesinen paydalanamız:

$$\vartheta_1 \omega_1 = \vartheta_2 \omega_2 \qquad (3.55)$$

Bunnan

$$\omega_1 = \frac{\pi D^2}{4}; \qquad \omega_2 = \frac{\pi D^2}{4} \qquad (3.56)$$

(3.56) teńlemeni (3.57) teńlemege qoysaq:

$$\frac{\upsilon_1}{\upsilon_2} = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{D^2}{d^2} \qquad (3.57)$$

(3.57) teńlemesi V_2 ge salıstırıp sheshsek:

$$V_2 = V_1 \frac{D^2}{d^2} \qquad (3.58)$$

V_2 ni (3.58) teńlemeden (3.53) teńlemege qoysaq, tómendegini alamız:

$$\Delta h = \frac{\upsilon_1^2}{2g}\left(\frac{D^4}{d^4} - 1\right) \qquad (3.59)$$

(3.59) teńlemeden V_1 di anıqlaymız

$$V_1 = \sqrt{\frac{1}{\left(\frac{D^4}{d^4} - 1\right)}} \sqrt{2g}\sqrt{\Delta h} \qquad (3.60)$$

Suyıqlıq sarpınıń úzliksizlik teńlemesinen

$$Q = \upsilon_1 \cdot \omega_1 \qquad (3.61)$$

Tómendegini jazamız:

$$Q = \frac{\pi D^2}{4} \sqrt{\frac{2g}{\left(\frac{D^4}{d^4} - 1\right)}} \cdot \sqrt{\Delta h} \qquad (3.62)$$

Berilgen Venturi suw ólshegish ásbabı ushın (3.62) teńlemeden onıń ózgermes bólimin A menen belgilesek

$$\frac{\pi D^2}{4} \sqrt{\frac{2g}{\left(\frac{D^4}{d^4} - 1\right)}} = A, \qquad (3.63)$$

Nátiyjede suw ólshegish járdeminde suyıqlıq aǵımınıń sarpın esaplaw ushın tómendegi ápiwayı formulanı alamız:

$$Q = A\sqrt{\Delta h} \qquad (3.64)$$

Máseleni sheshiwde joqarıda pezometrli suw ólshegishte joǵatılǵan napor esapqa alınbaǵan edi. Endi joǵatılǵan napordı esapqa alsaq, pezometrli suw ólshegish ushın suyıqlıq sarpın esaplaytuǵın formula tómendegishe jazıladı:

$$Q = \mu \cdot A\sqrt{\Delta h} \qquad (3.65)$$

Bul jerde μ – suw sarpı koefficienti, pezometrli suw ólshegish ushın μ=0,980-0,985; μ di 0,98dep qabıl etemiz. (3.65) teńlemeden suyıqlıq sarpın anıqlaymız; A- pezometrli suw ólshegish koefficienti, ol (3.63) teoriyalıq formula arqalı anıqlanadı. Ámelde bolsa, tiykarınan A tájiriybe ótkeriw usılı menen anıqlanadı. Bunıń ushın (3.63) teńlemeden berilgen pezometrli suw ólshegishtiń ózgermes aǵzası A nı esaplaymız:

$$A = \frac{\pi D^2}{4} \sqrt{\frac{2g}{\left(\frac{D^4}{d^4} - 1\right)}} = \frac{3{,}14 \cdot 0{,}10^2}{4} \sqrt{\frac{2 \cdot 9{,}81}{\frac{0{,}10^4}{0{,}05^4} - 1}} = 0{,}0090 \frac{m^{2,5}}{s}$$

Pezometrli suw ótkeriw koefficienti hám trubadaǵı suyıqlıq sarpı (3.65) teńlemeden anıqlanadı:

$$Q = \mu A\sqrt{\Delta h} = 0{,}98 \cdot 0{,}009\sqrt{0{,}5} = 0{,}00624\ m^3/c.$$

3.6-másele. Birden keńeyiwshi hám qısılıwshı kese kesimge iye bolǵan truboprovod ushın P-P hám E-E sızıqların qurıw kerek (3.10-súwret). Berilgen maǵlıwmatlar: d_1= 0,15m; d_2= 0,20m; L_1=20m; L_2 = L_3 =10m; R=1,2 m;

H=1,2m; Z= 1,0.

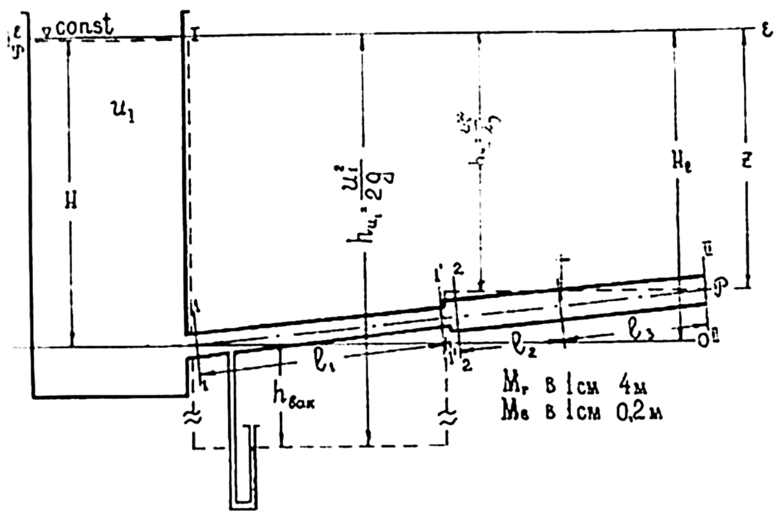
Rezervuardaǵı suw tezligin V_1 =0 dep qabıllaymız.

Sheshimi: 1. Kese kesimlerdi hám 0-0 salıstırma tegisligin 3.5-súwrette kórsetilgendey etip belgileymiz.

2.1-1 kesim ushın (bul jerde barlıq aǵzalar belgili) hám 2-2 kesim ushın (bunda tezlik V_2 belgisiz) Bernulli teńlemesin jazamız:

$$Z_1 + \frac{R_1}{\gamma} + \frac{\upsilon_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{\upsilon^2}{2g}$$

3. Bul teńlemedegi aǵzalardıń shamasın anıqlaymız hám ekinshi trubadaǵı aǵımnıń tezligin V_2 anıqlaymız:



3.10-suwret. Ideal suyıqlıqlar ushın napor hám peozomertiyalıq sızıqlardı qurıw sxeması.

Z_1=N=1,20m

$P_1=P_2=P_a;\ V_1=0;\ Z_2=N-Z$ =1,2 -1,0=0,20 m

$$\frac{\upsilon_1^2}{2g} = N - (N - Z) = Z = 1{,}0\ m$$

hám $B_2 = \sqrt{2gZ} = \sqrt{2 \cdot 9{,}81 \cdot 1} = 4{,}43\ m/c$

4. Tarmaqtıń suw sarpın anıqlaymız

$$Q = V_2 \cdot \omega_2 = V_2 0{,}785 \cdot d_2^2 = 4{,}43 \cdot 0{,}00314 = 0{,}139 m^3/c = 139\ l/s$$

5. Úzliksizlik teńlemesin paydalanıp birinshi trubadaǵı suyıqlıq tezligin anıqlaymız

$$V_1 = V_2\frac{\omega_2}{\omega_1} = V_2 d_2^2 = 4{,}43 \cdot 1{,}78 = 7{,}9\ m/s$$

6. Tezlik naporın anıqlamız:

$$\frac{\upsilon_1^2}{2g} = \frac{7{,}9^2}{19{,}62} = 3{,}18\ m;\quad \frac{\upsilon_2^2}{2g} = \frac{4{,}43^2}{19{,}62} = 1{,}0\ m.$$

7. E-E liniyasin siziw ushin gidrodinamikalıq napordıń tolıq salıstırma energiyanıń shamasın anıqlamız:

Ideal suyıqlıqlarda súykeliw kúshi joq bolǵanlıqtan aǵımnıń salıstırma energiyası turaqlı bolıp qaladı N_e=const hám E-E sızıǵı tuwrı gorizontal sızıq boladı. Biziń qaralıp atırǵan jaǵdayımız ushın

$$Z_1 + \frac{R_1}{\gamma} + \frac{\upsilon_1^2}{2g} = H \approx 1.20\ \text{m}$$

8. P-P pezometriyalıq napor sızıgın qurıw ushın tarmaqtıń kesimlerindegi pezometriyalıq napordı H_p nı anıqlaymız.

Pezometriyalıq napor tómendegi formula menen anıqlanadı:

$$H_p = Z + \frac{R_1}{\gamma}$$

yamasa
$$H_p = H_g - \frac{\upsilon^2}{2g}$$

E-E hám P-P sızıqların qurıw ushın esaplawlardı tómendegi keste túrinde orınlaymız

3.6-máseleniń esaplap anıqlanǵan shamaları.

Kese kesimlerdiń №	D, m	ω_1 m^2	V_1 m/s	$V^2/2g$ M	H_e, m	N_p, m
I		-	0	0	1,2	1,2
1	0,15	0,0137	7,90	3,18	1,2	-1,98
2	0,15	0,0177	7,90	3,18	1,2	-1,98
3	0,20	0,0314	4,43	1,00	1,2	0,20
II	0,20	0,314	4,43	1,00	1,20	0,20

P-P sızıgın qurıw ushın tarmaqtıń barlıq kesimlerindegi H_p nıń shamasın 0-0 salıstırma tegisliginen baslap koyamız: onıń ońmánisin joqarıǵa, teris mánisin tómenge qoyamız. Tabılǵan otmetkalardı tuwrı sızıq penen (turaqlı diametrlegi uchastkalarda) yamasa iymek sızıq penen (diametri bir tegis ózgeriwsheń uchastkalarda) tutastırıp P-P sızıǵın tabamız.

Takirarlaw ushın sorawlar.

1. Gidrodinamikanıń máseleleri qanday?
2. Aǵım sızıǵı hám háreket troektoriyası dep nege aytıladı hám olardıń qásiyetleriniń qanday ayırmashılıǵı bar?
3. Elementar struya, tok trubkası dep nelerge aytıladı hám olardıń qásiyetleri qanday?
4. Suyıqlıq aǵımı degenimiz ne?
5. Tegis ózgeriwsheń háreket degenimiz ne?
6. Aǵımnıń kese kesimi maydanı, hóllengen perimetri hám gidravlikalıq radiusı dep nelerge aytıladı?
7. Aǵımnıń ortasha tezligi hám sarp muǵdarı dep nelerge aytıladı?
8. Tegis hám tegis emes ilgerilenbe, naporlı hám naporsız háreket qanday boladı?
9. Úzliksizlik teńlemesi dep nege aytıladı?
10. Úzliksizlik teńlemesin elementar struya hám suyıqlıq aǵımı ushın jazıp kórsetiń?

11. Bernulli teńlemesin qanday teoremanı qollanıp keltirip shıǵarıladı?
12. Bernulli teńlemesiniń geometriyalıq, gidravlikalıq hám energetikalıq mánisi qanday?
13. Bernulli teńlemesiniń ideal hám real suyıqlıqlardıń elementar struyası ushın quramı qanday jazıladı, ayırmashılıǵı neden ibarat?
14. Gidravlikalıq hám pezometriyalıq qıyalıqlar dep nege aytıladı?
15. Aǵımnıń tolıq salıstırma energiyası dep nege aytıladı?
16. Bernulli teńlemesindegi Koriolis koefficientiniń maǵanasın túsindiriń?
17. Bernulli teńlemesiniń nızamları qanday ólshew ásbaplarında qollanıladı?

Tórtinshi bap. **GIDRAVLIKALIQ QARSILIQ HÁM SUYIQLIQ HÁREKETI WAQTINDA SÚYKELIW TÁSIRINDE JOĠALĠAN NAPOR.**

4.1. Gidravlikalıq qarsılıq hám joǵalǵan napor haqqında túsinik.

Gidravlikanıń kóplegen máselelerin sheshiwde aǵımnıń uzınlıǵı boyınsha ózgeriwshi tezlikti hám basımdı anıqlawshı baylanıslardı tabıw talap etiledi. Bunıń ushın mına teńlemeler qollanılıwı múmkin:

Úzliksizlik teńlemesi

$$Q = \vartheta \cdot \omega = \text{const}$$

hám Bernulli teńlemesi

$$Z + \frac{P}{\gamma} + \frac{\vartheta^2}{2g} + h_w = const$$

Ádette bul teńlemeler úsh belgisizden turadı: ϑ, R hám h_w, sonlıqtan bulardı sheshiw ushın úshinshi teńleme kerek boladı. Úshinshi teńleme bolıp joǵalǵan napordıń tezlikke hám basqada faktorlarǵa baylanısı esaplanadı.

Ózenlerde suyıqlıq háreketi waqtında aǵımǵa teriskeri jónelgen halda kushleri payda boladi, olar gidravlikaliḱ súykeliw dep ataladı. Aǵımdaǵı napordıń joǵalıwı eki túrli kórinistegi qarsılıqlardıń nátiyjesinde kelip shıǵadı:

1) aǵımnıń uzınlıǵı boyınsha gidravlikalıq súykeliw nátiyjesinde payda bolǵan, h_e ;

2) jergilikli qarsılıqlar tásirinde joǵatılǵan napor, h_m.

Tolıq joǵatılǵan napor, joqarıda kórsetilgen eki joǵatılǵan naporlardıń qosındısına teń, yaǵnıy

$$h_w = h_e + \sum h_m \tag{4.1}$$

Ádette truboprovodtıń uzınlıǵı boyınsha joǵalǵan napor Darsi-Veysbaxtıń formulası menen

$$h_m = \xi \frac{\vartheta^2}{2g} \tag{4.2}$$

Al jergilikli joǵalǵan napor – Veysbaxtıń formulası menen anıqlanadı

$$h_m = \xi \frac{\vartheta^2}{2g} \tag{4.3}$$

bul jerde λ –gidravlikalıq súykeliw koefficienti (Darsi koefficienti); l –truboprovodtıń uzınlıǵı; d – truboprovodtıń diametri; ϑ – aǵımnıń ortasha ortasha tezligi; ξ – jergilikli qarsılıq koefficienti.

Egerde suyıqlıq háreketiniń tiykarǵı shamaları (Z, P hám ϑ) belgili bolsa, onda 1-1 hám 2-2 kesimleri arasındaǵı uchastkada joǵalǵan tolıq napordı Bernulli teńlemesi arqalı anıqlawǵa boladı

$$h_w = \left(Z_1 + \frac{P_1}{\rho g} + \frac{\alpha_1 \vartheta_1^2}{2g} \right) - \left(Z_2 + \frac{P_2}{\rho g} + \frac{\alpha_2 \vartheta_2^2}{2g} \right) \tag{4.4}$$

Aǵımnıń uzınlıǵı boyınshada hámde aralıqtaǵı júdá qısqa uchastkalardaǵı joǵalǵan naporlardıń negizgi deregi bolıp suyıqlıqtıń jabısqaqlıǵı hám ózen diywallarındaǵı gedir-budırlıqlar esaplanadı. Sonıń menen birge suyıqlıqtaǵı jabısqaqlıq kúshleri onıń háreket tártibine de baylanıslı boladı. Usı ózgesheliklerdi ashıq kanallarda hám naporlı truboprovodlarda suyıqlıq háreketi waqtında joǵalǵan napordı anıqlaǵanda esapqa alıw talap etiledi.

4.2. Real suyıqlıq agımınıń eki túrli háreket rejimi

4.2.1. Tiykarǵı túsinikler.

Suyıqlıq hareketi waqtındaǵı gidravlikalıq súykeliwdi tájiriybede úyreniw nátiyjelerinde kóringenindey joǵalǵan napor (energiya), usı aǵımnıń qanday rejimde (laminarma yamasa turbulentpe) háreketleniwine baylanıslı. Laminar hárekette suyıqlıq qatlam-qatlam bolıp aǵıp, usı suyıqlıq bóleksheleri basıp ótken jollarınıń izleri bir-birine salıstırǵanda parallel boladı. Laminar sózi latın tilinen alınǵan bolıp, lamina-qatlam maǵanasın ańlatadı. Tabiyatta suyıqlıq aǵımınıń laminar háreketi, tiykarınan, jer astı suwları háreketinde, jińishke kapillyar naychalar ishindegi suyıqlıq háreketinde hám úlken jabısqaqlıqqa iye bolǵan suyıqlıqlar, mısalı, neft, vazelin hám hár qıylı maylardıń háreketinde ushıraydı.

Turbulent háreket dep, suyıqlıq aǵımınıń qatlam-qatlam bolıp aǵıwı buzılıp, sol suyıqlıq bóleksheleri basıp ótken jollarınıń izleri júdá quramalı túrde bolıp, bir-birine oralıp aralasıp ketetuǵın háreketke aytıladı. Turbulent sózi latın tilinen alınǵan bolıp, turbulentus – tártipsiz degen maǵananı bildiredi. Tabiyattaǵı barlıq suyıqlıq háreketi tiykarınan turbulent halatta boladı.

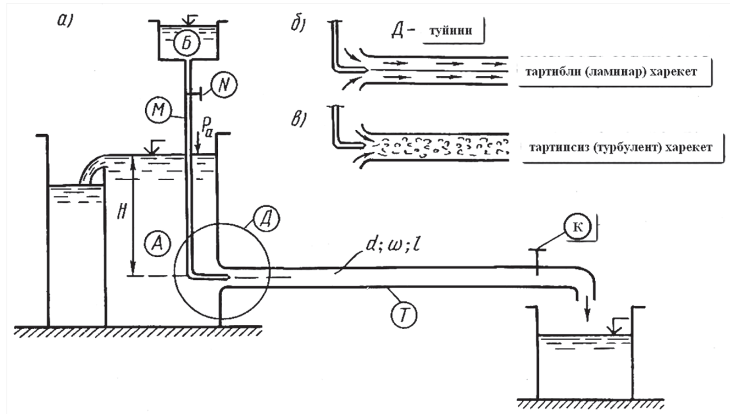
Suyıqlıq aǵımınıń laminar hám turbulent háreketin birinshi márte rus ilimpazı D.I. Mendeleev 1880-jılı aytip ótken. Keyinrek D.I.Mendeleevtiń pikirin anglishan fizigi O.Reynolds tájiriybede 1883-jılı tastıyıqlaǵan. O.Reynolds birinshi bolıp usı háreket rejimleriniń qásiyetlerin tájiriybede túsindirip berdi. Suyıqlıqtıń háreket rejimin anıqlawshı shártlerin teoriyalıq hám tájiriybe usıllar járdeminde islep shıqtı.

4.2.2. Laminar hám turbulent háreket. O. Reynolds tájiriybesi.

O.Reynolds suyıqlıqtıń háreket rejimin tájiriybede úyreniw ushın arnawlı qurılma islep shıqqan hám bul qurılma O.Reynolds qurılması dep ataladı (4.1-suwret).

Qurılmada A ıdısqa T truba jalǵanǵan bolıp, ol truba shiysheden soǵılǵan, onıń aqırında K kran ornatılǵan. A ıdıstıń ústinde kishkene B ıdıs jaylasqan, bul ıdıstan M mıs naychası arqalı T trubanıń kiriw bólimi arqalı boyaw jiberiledi (boyawdıń salıstırma awırlıǵı suwdıń salıstırma awırlıǵı menen birdey). T trubanıń aqırındaǵı K krandı ashıw hám jabıw arqalı T trubadaǵı aǵımnıń háreket tezligi hám Q suyıqlıq sarpı ózgertiledi.

Tájiriybe ótkeriw usılı tómendegishe tártipte: shiysheden jasalǵan T trubada háreket etip atırǵan suyıqlıq aǵımına M naycha arqalı boyaw jiberemiz. Bul waqıtta boyaw T trubada háreketlenip atırǵan suyıqlıq



4.1-suwret. Suyıqlıq háreketiniń eki rejimi bar ekenligin dálillew ushın O.Reynoldstıń tájriybe qurılmasınıń sxeması.

aǵımı ishinde, usı suyıqlıq penen aralaspastan aǵım bóleksheleriniń háreketlenip atırǵan sızıǵınday bolıp háreketlense bunday háreket laminar háreket dep ataladı. Boyaw usı suyıqlıq penen aralasıp, aǵım ishindegi boyaw sızıǵı kórinbey ketse, bunday háreket turbulent háreket dep ataladı.

Bul rejimlerdi tájiriybede tómendegishe baqlaymız. Shiyshe trubadaǵı K krandı áste ashsaq, A ıdıstan suyıqlıq aǵıp shıǵa baslaydı. T trubada onıń kese kesimi boyınsha qandayda bir ortasha tezlik ϑ payda boladı (bul waqıtta A ıdıstaǵı suw qáddi ózgermes, yaǵnıy $H \approx const$ bolıwı kerek). Endi M naychanıń N kranın biraz ashsaq, T trubaǵa boyaw óte baslaydı hám ondaǵı suyıqlıq aǵımı ishinde jińishke tuwrı sızıqlı boyaw reńindegi aǵım sızıǵın payda etedi. Bunda boyaw átiraptaǵı suyıqlıqlar menen aralaspastan háreket etip atırǵanın kóremiz. Bul suyıqlıqtıń laminar rejimde háreket etip atırǵanın kórsetedi. Egerde usı tártipte T trubadaǵı suyıqlıq ishinde boyawdan taǵıda bir neshe elementar aǵım naychaların payda etsek, onda olar bólek-bólek elementar aǵım naychası túrinde átiraptaǵı suyıqlıq massaları menen aralaspastan, bólek háreket etedi. Solay etip, T shiyshe trubada suyıqlıq bólek-bólek hám qabatpa-qabat jaǵdayda, bir-biri menen aralaspastan, parallel bolıp háreket ete beredi, bunda aǵım sızıǵı tuwrı sızıq bolıp, uzınlığı boyınsha ózgermeydi. Eger K krandi ashıwdı dawam etsek, onda ϑ tezlik hám Q suw sarpı kóbeye baslaydı. Birden qandayda bir elementar waqıt ishinde boyalǵan aǵım naychası iymeklene baslaydı, bunda aǵım sızıǵı jılannıń izine uqsap qaladı. Elementar aǵım naychası bolsa tebrene baslaydı. Tezliktiń jánede kóbeyiw nátiyjesinde boyalǵan elementar aǵım naychası átirapındaǵı suyıqlıq massası menen aralasa baslaydı hám aǵım sızıqları júdá qısqa waqıt ishinde óziniń túrin joǵaltıp, pútin T trubadaǵı aǵımnıń kese kesimi boyınsha boyaw reńi kórinisine aylanıp, tártipli hám tártipsiz túrde háreketlene baslaydı. Bunday háreket turbulent háreketti sıpatlaydı.

4.2.3. Reynolds sanı hám onıń kritikalıq muǵdarı

Tájiriybelerden málim bolǵanınday, suyıqlıqlardıń háreket tártipleri suyıqlıqtıń jabısqaqlıǵına – μ, onıń tıgızlıgına – ρ, aǵımnıń kese kesimi boyınsha ortasha tezligine - ϑ hám ózenniń geometriyalıq ólshemleri – L ge baylanıslı. Ózenniń geometriyalıq ólshemleri dep, ózenniń qandayda bir xarakterli geometriyalıq elementi, mısalı dóńgelek truba ushın onıń diametri D, ashıq ózen ushın suyıqlıq aǵımınıń tereńligi h yamasa onıń gidravlikalıq radiusı R qabıl etilgen. Aǵımnıń háreket tártibin xarakterlewshi ólshem birligine iye bolmaǵan, tórt μ, ρ, ϑ, L parametrden quralǵan kompleks san aniqlanǵan. Usı tórt parametrdiń bir-birine baylanısınan ólshem birligine iye bolmaǵan hámde suyıqlıq háreketiniń nızamlıq mánisin túsindiretuǵın bir kompleks san dúzilgen. Bunday kompleks san tómendegishe jazıladı:

$$\frac{\vartheta \cdot l}{\mu / \rho}, \qquad (4.5)$$

bul jerde $\dfrac{\mu}{\rho} = \nu$ – kinematikalıq jabısqaqlıq koefficienti. Onı (4.5) teńlemege qoysaq, ol jaǵdayda kompleks san tómendegi kóriniste boladı:

$$\frac{\vartheta l}{\nu} \qquad (4.6)$$

Joqarıda orınlanǵan tájiriybeler ham (4.6) kompleks san O.Reynolds tárepinen islep shıgılǵan. Sonıń ushın bul san O.Reynolds sanı dep ataladı hám Reynolds atınıń birinshi eki háripi menen belgilenedi:

$$Re = \frac{\vartheta l}{\nu}, \qquad (4.7)$$

bul jerdegi *l* ornına qanday shama ekenligine qarap Re sanına tiyisli indeks qoyıladı. Mısalı *l* ornına trubanıń D diametri qabıl etilse,

$$Re_d = \frac{\vartheta \cdot D}{\nu} \qquad (4.8)$$

eger gidravlikalıq radius R= dep qabıl etilse

$$R = \frac{\omega}{\chi} \qquad (4.9)$$

ashıq ózenlerde suwdıń tereńligi h qabıl etilse

$$\mathrm{Re}_R = \frac{\vartheta \cdot h}{\nu} \qquad (4.10)$$

Hám taǵıda dawam etsek bolsadı. Tekte truboprovodlardaǵı suyıqlıq aǵımı háreketin gidravlikalıq esaplawda O.Reynolds sanınıń belgisinde *D* indeksin qabıllamastan jazılıwı múmkin

$$Re = \frac{\vartheta \cdot D}{\nu} \qquad (4.11)$$

Truboprovodtan basqa hár túrli ózenler ushın Re belgisinde tiyisli indeksler qoyıladı. Suyıqlıqlardıń háreketin dóńgelek gidravlikalıq sıypaq truboprovodlarda úyreniw nátiyjesinde tastıyıqlanǵan O.Reynolds sanınıń shaması Re ≤ 2320 bolǵanda, bul jaǵdayda suyıqlıq háreketi tolıq laminar hárekette boladı. Ashıq ózenler ushın O.Reynolds sanı Re ≤580 bolǵanda suyıqlıq aǵımnıń háreketi laminar boladı. Bul jaǵdaydı tómendegishe dálillep jazıwǵa boladı:

$$Re_d = \frac{\vartheta \cdot D}{\nu} = \frac{\vartheta \cdot (4R)}{\nu} = 4\frac{\vartheta \cdot R}{\nu} = 4\mathrm{Re}_R;$$

yağnıy $$Re_d = 4\,Re^R = 2320,$$

bunnan $$Re_R = \frac{1}{4} Re_d = \frac{2320}{4} = 580.$$

Solay etip, $Re_d = 2320$ sanı O.Reynoldstıń kritikalıq sanı dep ataladı hám $(Re_d)_{kr}$ shártli belgi menen belgilenedi.

$$\left(Re_d\right)_{kr} = \frac{\vartheta_{kr} \cdot D}{\nu} \tag{4.12}$$

Usı kritikalıq halatqa tiyisli ağımnıń ortasha tezligi kritikalıq tezlik dep ataladı:

$$v_{kr} = \frac{(\mathrm{Re}_d)_{kr} \cdot \nu}{D} \qquad \vartheta_{kr} = \frac{\left(\mathrm{Re}_d\right)_{kr} \cdot \nu}{D} \tag{4.13}$$

O.Reynoldstıń tájiriybeleriniń tiykarında tómendegishe túsinik kiritilgen:

1) eger $Re_d < (Re_d)_{kr}$=2320 bolsa, háreket laminar boladı;

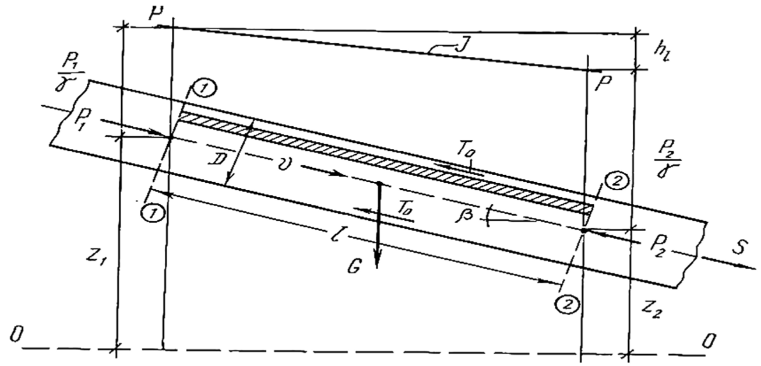
2) eger $Re_d > (Re_d)_{kr}$=2320 bolsa, háreket turbulent boladı.

4.3. Suyıqlıq ağımınıń turaqlı bir tegis ilgerilenbe háreketiniń tiykarğı teńlemesi.

Real suyıqlıqlardıń háreketi waqtında súykeliw kúshi payda boladı hám usı súykeliw kúshi qansha kóp bolsa, joğatılğan naporda h_w sonsha kóp boladı. Tómende suyıqlıqlardağı súykeliw kúshi menen joğatılğan napor arasında málim baylanıs barlıgın qarap shıgamız.

Bunıń ushın trubadağı suyıqlıq ağımınıń 1-1 hám 2-2 kesimlerindegi *l* aralığındağı bólegine tásir etiwshi barlıq sırtqı kúshlerdi anıqlaymız (4.2-súwret). Bunıń ushın tómendegi shártli belgilerdi qabıllaymız: *D* –trubanıń diametri;

ω - ağımnıń kese kesimi betiniń maydanı; ϑ - ağımnıń kese kesimindegi ortasha tezlik; χ - hollengen parametrdiń uzınlığı; R- gidravlikalıq radius; τ_0–ağımnıń truba diywalı menen súykeliw betiniń birlik maydanına durıs kelgen kúshleniw; T_0 – usı ağım bólegindegi ulıwma maydandağı durıs kelgen trubanıń hollengen perimetri boyınsha



4.2-suwret. Real suyıqlıq ağımınıń ilgerlenbe háreket teńlemesin anıqlaw sxeması.

súykeliw kúshi; h_l –ağımnıń uzınlığı boyınsha joğatılğan napor; ß – trubanıń (kósheri boyınsha) gorizontal tegislikke salıstırma múyeshi.

1. Ağımnıń ajıratılğan 1-1 hám 2-2 kesimler arasındağı suyıqlıq kólemine tásir etiwshi kúshler:

a) awırlıq kúshi

$$G = \gamma \omega l \tag{4.14}$$

onıń S kósherine proekciyası

$$G_s = \gamma\, \omega\, l\, sin\beta \tag{4.15}$$

bunda $$l sin\beta = Z_1 - Z_2 \tag{4.16}$$

(4.16) teńlemeni (4.15) teńlemege qoysaq

$$G_s = \gamma\omega\,(Z_1 - Z_2) \tag{4.17}$$

b) suyıqlıq ağımınıń 1-1 hám 2-2 kese kesimlerindegi basım kúshleri

$$P_1 = p_1 \cdot \omega_1; \quad P_2 = p_2 \cdot \omega_2, \tag{4.18}$$

bul jerde P_1 hám P_2 –ağımnıń 1-1 hám 2-2 kese kesimleriniń awırlıq orayına qoyılğan gidrodinamikalıq basımlar.

2. Barlıq kúshlerdiń S kósherine proekciyalar jıyındısın nólge teńleymiz:

$$\gamma\omega\,(Z_1 - Z_2) + p_1\omega_1 - p_2\omega_2 - T_0 = 0 \qquad (4.19)$$

(4.19) teńlemeni $\gamma\omega$ ǵa bólip hám $\omega_1 = \omega_2 = \omega$ ekenin názerde tutıp jazamız

$$(Z_1 - Z_2) + \frac{P_1 - P_2}{\gamma} - \frac{T_0}{\gamma\omega} = 0 \qquad (4.20)$$

$$(Z_1 + \frac{P_1}{\gamma}) - (Z_2 + \frac{P_2}{\gamma}) = \frac{T_0}{\gamma\omega} \qquad (4.21)$$

(4.21) teńlemeniń shep tárepi aǵımnıń uzınlıǵı boyınsha joǵatılǵan naporǵa teń

$$(Z_1 + \frac{P_1}{\gamma}) - (Z_2 + \frac{P_2}{\gamma}) = h_l \qquad (4.22)$$

Usınday bolǵanı ushın (4.22) teńlemeniń oń tárepide aǵımnıń uzınlıǵı boyınsha joǵatılǵan naporǵa teń boladı:

$$h_l = \frac{T_0}{\gamma\omega} \qquad (4.23)$$

bul jerde T_0 – ulıwma trubanıń tolıq perimetri boyınsha súykeliw kúshi.

$$T_0 = \chi l \cdot \tau_0 \qquad (4.24)$$

Bunda τ_0 – trubanıń ishki diywalındaǵı ortasha urınba kúshleniw (4.24) teńlemeni (4.23) teńlemege qoysaq:

$$h_l = \frac{\chi \cdot l}{\omega}\frac{\tau_0}{\gamma} \qquad (4.25)$$

yamasa $$\frac{h_l}{l} = R \cdot \frac{\tau_0}{\tilde{a}}$$

bul jerde $$\frac{\omega}{\chi} = R; \quad \frac{h_e}{l} = \text{J} \qquad (4.26)$$

$$\frac{\tau_0}{\tilde{a}} = R \cdot J \qquad (4.27)$$

$$\tau_0 = \gamma\,\text{RJ} \qquad (4.28)$$

yamasa $\gamma = \rho g$ ni qoyıp tómendegishe jazamız:

$$\tau_0/\rho = g\text{RJ} \qquad (4.29)$$

(4.29) teńleme suyıqlıq aǵımınıń bir tegis ilgerilenbe háreketiniń tiykarǵı teńlemesi dep ataladı.

4.4. Laminar hárekettegi aǵımnıń kese kesiminiń maydanı boyınsha tochkalardaǵı ortasha tezliklerdiń taralıwı.

Belgili bolǵanınday aǵım háreketi laminar bolǵanda suyıqlıq bóleksheleri bir-birine parallel jaǵdayda háreket etedi. Bul jaǵday ushın dóńgelek trubadaǵı naporlı háreketti qarap shıǵamız (4.3-súwret). Trubanıń radiusı r bolsa, truba kósherinen Y aralıqta jaylasqan M qálegen tochkadaǵı U tezlikti anıqlaymız. Bunıń ushın M tochka arqalı radiusı y ge teń bolǵan aylanba sızıq sızamız.

Tegis ilgerilenbe háreket teńlemesi (4.28) ge tiykarlanıp radiusı u ge teń bolǵan trubadaǵı suyıqlıq aǵımı ushın (4.29) dan tómendegi teńlemeni jazamız:

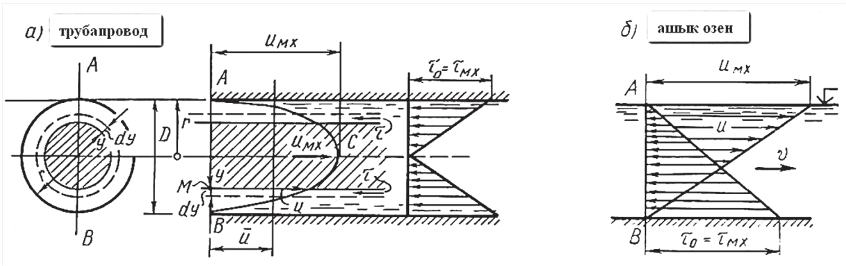
$$\frac{\tau_0}{\gamma} g\,R^1 J = g\frac{y}{2}\text{J} \qquad (4.30)$$

bunda $$R^1 = \frac{\omega^1}{\chi^1} = \frac{\pi u^2}{2\pi u} = \frac{u}{2} \qquad (4.31)$$

Nyuton nızamına tiykarlanıp súykeliw kúshi

$$\tau = -\nu\rho\frac{du}{dy} \qquad (4.32)$$

Bul jerde teris belgi trubanıń kósherinen diywalǵa shekem tezliktiń kemeyip barıwın bildiredi. (4.32) teńlemeni (4.30) teńlemege qoyıp,



4.3-suwret. Suyıqlıq háreketiniń laminar rejiminde ağımnıń kese-kesimi boyınsha tezliklerdiń taralıwı.

onı integrallap shıqqannan keyin laminar hárekettiń AV kesimdegi (4.3-súwret) tezliklerdiń taralıwı epyurası teńlemesin jazamız.

$$U = \frac{1}{4}\frac{g}{\nu}J\left(r^2 - y^2\right) \tag{4.33}$$

(4.33) formuladan kórinip turǵanınday, ACB sızıǵı aǵımnıń kese kesimi boyınsha tochkalardaǵı ortasha tezliklerdiń taralıw epyurası parabola nızamı boyınsha orınlanar eken. Eger y = 0 dep alsaq, ol jaǵdayda (4.33) teńlemedegi tezlik eń úlken shamaǵa iye boladı.

$$U_{max} = \frac{1}{4}\frac{g}{\nu}Jr^2 \tag{4.34}$$

(4.32) teńlemeden τ urınba kúshleniw aǵımnıń kese kesiminiń radiusı boyınsha tuwrı sızıq nızamı boyınsha taraladı. τ diń shaması trubanıń kósherinde τ=0 boladı, onıń eń úlken shaması τ_{max} diywalǵa júdá jakın jerde boladı.

4.5. Suyıqlıq aǵımınıń laminar háreketi waqtında ózenniń uzınlıǵı boyınsha joǵalǵan napor.

4.3-súwretke tiykarlanıp trubada háreket etip atırǵan suyıqlıq aǵımınıń sarpın tabamız. Bunıń ushın kese kesimniń radiusı y bolǵan elementar dω maydanınan ótip atırǵan elementar suyıqlıq sarpı dQ dı anıqlaymız

$$dQ = u\cdot d\omega, \tag{4.35}$$

bul jerde

$$d\omega = 2\,\pi u dy$$

(4.35) teńlemeni (4.35) teńlemege qoysaq

$$dQ = \frac{1}{4}\frac{g}{\nu}J\left(r^2 - y^2\right)2\pi u dy \tag{4.36}$$

(4.36) teńlemeni aǵımnıń kese kesimi beti maydanı boyınsha integrallap tómendegini tabamız

$$Q = \frac{\pi}{2}\frac{g}{\nu}J\int_{u=0}^{u=r}\left(r^2 - y^2\right)udy = \frac{\pi}{8}\frac{g}{\nu}Jr^4 = \frac{\pi}{128}\frac{g}{\nu}JD^4, \tag{4.37}$$

yamasa

$$Q = AD^4, \tag{4.38}$$

Bul jerde A- suyıqlıqtıń túrine baylanıslı koefficient

$$A = \frac{\pi}{128}\frac{g}{\nu} \tag{4.39}$$

Suyıqlıq aǵımınıń kese kesim beti maydanı boyınsha ortasha tezligin anıqlaymız

$$U = \frac{Q}{\omega} = \frac{\pi}{128}\frac{g}{\nu}JD^4\cdot\frac{4}{\pi D^2} = \frac{1}{32}\frac{g}{\nu}JD^2, \tag{4.40}$$

Bul jerde

$$J = \frac{h_e}{l} \tag{4.41}$$

(4.41) di (4.40) qa qoysaq

$$U = \frac{1}{32}\frac{g}{\nu}\frac{h_e}{l}\cdot D^2 \tag{4.42}$$

(4.42) ni h_e ge salıstırıp sheshsek, J.Puazeyl formulası kelip shıǵadı

$$h_e = 32\frac{g}{\nu}\frac{l}{D^2}U \qquad (4.43)$$

(4.43) formula J.Puazeyldiń teoriyalıq formulası bolıp, 1840 jılda islep shıǵılǵan.

(4.43) formuladan kórinip turǵanınday, laminar háreket ushın joǵatılǵan napor:

1. Suyıqlıqtıń fizikalıq qásiyetlerine (γ,ρ,ν) baylanıslı.
2. Aǵımnıń birinshi dárejeli ortasha tezligine tuwrı proporcional

h_e : : U

3. Ózenniń ultanınıń hám diywalınıń gedir-budırlıǵına baylanıslı emes.
4. (4.43) formula ámelde tómendegi kóriniske keltirip qollanıladı

$$h_l = 32\frac{g}{\nu}\frac{U}{D^2}\cdot l = 32\frac{g}{\nu}\frac{l}{D}\cdot\frac{U}{g}\cdot\frac{2U}{2U} = 64\frac{\nu}{DU}\frac{l}{D}\frac{U^2}{2g} \qquad (4.44)$$

bunnan

$$h_e = \lambda_D\frac{l}{D}\frac{U^2}{2g} \qquad (4.45)$$

bul jerde λ_D – gidravlikalıq súykeliw koefficienti tekte dóńgelek trubadaǵı suyıqlıq háreketi laminar bolǵanda tómendegi formuladan paydalanıw múmkin.

$$\lambda_D = 64\frac{\nu}{DU} = \frac{64}{\frac{DU}{\nu}} = \frac{64}{Re_D} \qquad (4.46)$$

(4.46) teńlemedegi ózgermes 64 sanı tekte dóńgelek túrdegi ózenler ushın alınǵan bolıp, basqa túrdegi ózenler ushın ózgeredi. Bunda λ – gidravlikalıq súykeliw koefficienti; Re_D - O.Reynolds sanı.

4.6. Laminar háreket qatlamshısı, gidravlikalıq sıypaq hám gedir-budır ózen diywalı.

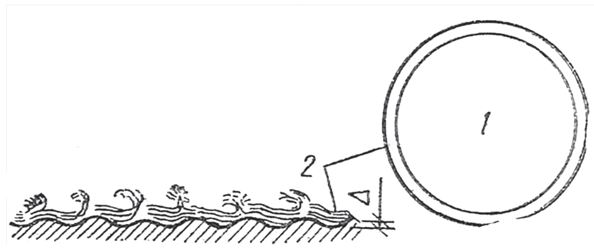
Aǵımnıń kese kesimi boyınsha tezliktiń taralıwınıń hám joǵalǵan napordı anıqlawdıń turbulent rejimi ushın teoriyalıq sheshimi joq. Trubadaǵı suyıqlıq aǵımınıń orayında turbulent yadrosınıń hám truba diywalı perimetri boyınsha juqa laminar qatlamshasınıń bar ekenligin dálilleytuǵın shártli sxemasi tiykarında nemec ilimpazı Prandtl turbulentliktiń poluempirikalıq teoriyasın islep shıqtı.

Laminar háreket qatlamshası. Suyıqlıq aǵımınıń turbulent háreketi waqtında suyıqlıqtıń ózen ultanı menen ushırasqan jerinde (diywal qanday bolıwına qaramastan- sıypaq yamasa gedir-budır) júdá júqa laminar háreket qatlamshası payda boladı. Bul qatlamshada onıń qalıńlıǵı boyınsha tezliklerdiń taralıwı tuwrı sızıqlı nızamǵa boysınadı. Bul qatlamsha 4.4-súwrette kórsetilgen.

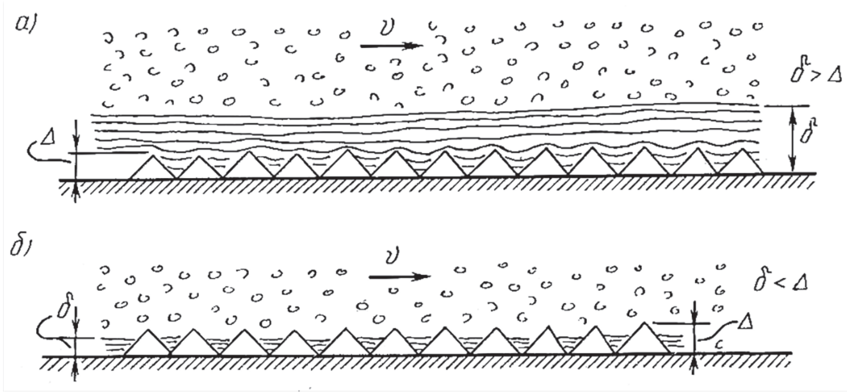
Onıń qalıńlıǵı shama menen tómendegi formula menen anıqlanadı.

$$\delta = 30\frac{d}{Re}\sqrt{\lambda} \qquad (4.47)$$

Bul jerde δ – laminar háreket qatlamshasınıń qalıńlıǵı, onıń ólshemi mm den de kishi boladı. Bul qatlamshanı L.Prandtl oylap tapqan. Bunıń menen tábiyattıń jáńe bir nızamı payda bolǵan, yaǵnıy gidravlikada turbulent aǵımınıń kese kesimi betiniń maydanı boyınsha tochkalardaǵı ortasha tezliklerdiń tarqalıwı tarawında usı waqıtqa shekem málim bolmaǵan jańalıq jaratqan. Bul jańalıq gidrodinamikada hám aerodinamikada úlken áhmiyetke iye.



4.4-suwret. Trubadaǵı suyıqlık aǵımınıń turbulent yadrodan (1) hám laminar qatlamshasınan (2) turatuǵın shártli sxeması.



4.5-suwret. Diywal betiniń gidravlikalıq siypaq hám gedir-budırlıǵı:
a) siypaq; b) gedir-budır.

Gidravlikalıq sıypaq hám gedir-budır ózen diywalı. Harekettegi suyıqlıq betleri belgili biyikliktegi gedir-budırlıqqa iye bolǵan, trubanıń yamasa ózenniń diywalları menen shegaralanǵan boladı (4.5-súwret).

Eger laminar qatlamshasınıń qalıńlıǵı, ózen diywalı gedir-budırlıǵınan kóp bolsa,

$$\delta > \Delta, \qquad (4.48)$$

bul jaǵdayda ózen diywalı gidravlikalıq sıypaq boladı (4.5a-súwret). Eger

$$\delta < \Delta, \qquad (4.49)$$

bolsa, ózen diywalı gedir-budır esaplanadı (4.5.b-súwret).

(4.48)shi jaǵdayda diywal beti gidravlikalıq sıypaq esaplanılıp, koefficient Darsi Blazius tárepinen usınılǵan formula menen anıqlanadı:

$$\lambda = \frac{0,3164}{Re^{0,25}}, \qquad (4.50)$$

al (4.45) formula tómendegishe túrge iye boladı

$$h_l = 0,3164\nu^{0,25}\frac{l}{d^{1,25}}\cdot\frac{U^{1,75}}{2g} \qquad (4.51)$$

Gidravlikalıq gedir-budır diywallarda koefficient λ háreket tezligine baylanıslı emes hám joǵalǵan napor tezliktiń kvadratına proporcional boladı. Bunday qarsılıqtıń kvadrat oblastı ushın gidravlikalıq súykeliw koefficienti tájiriybe ótkeriw nátiyjesinde alınǵan hár qıylı formulalar menen anıqlanadı.

4.7. Aǵım kese kesiminiń maydanı boyınsha tochkalardaǵı ortasha tezliklerdiń taralıw formulaları.

Turbulent háreket ushın aǵımnıń kese kesimi betiniń maydanı boyınsha tezliklerdiń taralıw teńlemeleri kóp. Olar teoriyalıq hám tájiriybe jolları menen alınǵan. Bul teńlemeler yarım teoriyalıq hám empirikalıq esaplanadı. Olar tómendegiler:

a) Gidravlikalıq sıypaq diywal ushın:

1. L.Prandtl formulası

$$\frac{U_{max} - U}{U_*} = \frac{l}{K} ln\frac{r}{r-y}, \qquad (4.52)$$

Bul jerde $U_* = \sqrt{gRJ}$ – dinamikalıq tezlik; K- Karmannıń universal ózgermes koefficienti. Karmannıń tájiriybesi boyınsha K= 0,36 -0,435; L.Prindtl tájiriybesi boyınsha K = 0,435; keyingi izleniwlerge qaraǵanda, mısalı: I. Nikuradze tájiriybesi boyınsha K=0,40; G.V.Jeleznyakov tájiriybesi boyınsha K = 0,54; YU.A.Umarov tájiriybesi boyınsha K= 0,46 hám taǵı basqalar. K.I. Baymanov tájiriybesi boyınsha parametr K tómengi Amudárya suwǵarıw kanallarında aǵızıqlardıń háreket rejimine, Shezi koefficientine hám aǵımnıń turbulentlik jiyligine baylanıslı 0,13 ten 0,62 ge shekem ózgeredi.

$$K = \frac{0,86}{1+\mu C_{\hat{A}}^{*}} + \frac{0,13}{1-6,7K_h K_v} \qquad (4.53)$$

Bul jerde $C_B^* = C_B / \sqrt{g}$ – Shezidiń ólshemsiz koefficienti; μ=ρ_Δ–ρ/ρ_Δ – aǵızıqlardıń deficit parametri; $K_h K_v$ –aǵımnıń kese kesimi boyınsha turbulentliktiń jiyiligi.

2.Karman formulası

$$U = U_{max}(1-\frac{y}{r})^{1/m} \qquad (4.54)$$

bul jerde r- trubanıń radiusı; u-truba kósherinen tezlik ólshenip atırǵan tochkaǵa shekemgi aralıq; 1/m - dáreje kórsetkishi. A.D.Altshul dáreje kórsetkishi 1/m di

$$1/m = 0{,}90\sqrt{\lambda} \qquad (4.55)$$

dep qabillaǵan

3.L.Prandtl hám I.Nikuradze formulası

$$\frac{U}{U_*} = 5{,}75 lg\frac{(r-y)U_*}{\nu} + 5{,}5 \qquad (4.56)$$

Bul jerde r – trubanıń radiusı, u- trubanıń kósherinen tezlik ólshenip atırǵan tochkaǵa shekemgi aralıq; U_* -dinamikalıq tezlik; ν – kinematikalıq jabısqaqlıq.

b) gedir-budır diywal ushın

1. L.Prandtl formulası

$$\frac{U}{U_*} = 5{,}75 lg\frac{r-y}{\Delta} + A_{sh}, \qquad (4.57)$$

bunda Δ – gedir-budırlıqtıń ortasha geometriyalıq biyikligi; A_{sh} – ózen ultanı gedir-budırlıǵınıń mikro–makro túrine baylanıslı koefficient (mikro túrli gedir-budır ózen ushın A_{sh} = 8,5).

2.A.D. Altshul formulası

$$\frac{U}{U_{max}} = 1-2\left[\frac{lg\frac{r}{y}}{\frac{0{,}975}{\sqrt{\lambda}}+1{,}35}\right] \qquad (4.58)$$

Bul jerde y – trubanıń kósherinen tezlik ólshenip atırǵan tochkaǵa shekemgi aralıq; r – trubanıń radiusı; U_{max} – tezliktiń eń úlken muǵdarı; λ-gidravlikalıq súykeliw koefficienti.

Ashıq ózenler ushın tezlik teńlemesiniń ulıwma kórinisi tómendegishe:

$$\frac{U_{max}-U}{U_*} = \frac{1}{K} lg\frac{h}{y} \qquad (4.59)$$

yamasa

$$U = U_{max} - \frac{U_*}{K} lg\left(\frac{h}{y}\right) \qquad (4.60)$$

Dáreje kórsetkishi funkciyası kórinisinde

$$U = U_{max}(\frac{h}{y})^{1/m} \qquad (4.61)$$

Bul jerde u- ózen ultanınan tezlik ólshenip atırǵan tochkaǵa shekemgi aralıq; U_{max}-maksimal tezlik (suw betine jaqın jerdegi tereńlikte boladı); h- suyıqlıq agımınıń tereńligi; U –vertikaldaǵı ortasha tezlik.

c) Ilay suw bólekshelerin alıp júriwshi ashıq ózenlerdiń kese kesimi maydanı boyınsha tezliklerdiń taralıwın anıqlaw ushın K.I.Baymanovtıń formulası.

1. Gidravlikalıq sıypaq diywal ushın

$$\frac{U}{U_*} = 7{,}0 lg\frac{U_* Z}{\nu} + 5{,}25 \qquad (4.62)$$

2. Gedir-budır diywal ushın

$$\frac{U}{U_*} = 7{,}0 lg\frac{Z}{\Delta} + 7{,}7 \qquad (4.63)$$

Bul jerde Z – ózenniń ultanınan tezlik ólshenip atırǵan tochkaǵa shekemgi aralıq; Δ – ózen gedir-budırlıǵınıń absolyut biyikligi; ν – kinematikalıq jabısqaqlıq.

4.8. Turbulent háreketindegi suyıqlıq aǵımınıń gidravlikalıq súykeliw koefficienti.

Ózenniń uzınlıǵı boyınsha súykeliw nátiyjesinde joǵalǵan napor Darsi – Veysbax formulası menen anıqlanadı:

$$h_e = \lambda \cdot \frac{l}{D} \cdot \frac{\vartheta^2}{2g} \qquad (4.64)$$

Bul jerde λ – ózennińuzınlıǵı boyınsha gidravlikalıq súykeliw koefficienti; l – ózenniń qaralıp atırǵan bóleginiń uzınlıǵı; D – trubanıń diametri; ϑ – ortasha háreket tezligi.

Aǵımnıń uzınlıǵı boyınsha joǵalǵan napordı (4.64) teńlemesinen esaplaw ushın gidravlikalıq súykeliw koefficientiniń shamasın anıqlaw kerek boladı. Bul úzliksiz ortalıq mexanikasınıń eń quramalı mashqalalarınan birewi esaplanılıp, usı kúnge shekem ele tolıq teoriyalıq sheshimi tabılǵan joq. Gidrodinamikada házirshe bul mashqala tájiriybe usılında sheshilmekte. Bul tarawda K.V. Grishanin, I.I.Levi, A.P. Zegjda, V.S.Knoroz, V.N.Goncharov, A.D.Altshul, S.X. Abalyanc hám basqalar kóp tájiriybelerdi orınlaǵan. Olardıń gidravlikada kórsetken xızmetleri hám orınlaǵan jumıslarınıń nátiyjeleri kópten beri ámelde qollanba bolıp kelemekte. Mısalı, R.Teylor, Karman, L. Prandtl, F. Forgeymerlerdiń aǵımnıń kese kesimi boyınsha tezliklerdiń taralıw teńlemesi, laminar háreket qatlamshası teoriyası buǵan dálil esaplanadı. Sonıń menen birge L.Prandtl, I.Nikuradze, Kolbruk, I.I. Levi, K.V.Grishanin, G.A.Murin, V.S.Knoroz, A.P.Zegjda, R.R.Chugaev, F.A.Shevelev hám basqalardıń barlıq zona hám qarsılıq oblastları ushın islep shıǵılǵan gidravlikalıq súykeliw koefficientin anıqlaw nomogrammaları hám ózen gedir-budırlıǵın anıqlaw usılları solardıń ishine kiredi.

Dóńgelek trubadaǵı naporlı laminar háreket ushın joqarıda teoriyalıq jol menen (4.46) teńleme alınǵan. Tómende turbulent háreketi ushın λ ni esaplaw teńlemelerin keltiremiz.

Keyingi waqıtlarda qatar ilimpazlar tárepinen λ ni esaplaw formulaları, ulıwma alǵanda, onıń O.Reynolds sanına hám ózenniń gedir-budırlıǵına baylanıslı ekenligin dálillegen:

$$\lambda = f\ (\mathrm{Re}, \frac{R}{\Delta}, \xi) \qquad (4.65)$$

Naporlı turbulent háreket ushın tómende ni esaplaw formulaların keltiremiz:

A) gidravlikalıq sıypaq diywal ushın:

1. L.Prandtl formulası (1932 j)

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda_D}} = 2\lg\left(Re_D\sqrt{\lambda_D}\right) - 0,80 \qquad (4.66)$$

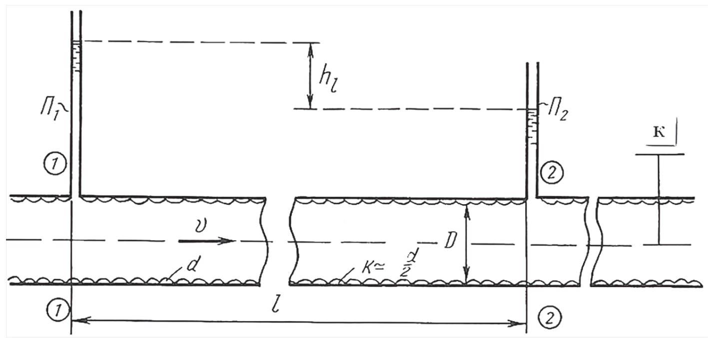
2. X.Blazius formulası (1913 j.)

$$\lambda = \frac{0,3164}{Re_D^{0,25}} \qquad (4.67)$$

b) gedir-budır diywal ushın λ ni esaplaw formulaları joqarıda atları atap ótilgen ilimpazlar tárepinen islep shıǵılǵan.Tómende olardan ayırımların, yaǵnıy ámelde qollanılǵanların keltiremiz. **I.Nikuradze tájiriybesi** (1933 j.). I.Nikuradze naporlı dóńgelek cilindrli trubanıń diywallarına birdey biyikliktegi Δ qum bólekshelerin teńdey tártipte bólistirip, jabıstırıp, jasalma gedir-budırlıq payda etip tájiriybelerin ótkergen (4.6-súwret).

Trubada aralıǵı l bolǵan 1-1 hám 2-2 kesimlerde Π_1 hám Π_2 pezometrler hám K kran ornatılǵan. K kran járdeminde trubadaǵı suyıqlıq háreketiniń tezligin qálegenshe ózgerttiriw múmkin. Ornatılǵan Π_1 hám Π_2 pezometrler járdeminde usı trubanıń l uzınlıǵı boyınsha joǵalǵan napor h_l anıqlanılǵan. Bunda I.Nikuradze gidravlikalıq súykeliw koefficientin (4.64) teńlemege tiykarlanıp tómendegishe qolay jaǵdayǵa keltirgen:

$$\lambda = \frac{h_l}{l} 2g \frac{D^3}{\nu^2} \frac{1}{Re_D^2} \qquad (4.68)$$

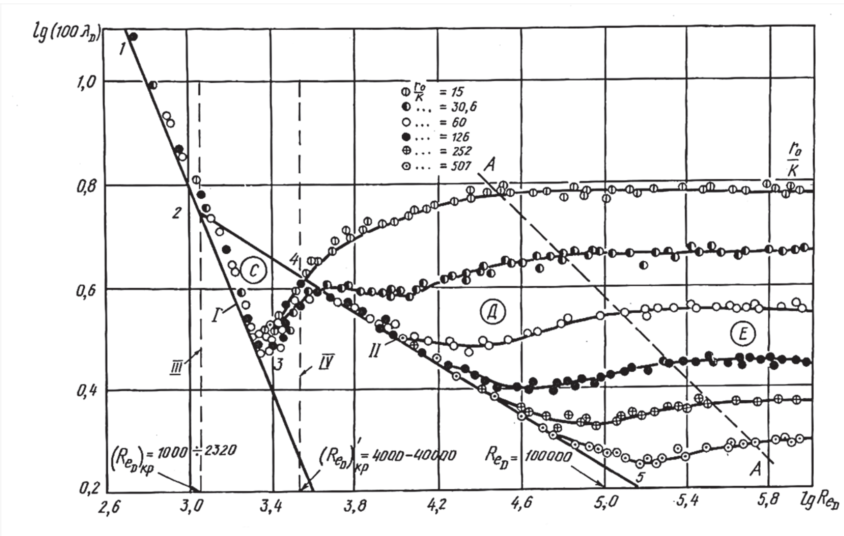


4.6-suwret. I.Nikuradzeniń tájriybe qurılmasınıń sxeması.

Tájiriybede h_l, ϑ, ν lerdi ólshep, λ ni (4.68) teńleme járdeminde esaplaǵan. I.Nikuradze qurılmasındaǵı gedir-budırlıqlar bir ólshemdegi qum bólekshelerinen ibarat bolıp, olar trubanıń ishki diywalına bir-birine salıstırǵanda birdey aralıqta bir tegis biyiklikte jaylasqan. Óziniń tájiriybelerinde alınǵan nátiyjelerdi I.Nikuradze arnawlı nomogrammaǵa túsirgen (4.7-súwret), bunda ordinata kósherine lg $(100\lambda_D)$, abcissa kósherine bolsa $\lg(Re_D)$ shamaları qoyılǵan. Bul nomogrammada qatar iymek hám tuwrı sızıqlar bar, olardıń hár biri anıq bir salıstırma gedir-budırlıqqa iye

$$\Delta_r = \frac{\Delta}{r}, \qquad (4.69)$$

bul jerde Δ – absolyut gedir-budırlıq, I Nikuradze bunı trubanıń ishki diywalına jaylastırılǵan qum bóleksheleriniń geometriyalıq biyikligi etip qabıl etken (Δ=d/2); r - trubanıń radiusı.



4.7-súwret. I.Nikuradze grafiginiń sxeması.(hár túrli Δ_g ushın λ=f(Re_D) grafigi). I- laminar háreket zonası; C – turaqsız zona yamasa ótiw háreket zonası; II- turbulent zonanıń ózen diywalı gidravlikalıq sıypaq oblastı; D – Turbulent zonanıń ózen diywalı ekinshi dárejeli qarsılıq oblastına ótiw oblastı; E – turbulent zonanıń tolıq gedir-budır oblastı yamasa ekinshi dárejeli qarsılıq oblastı.

I.Nikuradze nomogramması (4.7-súwret) júdá qolay túrde bolıp, suyıqlıq háreketi waqtında joǵalǵan napor haqqındaǵı mashqalanı ulıwmalastırıp tómendegi nátiyjelerdi anıq kórsetedi:

1) gidravlikalıq súykeliw koefficienti λ ulıwma kóriniste tekte O.Reynolds sanına hám ózen diywalınıń gedir-budırlıǵına Δ_r baylanıslı boladı;

2) Suyıqlıq háreketiniń ózine tán jaǵdayları bolatuǵının esapqa alsaq, onda hár bir ózine tán jaǵday ushın gidravlikalıq súykeliw koefficienti tekte Re ge yamasa tekte Δ_r ge baylanısli boladı;

3) anıq bir-biri menen baylanıslı bolǵan hám Re ler ushın zona hám oblastlar anıqlanǵan, olar ushın joǵalǵan napor h_e ortasha tezliktiń niń m dárejesine tuwrı proporcional

$$h_e : : \vartheta^m, \qquad (4.70)$$

bul jerde m –dáreje kórsetkishi, hár bir zona hám oblastlar ushın anıq muǵdar, m = 1, 2 hám basqalar.

I.Nikuradze nomogrammasında, shepten ońǵa qarap birinshi tuwrı sızıq I menen belgilengen, ol J.Puazeyldiń teoriyalıq (4.43) teńlemesin tastıyıqlaydı hám onı laminar háreketiniń tuwrı sızıǵı dep ataladı. Ekinshi tuwrı sızıq II, bul X.Blaziustıń teoriyalıq (4.50) teńlemesin tastıyıqlaydı hám bul sızıq X.Blazius tuwrı sızıǵı dep ataladı. I.Nikuradze grafiginiń barlıq maydanın úsh zonaǵa bóliw múmkin.

Birinshi zona. Bul zona laminar háreket zonası dep ataladı (4.7-súwrettegi 1-2-3-tuwrı sızıq yamasa I tuwrı sızıq), ol (4.46)shı teńleme boyınsha sızılǵan. Bul zona ushın:

a) O.Reynolds sanı Re_{kr} =2320 den kishi;

b) joǵalǵan napor ózenniń gedir-budırlıǵına baylanisli emes, sebebi hár túrli gedir - budirliqlarǵa iye λ = f (Re) iymek sızıqlar kelip usı laminar háreketin belgilewshi 1-2-3 tuwrı sızıqqa qosılmaqta.

c) joǵalǵan napor aǵım tezliginiń birinshi dárejesine tuwrı proporcional

$$h_l : : \vartheta^m, \text{ bul jerde } m=1 \qquad (4.71)$$

Ekinshi zona. Bul zona turaqsız zona yamasa «ótiw» zonası dep ataladı (4.7-súwrette III hám IV vertikallardıń aralıǵı). 4.7-súwrettegi C zonadaǵı laminar háreket turbulent háreketke ótiwi múmkin hám kerisinshe, turbulent háreket laminar háreketke ótiwi múmkin. Bul jerde O.Reynolds sanı 1000-2320 dan 4000 40000 ǵa shekem bolıwı múmkin.

Úshinshi zona. Bul zona turbulent háreket zonası dep ataladı. Ol IV vertikaldıń oń tárepinde jaylasqan. Bul zona óziniń halatı **boyınsha úsh oblastqa bólinedi.**

Birinshi oblast – ózen diywalı gidravlikalıq sıypaq oblast; bul oblast 4.7-súwrettegi 2-4-5 tuwrı sızıq yamasa II sızıq átirapında jaylasqan. Kóbinese bul sızıq X.Blazius sızıǵı dep ataladı. Bul oblastda:

a) joǵalǵan napor aǵım tezliginiń 1,75 dáreje kórsetkishine tuwrı proporcional

$$h_e : : \vartheta^m, \text{ bul jerde } m=1{,}75 \qquad (4.72)$$

b) joǵalǵan napor h_e tekte Re ge baylanıslı, gedir-budırlıqqa baylanıslı emes (bul jerde biz sıypaq trubaǵa iye bolamız, gedir-budırlıqlar laminar qatlamshası menen jabılǵan).

c) L.Prondtl (4.66) hám X.Blazius (4.67) teńlemesine tiykarlanıp h_l taǵıda λ tekte O.Reynolds sanına baylanıslı

$$\lambda = f\,(Re_D) \qquad (4.73)$$

Ekinshi oblast – ózen diywalı gidravlikalıq sıypaq oblastınan tolıq gedir-budır oblastına ótiw yamasa ekinshi dárejeli qarsılıq oblastına ótiw oblasti. Ol 4.7-súwrettegi II tuwrı sızıq penen AV tuwrı sızıǵı ortasında jaylasqan (D oblastına qarań). Bul jerde joǵalǵan napor teńlemesindegi gidravlikalıq súykeliw koefficienti O.Reynolds sanına hámde salıstırma gedir-budırlıqqa baylanıslı

$$\lambda = f\,(Re_D \Delta_r) \qquad (4.74)$$

Bul ótiw oblastında sızıqlar iymek bolıp, O.Reynolds sanı kóbeyiwi menen, laminar qatlamshasınıń qalıńlıǵı juqalanıp barıp, gedir-budırlıqlar usı laminar qatlamshasınan joqarıǵa kóterilip baradı.

Úshinshi oblast – ózen diywalı tolıq gedir-budır oblasti, yamasa ekinshi dárejeli qarsılıq oblasti (kóplep ádebiyatlarda bul oblast avtomodel oblasti dep ataladı). Bul oblast AA sızıǵınıń oń tárepinde jaylasqan (4.7-súwrette E oblastına qarań). Bul oblastta:

a) joǵalǵan napor aǵım tezliginiń ekinshi dárejesine tuwrı proporcional

$$h_e : : \vartheta^m, \text{ bul jerde } m=2 \qquad (4.75)$$

b) gidravlikalıq súykeliw koefficienti O.Reynolds sanına baylanıslı emes, sonıń ushın 4.7-súwrettegi A-A tuwrı sızıǵınıń oń tárepindegi gedir-budırlıqlarǵa tiyisli barlıq gorizontal sızıqlar tuwrı hám gorizontal kósherge parallel;

v) h_e hám λ tekte salıstırma gedir-budırlıqqa baylanıslı

$$\lambda = f\,(\Delta_r) \qquad (4.76)$$

Juwmaqlap aytqanda I.Nikuradze tájiriybelerinen keyin, soorujenielerdi gidravlikalıq esaplawda qanday suyıqlıq bolıwına qaramastan gidravlikanıń formulaların bir túrde qollaw múmkin eken. I.Nikuradze nomogrammasına muwapıq joǵalǵan napordı esaplawda tekte suwdı emes ulıwma suyıqlıqlar (suw, neft, maylar hám basqalar, anomal suyıqlıqlardan basqalar)dı názerde tutıw kerek, olardıń háreketi ólshew birligi bolmaǵan kompleks O.Reynolds sanınıń anıq muǵdarı menen xarakterlenedi. I.Nikuradzeniń dóńgelek cilindrlik naporlı trubalardıń turbulent zonası ushın islep shıqqan formulaların hám olardı paydalanıw shegaraların keltiremiz.

A. Ózen diywalı gidravlikalıq sıypaq oblasti ushın qollanıw shegarası

$$lg\frac{U_*\Delta}{\nu} < 0{,}55$$

Gidravlikalıq qarsılıq koefficientin esaplaw formulası

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} 2lg\left(Re\sqrt{\lambda}\right) - 0{,}80 \qquad (4.77)$$

B. Ótiw oblastı ushın :

a) birinshi qollanıw shegarası

$$0,55 < lg\frac{U_*\Delta}{\nu} < 0,85,$$

esaplaw formulası

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = 1,18 + 2lg\frac{r}{\Delta} + 1,13lg\frac{U_*\nabla}{\nu}, \qquad (4.78)$$

b) ekinshi qollanıw shegarası

$$0,85 < lg\frac{U_*\Delta}{\nu} < 1,15,$$

esaplaw formulası

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = 2lg\frac{r}{\Delta} + 2,14 \qquad (4.79)$$

V. Ózen diywalı tolıq gedir-budır bolǵan jaǵday, yaǵnıy ekinshi dárejeli qarsılıq oblastı ushın qollanıw shegarası

$$lg\frac{U_*\Delta}{\nu} > 1,83,$$

esaplaw formulası

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = 2lg\frac{r}{\Delta} + 1,74 \qquad (4.80)$$

Islep shıgılǵan formulalardı ámelde qollaw hám olardı basqa formulalar menen salıstırıw ańsat bolıwı ushın gidravlikalıq súykeliw koefficientin hám O.Reynolds sanın trubanıń D diametri hám r radiusı arqalı belgilemesten, olardıń ornın R gidravlikalıq radiuspenen almastırıp, I.Nikuradze formulaların basqa kóriniste jazamız.

A. Ózen diywalı gidravlikalıq sıypaq oblasti ushın

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda_R}} = 4,0lg\left(Re_r\sqrt{\lambda_R}\right) + 2,0 \qquad (4.81)$$

B. Ótiw oblastı ushın

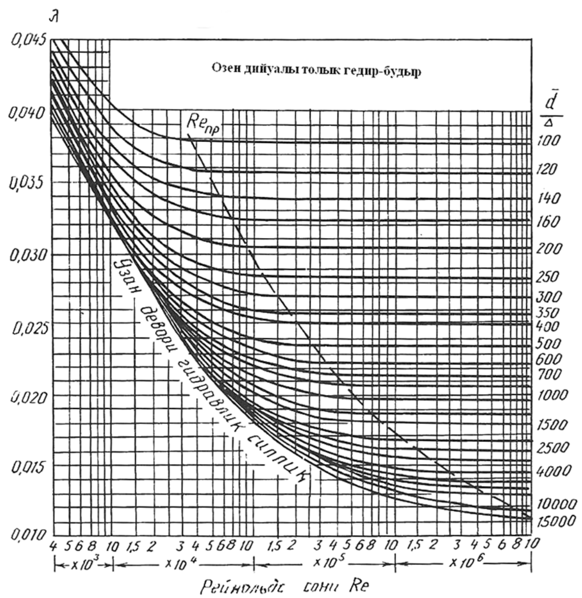
a) $$\frac{1}{\sqrt{\lambda_R}} = 4,0lg\frac{R}{\Delta} + 5,48 \qquad (4.82)$$

b) $$\frac{1}{\sqrt{\lambda_R}} = 4,0lg\frac{R}{\Delta} + 6,82 - 1,17lg\frac{U_*\Delta}{\nu} \qquad (4.83)$$

C. Ózen diywalı tolıq gedir-budır bolǵanda, yaǵnıy ekinshi dárejeli qarsılıq oblasti ushın

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda_R}} = 4,0lg\frac{R}{\Delta} + 4,68 \qquad (4.84)$$

Kolbruk tájiriybesi (1938 j.) Ol tájiriybelerin naporlı trubada ótkergen, onıń ishki diywalı hár túrli ólshemdegi gedir-budırlıqlardan ibarat, yaǵnıy trubanıń ishki diywalına diametri hár túrli bolǵan qum jabıstırılǵan. Kolbruk óz tájiriybelerinen alǵan nátiyjeleri tiykarında suyıqlıq háreketiniń barlıq zonası hám qarsılıq oblastları ushın universal formula islep shıqqan (4.8-súwret).



4.8-súwret. Gidravlikalıq suykeliw koefficientin anıqlaw ushın Kolbruk grafigi.

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda_R}} = -2lg\left(\frac{2,5}{Re}\cdot\frac{1}{\sqrt{\lambda}}+\frac{\overline{\Delta}_r}{3,7}\right), \qquad (4.85)$$

Bunda Δ_r- truba diywalınıń ortasha salıstırma gedir-budırlıǵı.

Ekinshi dárejeli qarsılıq oblasti ushın (4.85) formula ápiwayılasadı hám L.Prandtl formulası kórinisinde boladı:

$$\lambda = \frac{0,25}{(lg\frac{\overline{\Delta}_r}{3,7})^2} \qquad (4.86)$$

Berilgen truba ushın gedir-budırlıqtıń ortasha biyikligin $\overline{\Delta}$ anıqlaw tómendegishe ámelge asırıladı. Bunda ekinshi dárejeli kvadrat oblastı qaralıp, usı oblast ushın tájiriybe jolı menen (4.64) formulanı paydalanıp λ niń shaması anıqlanadı. Keyin (4.86) formula menen $\overline{\Delta}$ negizgi shaması esaplanıladı. Solay etip tabılǵan $\overline{\Delta}$ nıń ortasha shaması ekvivalent gedir-budırlıq dep ataladı.

Gidravlikalıq súykeliw koefficienti λ ni (4.85) formula arqalı anıqlaw qolaysız bolıp, podbor jolı menen esaplanıladı. A.D. Altshul bul forlanıń ornına júdá ápiwayı formula usınıs etti:

$$\lambda \approx 0,11(1,46\overline{\Delta}_r + \frac{100}{Re_D})^{0,25} \approx 0,11(\overline{\Delta}_r + \frac{68}{Re_D})^{0,25} \qquad (4.87)$$

Bul formula ekinshi dárejeli kvadrat oblasti ushın ańsat túrde Shifrinsonnıń formulasına aylanadı:

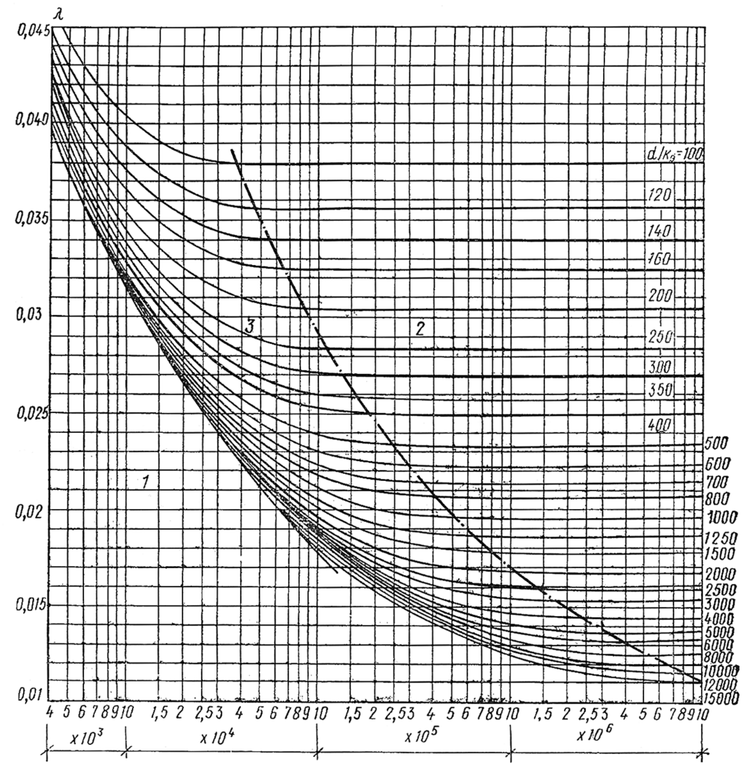
$$\lambda = 0,11\sqrt[4]{\overline{\Delta}_r} \qquad (4.88)$$

Bul keyingi formula menen tekte $\overline{\Delta}_r$ < 0,007 bolǵan jaǵday ushın (4.85) shi formula ornına qollanıwǵa boladı.

Keyingi jılları tábiiy gedir-budırlı, óndirislerde qollanılıp atırǵan trubalarda kóplegen ilim izertlew jumısları ótkerilgen. Olardan atap aytqanda, Pútkilsoyuzlıq teplotexnika institutında óndirislik trubaları ústinde **G.A. Murinnıń** basshılıǵında ótkerilgen tájiriybeler nátiyjesinde qarsılıq koefficientiniń λ O.Reynolds sanına ge baylanısı boyınsha tur-

bulent zonası ushın grafigi dúzildi (4.9-súwret). Bul grafikte qarsılıq koefficientiniń λ ózgeriwi bir qatar iymek sızıqlar menen kórsetilgen, olardıń hár biri anıq salıstırma gedir-budırlıqqa, yaǵnıy $\overline{\Delta}_r$ /d qatınasına durıs keledi. Solay etip, bul grafikte koefficient λ niń O.Reynolds sanına hám salıstırma gedir-budırlıqqa baylanısı berilgen.

Grafikti úsh oblastqa bóliw múmkin: 1-gidravlikalıq sıypaq truba oblasti, salıstırma túrde azǵantay shamadaǵı Reynolds sanına durıs keledi; 2-gidravlikalıq tolıq gedir-budır oblasti, salıstırǵanda úlken Reynolds sanına durıs keledi; 3-olardıń aralıǵında «ótiw oblasti». Gidravlikalıq sıypaq truba oblastında, koefficient λ tekte Reynolds sanına baylanıslı. Ótiw oblastında koefficient λ Reynolds sanına hám



4.9-súwret. G.A.Murinniń grafigi. 1-gidravlikalıq siypaq truba oblastı; 2-ekinshi dárejeli qarsiliq oblastı; 3-ótiw oblastı.

salıstırma gedir-budırlıqqa baylanıslı boladı. Ekinshi dárejeli qarsılıq oblastında, koefficient λ tekte salıstırma gedir-budırlıqqa baylanıslı ózgeredi.

Nikuradzeniń hám Murinnıń grafiklerin salıstırsaq, turbulent zonasında biraz ayırmashılıqtı kóriwge boladı, bul tábiiyi trubalardıń gedir-budırlıqlarınıń teń emesligin kórsetedi.

Polat hám chugun trubalardan quralǵan vodoprovod tarmaqların esaplawda λ niń shamasın keyingi waqıtları F.A.Shevelev formulaları menen anıqlaw usınıs etilmekte:

a) aǵımnıń ortasha tezligi $\vartheta < 1{,}2$ m/s bolǵanda (ótiw oblasti)

$$\lambda=\left(\frac{1{,}5\cdot10^{-6}}{D}+\frac{1}{Re_D}\right)^{0{,}3} \tag{4.89}$$

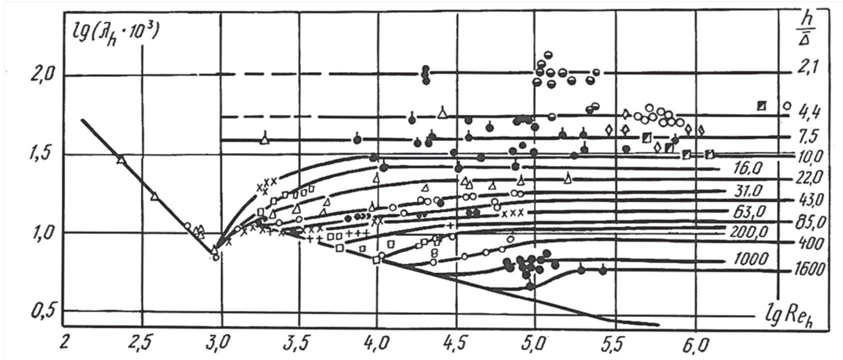
b) aǵımnıń ortasha tezligi $\vartheta \geq 1{,}2$ m/s bolǵanda (ekinshi dárejeli qarsılıq oblasti)

$$\lambda=\frac{0{,}021}{D^{0{,}3}}\approx\frac{0{,}021}{\sqrt[3]{D}} \tag{4.90}$$

Basqa materiallardan tayarlanǵan truboprovodlardı esaplawda koefficient λ ni anıqlaw ushın basqa empirikalıq formulalardan paydalanıladı.

4.9. Ashıq ózenlerdegi turbulent hárekettegi suyıqlıqlar ushın gidravlikalıq súykeliw koefficienti.

A.P.Zegjda tájiriybesi (1935 j.). A.P.Zegjda birinshi bolıp óziniń tájiriybelerin gedir-budır ashıq ózen qurılmasında ótkergen. Bunda ózen ultanı hám diywallarınıń gedir-budırlıǵı oǵan bir túrli qumtaslardı jabıstırıw jolı menen payda etilgen. **A.P.Zegjda** tájiriybelerinde laminar hám turbulent háreketler hár túrli gedir-budırlıqlarda úyrenilgen A.P. Zegjda óziniń ashıq ózenlerde ótkizgen tájiriybeler nátiyjelerin I.Nikuradzedey bolıp nomogramma túrinde ordinata kósherine $lg(\lambda_R\cdot10^3)$, abcissa kósherine $lgRe_R$ di qoyıp baylanıs grafi-



4.10-súwret. Ashıq ózenler ushın A.P.Zegjda grafigi.

gin islep shıqqan (4.10-súwret). A.P.Zegjda grfiginde deI.Nikuradze nomogrammasınday, usı tórt kórinistegi tuwrı sızıq –I, II, II, IV sızıqlar bar; úsh zona hám úsh oblast hám olardıń shegaraları tastıyıqlanǵan.

Solay etip, A.P.Zegjda óz tájiriybeleriniń nátiyjesi tiykarında barlıq zona hám oblastlar ushın dúzilgen nomogrammasınan paydalanıp tómendegi teńlemelerdi islep shıqqan.

A. Turbulent háreket zonasındaǵı gidravlikalıq sıypaq diywal oblasti ushın

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda_R}}=4{,}0\lg\left(Re_R\sqrt{\lambda_R}\right)+2{,}0 \tag{4.91}$$

B. Turbulent háreket zonasındaǵı ótiw oblasti ushın

$$\text{a)}\ \frac{1}{\sqrt{\lambda_R}}=4{,}0lg\frac{R}{\Delta}+5{,}75 \tag{4.92}$$

$$\text{b)}\ \frac{1}{\sqrt{\lambda_R}}=4{,}0lg\frac{R}{\Delta}+9{,}65-4{,}0lg\left(\frac{U_*\Delta}{\nu}\right)^{0{,}81} \tag{4.93}$$

V. Ózen diywalı tolıq gedir-budır bolǵan jaǵday, yaǵnıy ekinshi dárejeli qarsılıq oblasti ushın

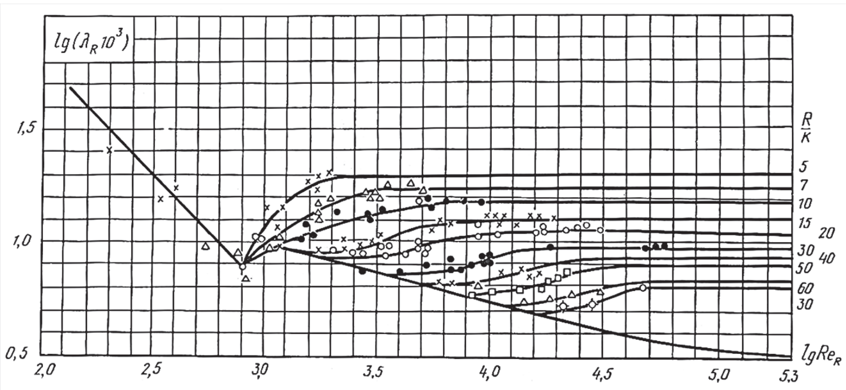
$$\frac{1}{\sqrt{\lambda_R}}=4{,}0\lg\frac{R}{\Delta}+4{,}25 \tag{4.94}$$

I.Nikuradze tájiriybelerinen alınǵan nátiyjelerdi A.P.Zegjda tájiriybelerine salıstırsaq eki jaǵdaydada nomogrammalar kórinisi ulıwma bir-birine uqsas. Barlıq zona hám oblastlar ushın islep shıgılǵan teńlemeler bir-birinen júdá az parq etedi. Bul parq tiykarınan ótkerilgen tájiriybelerde gedir-budırlıqtı payda etiw ushın jabıstırılǵan qumlar A.P. Zegjda tájiriybesinde I.Nikuradze qurılmasındaǵıday bir túrli ólshemli bolmaǵanlıǵı sebepli payda bolıwı múmkin.

A.YU. Umarov tájiriybesi (1967 j.) A.Yu.Umarov tájiriybelerdi ashıq ózenlerde ultanı qum-taslardan ibarat gedir-budır ashıq ózenlerde ótkergen. A.YU. Umarov tájiriybelerinde qum-taslar hárekette bolǵan.

A.YU. Umarovtıń ashıq ózende ótkergen tájiriybeleri nátiyjeleri tiykarında nomogramma dúzilgen (4.11-súwret). Onda ordinata kósheri boyınsha $lg(\lambda_{\text{h}} \cdot 10^3)$ hám abcissa kósheri boyınsha $lgRe_h$ qoyılǵan. Bul nomogrammada da A.P. Zegjdaniki túrinde I, II, II, IV hám A-A tuwrı sızıqları bar: I – tuwrı sızıq laminar háreketti belgiledi, bul jerde $lgRe_h$=2,92, yaǵnıy Re_h=830; II-tuwrı sızıq ózen diywal gidravlikalıq sıypaq oblasti kórsetedi; A-A tuwrı sızıqtıń oń tárepi ózen diywalı tolıq gedir-budır, yaǵnıy ekinshi dárejeli qarsılıq oblasti dep ataladı. Ekinshi dárejeli qarsılıq oblasti ushın YU.A. Umarov tárepinen gidravlikalıq súykeliw koefficientin anıqlawshı teńleme islep shıǵılǵan:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda_h}} = 3,48lg\frac{h}{\Delta} + 2,08 \tag{4.95}$$



4.11-súwret. Ashıq ózenler ushın A.YU.Umarovtıń grafigi.

(4.95) teńlemeden gidravlikalıq súykeliw koefficienti

$$\lambda_h = \left[3,48\lg\left(\frac{3,96h}{\Delta}\right)\right]^{-2} \tag{4.96}$$

Kórinip turǵanınday Yu.A. Umarov teńlemesi strukturası boyınsha A.P.Zegjdanıń, I.I.Levi hám V.S.Knorozdıń ashıq ózenler ushın alınǵan teńlemeleri menen birdey, parqı tekte gidravlikalıq radiuste.

Keyingi waqıtları ashıq ózenlerdiń ańgarlanıw qubılısları hám ılay aǵızıqlardı alıp júriwshi aǵımnıń gidravlikalıq qarsılıqların anıqlaw boyınsha SANIIRI de **K.I. Baymanov** tárepinen 1976-1986 jılları Amudaryanıń tómengi jaǵalawındaǵı úlken kanallarda hám dáryada dala sharayatında eksperimentler ótkerildi. Bunda tájiriybe uchastkalari kanallardıń tuwrı ótken jerlerinen tańlanıp hám gidrometriyaliq úskenelenip, gidravlikalıq hám nanos (aǵızıq) xarakteristikaları gidrometriya talaplarına, texnikalıq standartlarǵa juwap beretugın instrumentler menen (vertushka, lebedka, exolot hám t.b.) hám qabıl etilgen usıllar menen ólshengen. Atap aytqanda, tezliklerdiń tereńlik boyınsha taralıwı GR-55 hám GR-99 tiptegi kishi gabaritli vertushkalar menen ózenniń kese kesimi boyınsha belgilengen 8-14 vertikaldan 5-6 tochkalıq metod boyınsha ólshengen. Suwdıń ılaylılıq dárejesin anıqlaw ushın usı tezlik ólshengen tochkalardan kóp waqıtta tolatugın batometr-butılka arqalı probalar alınǵan. Barlıǵı bolıp 85 seriyalı zamer suw sarpı 50-375 m^3/s bolǵan hár qıylı úlken kanallarda hám 20 seriyalı zamer suw sarpı 1,5-25 m^3/s bolǵan kishi kanallarda ótkerilgen. Bul kanallardıń ultanları mayda qum bólekshelerinen turıp, tolqın tárizli (gryad) gedir-budırlıqqa iye bolǵan.

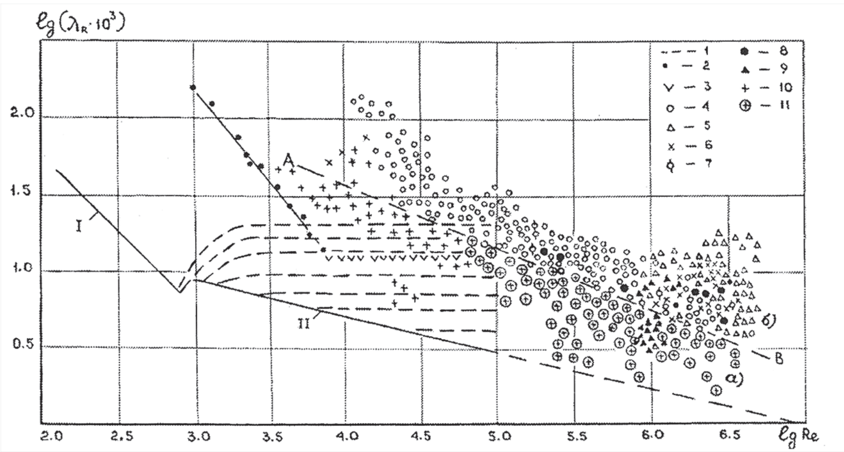
Gedir-budırlıqtıń biyikigin anıqlaw ushın K.I.Baymanov tezliktiń lagorifm nızamı boyınsha taralıw teńlemesinen tómendegi túrde paydalanǵan.

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = \frac{1}{\sqrt{2}K} ln\frac{h}{\Delta} + C_3 \tag{4.97}$$

Bul jerde λ=2ghi/ϑ^2 – gidravlikalıq qarsılıq koefficienti; K= Karman parametri: C_3 – tájiriybe arqalı anıqlaılatugın integral turaqlılıǵı

$$C_3 = \frac{U_\Delta}{U_*} - \frac{1}{k} \qquad (4.98)$$

Bunda U_Δ – ağımnıń ózen túbine jaqın tochkasındağı ortasha tezligi; $U_* = \sqrt{ghi}$ – dinamikalıq tezlik. U_{max} – tezlik vertikalındağı maksimal tezlik. Dala shárayatında ólshengen tezliktiń kórsetkishleri boyınsha (4.95) formulanı paydalanıp usınılǵan izbe-izlilik boyınsha gedir-budırlıqtıń ortasha biyikligi anıqlanǵan. Ótkerilgen tájiriybelerdiń nátiyjesinde K.I.Baymanov ashıq hárekettegi anıq ózenler ushın gidravlikalıq qarsılıq koefficientiniń O.Reynolds sanına, ağımnıń qıyalıǵına hám gidravlikalıq radiusqa baylanıslı ózgeriw grafigin $\lambda = f$ (Re,J,R) dúzgen (4.12-súwret):



4.12-súwret. Ashıq ózenler ushın gidravlikalıq qarsılıq koefficentiniń Reynolds sanına baylanıs nomogramması. (K.I.Baymanov nomogramması)

- - - – A.P.Zegjda grafigi; I – Puazeilya sızıǵı; II – Ashıq ózenlerdiń siypaq gidravlikalıq oblastı - X.Blazius sızıǵı. 2- Júdá pás ağımdağı laborotoriya mağlumatları. 3-Normal ağımdağı laborotoriya mağlumatları. 4-Qızketken suwǵarıw tarmağı kanalları. (1952-1953 jj); 5,6,7,8-Qızketken, Suenli, Kegeyli, Kuvanishdjarma. (1976-1978 jj, 1981-1983 jj, 1985-1999 jj) (J > 0,00005) 9-Júdá kishi qiyalıqtağı kanallar. (J < 0,00005) 10-Salı tarmağındağı hojalıq ara kanallar. (1987-

1991 jj) 11-Salı tarmağındağı ishki hojalıq ara kanallar (1987-1991 jj). A-B sızıǵı – Jer kanalları ózenleriniń siypaq (a) hám gedir-budır (b) oblastlarınıń shegarası.

Bul grafikke basqa ilimpazlardıń tájiriybeleride qoyıp shıǵılǵan. Bul grafiktegi ólshengen tochkalardıń jaylasıw xarakterine qarasaq, onda jer kanallarındağı ağızıqlardı alıp júriwshi ılay suwlardıń ilgerilenbe turbulent háreketi ushın qarsılıqtıń aralas (smeshannıe) zonası tán boladı eken. Bul zonanı eki oblastqa bóliw múmkin:

a) júdá kishkene qıyalıqtağı (J<0,00005) iye bolǵan sıypaq diywallı kanallar oblastı AV sızıǵınıń shep tárepinde jaylasqan tochkalar;

b) hár qıylı gedir-budırlıqqa iye bolǵan ádettegi (J > 0,00007) ózenlerdiń oblastı (AB sızıǵınıń oń tárepinde jaylasqan tochkalar). Bul eki oblast arasında ótiw oblastınıń jaylasıwı tábiiy jaǵday esaplanadı (0,00005< J <0,00007).

K.I. Baymanov dala shárayatında ótkerilegn kóp jıllıq eksperimentlerinen alǵan nátiyjeleri tiykarında suyıqlıq ağımınıń turbulent zonasındağı barlıq oblastlar ushın universal formula islep shıqtı:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = (0,25lg\frac{R}{\Delta} + 0,46)\frac{U_\Delta}{U_*}, \qquad (4.99)$$

bul jerde U_Δ – ağımnıń ózen ultanındağı ortasha tezligi; $U_* = \sqrt{ghi}$ – dinamikalıq tezlik. Formula (4.97) gidravlikalıq qarsılıq rejiminiń ózenniń diywalı sıypaq oblastınan ekinshi dárejeli kvadrat oblastına shekemgi ózgeriwin xarakterleydi.

4.10. A.Shezi formulası. Suw sarpı moduli. Tezlik moduli.

Gidrotexnikalıq soorujenielerdi joybarlaw stadiyasında, suyıqlıq xarakteri hádiseleri hám qubılısları ekinshi dárejeli qarsılıq oblastına tiyisli dep qabıl etiledi hám usı oblastqa tiyisli teńlemelerden paydalanıladı.

A.Shezi formulası. Shezi formulasın tabıw ushın (4.61) formulasın tómendegishe kóshirip jazamız:

$$\vartheta = \sqrt{\frac{8g}{\lambda}} \sqrt{R\frac{h_l}{l}} \qquad (4.100)$$

yamasa

$$\vartheta = C\sqrt{RJ} \qquad (4.101)$$

Bul jerde ϑ – ağımnıń kese kesimi betiniń maydanı boyınsha ortasha tezligi; R – gidravlikalıq radiusı; J – pezometriyalıq qıyalıq. C – Shezi koefficienti. (4.9) formula A.Shezi formulası dep ataladı. (4.100) Xam (4.101) formulaların salıstırıp, C nı tabamız (naporlı trubalar ushın)

$$C = \sqrt{\frac{8g}{\lambda}} \qquad (4.102)$$

(4.102) formuladan λ di tabamız

$$\lambda = \sqrt{\frac{8g}{S^2}} \qquad (4.103)$$

(4.102) hám (4.103) formulalar naporlı truba ushın gidravlikalıq súykeliw koefficienti λ nıń A.Shezi koefficienti C menen baylanısın kórsetedi.

A.Shezi teńlemesinen kelip shığatuğın formulalar. A.Shezi formulasınan (4.100) áhmiyetli formulalardı keltirip shığarıw múmkin:

$$J = \frac{\vartheta^2}{C^2} \qquad (4.104)$$

$$h_l = J \cdot L = \frac{\vartheta^2}{C^2 R} \cdot L \qquad (4.105)$$

$$Q = \vartheta \cdot \omega = \omega C\sqrt{RJ} \qquad (4.106)$$

Bul jerde L – ağımnıń qaralıp atırğan bólegi uzınlığı.

Suw sarpı moduli

$$\omega c\sqrt{R} = K \qquad (4.107)$$

Bunnan (4.106) formulanı tómendegishe kóshirip jazamız

$$Q = K\sqrt{J} \qquad (4.108)$$

tegis ilgerilenbe háreket ushın

$$K = \frac{Q}{\sqrt{J}} \qquad (4.109)$$

(4.109) formuladan

$$J = \frac{Q^2}{K^2}; \qquad (4.110)$$

Bul jağdayda (4.104) formuladan

$$h_e = J \cdot L = \frac{Q^2}{K^2} \cdot L \qquad (4.111)$$

Tezlik moduli

$$C\sqrt{R} = \mathrm{W} \qquad (4.112)$$

Bunnan (4.101) formulanı tómendegishe kóshirip jazamız

$$\vartheta = \mathrm{W}\sqrt{J} \qquad (4.113)$$

Tegis ilgerilenbe háreket ushın

$$\mathrm{W} = \frac{\vartheta}{\sqrt{J}} \qquad (4.114)$$

(4.114) formuladan

$$\mathrm{J} = \frac{\vartheta^2}{W^2} \qquad (4.115)$$

Bul jağdayda

$$h_l = \mathrm{J} \cdot L = \frac{\vartheta^2}{W^2} \cdot L$$

Ámelde trubalardı hám ashıq ózenlerdi gidravlikalıq esaplawda ekinshi dárejesi qarsılıq oblastı ushın suw srpı moduli K hám tezlik moduli W túsinikleri keń qollanıladı.

Ashıq ózenlerdegi ağım háreketlerin esaplaw ushın (4.101) formuladağı A.Shezidiń koefficientin esaplaw talap etiledi. Koefficient C nıń shamasın anıqlaw ushın texnikalıq kitaplarda júdá kóp sanlı formulalar keltirilgen. Ekinshi dárejeli qarsılıq oblastı ushın eń kóp tarqalǵan formulalardı keltiremiz.

1. Gangile –Kutter formulası (1969 j)

$$C = \frac{23 + \frac{1}{n}}{1 + 23\frac{n}{\sqrt{R}}}, \qquad (4.116)$$

bul jerde n – ózen diywalınıń gedir-budırlıǵın belgilewshi koefficient.

2. Manning formulası (1890 j.)

$$C = \frac{1}{n}R^{1/6} \qquad (4.117)$$

3. Forxgeymerdiń formulası (1923j.)

$$C = \frac{1}{n}R^{1/5} \qquad (4.118)$$

4. Akademik N.N.Pavlovskiydiń formulası (1925 j.)

$$C = \frac{1}{n}\mathrm{R}^{y} \qquad (4.119)$$

Bul jerde

$$Y = 2,5\sqrt{n} - 0,13 - 0,75\sqrt{R}(\sqrt{n} - 0,10)$$

N.N. Pavlovskiy pikirinshe dáreje kórsetkishi y ti tómendegi ápiwayı túrge keltiriw múmkin:

a) eger R<1,0 bolsa, onda u= 1,5 $\sqrt{n}$;

b) eger R>1,0 bolsa, onda u= 1,3 $\sqrt{n}$

5. X.Bazen formulası (1949 j.)

$$C = \frac{87}{1 + \frac{n}{R}} \qquad (4.120)$$

6.I.I. Agroskin formulası (1949 j.)

$$C = 17,72(\Delta + LgR) \qquad (4.121)$$

7.A.D.Altshul formulasi (1970 j.)

$$C = 25\left(\frac{R}{K_{ý} + 0,25/\sqrt{RJ}}\right)^{1/6} \qquad (4.122)$$

bul jerde $K_э$ – ekvivalent gedir – budirliq.

8.O.M.Ayvazyan formulasi (1982 j.)

$$C = \left(\frac{8g}{0,016 + 0,26J^{1/3}/R}\right)^{1/2} \qquad (4.122\ A)$$

Keltirilgen formulalar ushın gedir budırlıq koefficienti *n* nıń shaması ashıq diywallı ózenler hám truboprovodlar ushın spravochniklerde berilgen boladı.

4.11. Jergilikli qarsılıqlar.

Truboprovod tarmaqlarındaǵı jergilikli qarsılıq tiykarınan alǵanda fason bóleklerinen, armaturalardan hám basqa da qurılmalardan payda boladı. Bular truboprovodtaǵı suyıqlıq aǵımınıń tezligin hám baǵıtın ózgertip, oǵan tosınlıq jasap, jergilikli napordıń joǵalıw naporın payda etedi.

Jergilikli qarsılıqtı anıqlaw Veysbaxtıń formulası menen esaplanadı

$$h_м = \xi\frac{\upsilon^2}{2g} \qquad (4.123)$$

Bul jerde ξ – jergilikli qarsılıq koefficienti. Hár bir jergilikli qarsılıqtiń óz koefficienti ξ boladı, olar tájiriybe ótkeriw nátiyjesinde anıqlanadı. Olardıń shaması gidravlika boyınsha injenerlik spravochniklerde berilgen boladı.

Eger trubanıń qandayda bir bóleginde bir qansha jergilikli qarsılıqlar, mısalı, kiriw (trubaǵa), burılıw, kraynik, shıgıw (trubadan) bar bolsa, onda ulıwma jergilikli qarsılıq koefficienti barlıq jergilikli qarsılıq koefficientiniń qosındısına teń, yaǵnıy

$$\Sigma\,\xi = \xi_{kiriw} + \xi_{burılıw} + \xi_{kran} + \xi_{shıǵıw}, \qquad (4.124)$$

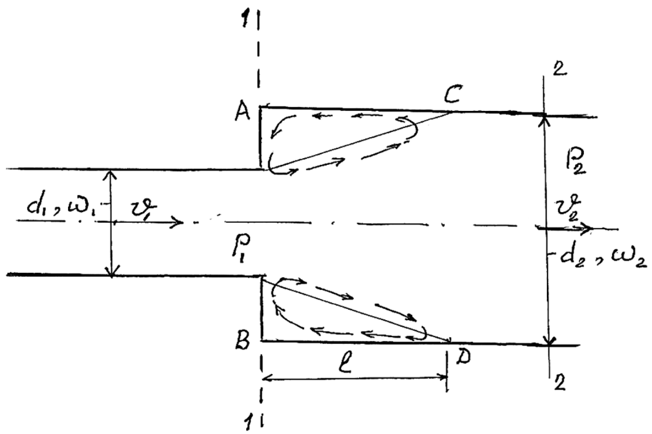
Bul jaǵdayda joǵalǵan napor:

$$H_i = \Sigma\,\xi\,\frac{\upsilon^2}{2g} \qquad (4.125)$$

Jergilikli napordıń joǵalıwin teoriyalıq jaqtan sheshimin tapqanları azǵantay bolıp, olar aǵımnıń kesiminiń birden ózgeriwine baylanıslı joǵalǵan napor bolıp esaplanadı. Oǵan aǵımnıń birden keńeyiw yamasa qısılıw jaǵdayları kiredi.

1. Truboprovodtıń birden keńeyiw jaǵdayında joǵalǵan napordı anıqlaw (Borda-Karno teoriyası).

Birden diametri ózgergen truboprovodti alamız (4.13-súwret). Suyıqlıqtıń aǵımı kishi diametrli trubadan shıǵıp birden úlken diametrli trubaǵa ótedi, hám ol jerde áste aqırınlıq penen keńeyip, keyin trubanıń tolıq maydanına jayıladı. Trubanıń keńeygen múyeshine jaqın jerde aylanba aǵım payda bolıp, quramalı háreketke aylanadı.



4.13-súwret. Truboprovodtıń birden keńeyiw sxeması.

1-1 hám 2-2 kesimler aralıgında aǵımnıń keńeyiwi esabınan hár qiyli ólshemdegi hám baǵdardaǵi iyirimler payda bolip ilgirilenbe háreketke qarsiliq kórsetilip, napordıń aytarlıqtay bóleginiń joǵalıwına alıp keledi.

1-1 hám 2-2 kesimler aralıgında napordıń joǵalıwın anıqlaw ushın Bernulli teńlemesin jazamız.

$$h_d^{1-2} = \left(\frac{P_1}{\gamma}+\frac{\upsilon_1^2}{2g}\right)-\left(\frac{P_2}{\gamma}+\frac{\upsilon_2^2}{2g}\right)=\frac{P_1-P_2}{\gamma}+\frac{\upsilon_1^2-\upsilon_2^2}{2g} \qquad (4.126)$$

Impuls teoriyası boyınsha bul kesimler aralıgındaǵı napordıń joǵalıwın tómendegishe jazamız

$$(P_1-P_2)\omega_2 = Q\rho\left(\upsilon_2-\ \upsilon_1\right)$$

Bul teńlemeniń eki tárepinde γ ǵa bólıp tómendegini jazamız:

$$\omega_2\frac{P_1-P_2}{\gamma}=\frac{\upsilon_2\cdot\omega_2}{g}\left(\upsilon_2-\ \upsilon_1\right) \qquad (4.127)$$

bunnan

$$\frac{P_1-P_2}{\gamma}=\frac{2\left(v_2-v_1\right)}{2g} \qquad (4.128)$$

(4.127) shı formulanı (4.125) formulaǵa qoysaq, tabamız:

$$h_d^{1-2}=\frac{v_1^2}{2g}-\frac{v_2^2}{2g}+\frac{2\left(v_1-v_2\right)v_2}{2g}=\frac{v_1^2-v_2^2+2v_2^2-2v_1v_2}{2g}$$

Yamasa juwmaqlap jazamis:

$$h_d^{1-2}=\frac{(\upsilon_1-\upsilon_2)2}{2g}\frac{(v_1-v_2)^2}{2g}, \qquad (4.129)$$

bul jerdegi $(v_1 - v_2)$ joǵalǵan tezlik dep ataladi.

(4.129) shi formula Borda-Karno formulası dep ataladı. Bul frmulaǵa tiykarlanip birden keńeyiwden joǵalǵan napor joǵalǵan tezlikke duris keletuǵin tezlik naporina teń boladi.

(4.129) shi formulanı tómendegishe túrde jazıw múmkin

$$h_d^{1-2} = (1-\frac{\upsilon_{2C}}{\upsilon_1})^2 \cdot \frac{\upsilon_1^2}{2g} = \xi_1 \frac{\upsilon_1^2}{2g}$$

Solay etip qaralıp atırǵan jaǵday ushın

$$\xi_1 = (1-\frac{\upsilon_{2C}}{\upsilon_1})^2 = (1-\frac{\omega_{1C}}{\omega_2})^2 \quad (4.130)$$

Truboprovodtıń birden keńeyiwindegi napordıń joǵalıwı, tezliktiń birden azayǵan jaǵdayındaǵı joǵalǵan tezlik naporına teń.

Truboprovodtiń birden qisiliwinan joǵalǵan napordi qisilǵan C-C kesim ushin Borda formulasi menen (4.129) daǵi tezliktiń ornina tezlikti qoyip aniqlawǵa boladi:

$$h_{vn.c.} = \frac{(v_c - v_2)^2}{2g} = (\frac{v_c}{v_2}-1)^2 \frac{v_2^2}{2g} = (\frac{w_2}{w_c}-1)^2 \frac{v_2^2}{2g} = \left(\frac{1}{\varepsilon}-1\right)\frac{v_2^2}{2g} \quad (4.131)$$

bul jerde w_c - qisilǵan C – C kesiminiń maydani; $\varepsilon = w_c/w_2$ - aǵim nayshasiniń qisiliw koefficienti.

Jergilikli qarsiliqlarǵa eksperimental jol menen izertlewlerge kóp jumis arnalǵan. Jergilikli qarsiliq koefficientiń ξ qarsiliqlardiń túrine ǵana emes, al suyiqliq háreketiniń rejim xarakterine baylanisli, ózgeretuǵini aniqlanilǵan.

N.Z.Frenkel tájiriybe jolı menen laminar rejimi jaǵdayında, jergilikli energiyanıń joǵalıwı aǵım tezligininń n<2 dárejesine tuwrı proporcional ekenin dálilledi. Sonıń menen birge jergilikli qarsılıq koefficientiniń Reynolds sanına baylanıslı ózgeriwin anıqladı:

$$\xi = \frac{B}{Re} \quad (4.132)$$

Bul jerde B – jergilikli qarsılıqqa baylanıslı turaqlı koefficient.

Nefttiń háreketindegi jergilikli napordıń joǵalıwın «Azneft kombinat» tıń laboratoriyasında izertlenilip tabılǵan formula boyınsha anıqlanıladı.

$$\xi_{neft} = \frac{A}{Re^{0,25}} \quad (4.133)$$

Bul jerdegi A turaqlı koefficienttiń shaması tómendegi tablica boyınsha anıqlanadı.

Tablica 4.1.

Jergilikli qarsılıqtı sıpatlawshı A kórsetkishiniń shaması

Jergilikli qarsılıqtıń túrleri	A
1. Trubaǵa kiriw hám shıǵıw jolları	9,5
2. Úsh tárepleme hám eki tárepleme bólistiriwshi jollar	19,0
3. Ashıq vintel	24,0
4. Ashıq keri klapan	57,0
5. Ashıq zadvijka	3,5

4.12. Tórtinshi baptıń temaları boyınsha ámeliy máseleler.

4.1-másele. Eki polat trubadan (ishi ocinkovkalanǵan K_e =0,15 mm) turatugın gorizontal trubanıń kolcevoy kesiminen 10^0S temperaturada aǵıp ótiwshi suwdın sarpı Q=0,0075 m^2/s. Sırtqı trubanıń ishki diametri d = 0,075 m, al ishki trubanıń sırtqı diametri D = 0,1 m di quraydı. Trubanıń uzınlıǵı l = 300 m boyınsha qarsılıqqa joǵalǵan napordı anıqlań?

Sheshimi: Kese kesimniń maydanın anıqlaymız

$$w = \frac{\pi}{4}(0,1^2 - 0,075^2) = 0,0034m^2$$

Kese kesimniń hóllengen (smochennıy) perimetrin anıqlaymız:

$$\chi = \pi\ (0,075+0,1) = 3,14 \cdot 0,175 = 0,55\ m.$$

Trubanıń ekvivalent diametrin anıqlaymız:

$$D_e = 4R = 4\omega / \chi = 4\frac{0,0034}{0,55} = 2,48 \cdot 10^{-2} m$$

Salıstırma gedir-budırlıqtı anıqlaymız:

$$\frac{K_e}{d_e} = \frac{1,5 \cdot 10^{-4}}{2,48 \cdot 10^{-2}} = 0,0059$$

Aǵımnıń ortasha tezligi

$$V = Q / \omega = 0{,}0075 / 0{,}0034 = 2{,}2 \text{ m/s}$$

Suwdıń kinematikalıq jabısqaqlıǵı $v = 1{,}31 \cdot 10^{-6}$ m^2/s bolǵandaǵı Reynolds sanın tabamız:

$$Re = \frac{\upsilon \cdot d_{.}}{v} = \frac{2{,}2 \cdot 2{,}48 \cdot 10^{-2}}{1{,}31 \cdot 10^{-6}} = 42000$$

Gidravlikalıq qarsılıq koefficientin anıqlaymız:

$$\Lambda = 0{,}11\left(\frac{K_e}{d_e} + 68 / Re\right)^{0{,}25} = 0{,}11\left(0{,}0059 + 68 / 42000\right)^{0{,}25} = 0{,}0284.$$

Uzınlıq boyınsha qarsılıqqa joǵalǵan napordı Darsi-Veysbaxtıń formulası menen anıqlaymız:

$$h_l = \lambda \cdot \frac{L}{d_e} \cdot \frac{\upsilon^2}{2g} = 0{,}0284 \frac{300 \cdot 2{,}2^2}{2{,}48 \cdot 10^{-2} \cdot 2 \cdot 9{,}81} = 84 \ m.$$

4.2-másele. Tuwrı múyeshli trubanıń kese kesimi qaptallarınıń qatınası a: v =0,25 bolǵan hám usınday kese kesim maydanına iye bolǵan dóńgelek trubanıń kese kesimi maydanı $\omega = 2 \cdot 10^{-4}$ m^2. Egerde bul trubalardaǵı basımnıń joǵalıwı birdey bolsa ΔR_g =100 Pa ǵa teń bolsa, al hár bir trubanıń uzınlıǵı 10 m bolsa, suwdıń temperaturası 20^0S, usı trubalardaǵı suw sarpın anıqlań?

Sheshimi: Dóńgelek kesimli truba ushın d_e =d; kesim qaptalları a: v =0,25 bolǵan tuwrı múyeshli kesimdegi truba ushın:

$$d_e = \frac{4av}{2(a+v)} = \frac{2av}{a+v} = 1{,}6 \ a.$$

Bul trubalar ushın ekvivalent diametrlerin anıqlaymız:

Dóńgelek: $d_{e.kr} = \sqrt{4\omega / \pi} = \sqrt{4 \cdot 2 \cdot 10^{-4} / 3{,}14} = 1{,}6 \cdot 10^{-2} m.$

Tuwrı múyeshli $d_{e.pr} = 1{,}6\sqrt{\omega / 4} = 1{,}6\sqrt{2 \cdot 10^{-4} / 4} = 1{,}1 \cdot 10^{-2} m.$

Trubadaǵı suw háreketi rejimin dáslep laminar rejimde dep qabıllaymız. Sonda laminar rejiminiń formulası λ=A/Re boyınsha (koefficient A trubanıń kese kesiminiń formasına baylanıslı tablicadan qabıl etiledi) anıqlanadı.

Koefficient A nıń shaması dóńgelek truba ushın A=64; tuwrı múyeshli truba ushın A = 73. Basımnıń uzınlıq boyinsha joǵalıw formulası tómendegishe jazıladı

$$\Delta R_g = \lambda \cdot \frac{L}{d_e} \cdot \rho \frac{\upsilon^2}{2} = \frac{\mathrm{A}}{\mathrm{Re}} \cdot \frac{L}{d_e} \cdot \rho \frac{\upsilon^2}{2} = \frac{\mathrm{A}v}{\upsilon d_e} \cdot \frac{L}{d_e} \cdot \rho \frac{\upsilon^2}{2} = \rho \frac{\mathrm{A}lv}{2d_e^2} \cdot v$$

Temperaturası 20^0 C suwdıń tıǵızlıǵı ρ = 998,2 kg/m^3 hám jabısqaqlıǵı $v = 10^{-6}$ m^3/s bolǵan suwdıń dóńgelek trubadaǵı aǵım tezligin anıqlaymız

$$\upsilon = \frac{2\Delta r_{g\, d_e^2}}{\rho \cdot A \cdot L \cdot v} = \frac{2 \cdot 100 \cdot \left(1 \cdot 6 \cdot 10^{-2}\right)}{998?2 \cdot 64 \cdot 10 \cdot 10^{-6}} = 0{,}08 \ m/s$$

Tuwrı múyeshli truba ushın aǵım tezligin anıqlaymız:

$$\upsilon = \frac{2 \cdot 100 \cdot \left(1 \cdot 6 \cdot 10^{-2}\right)}{998{,}2 \cdot 73 \cdot 10 \cdot 10^{-6}} = 0{,}03 \ m/s$$

Reynolds sanın anıqlaymız:

-dóńgelek diametrli truba ushın

$$Re = vd_3 / v = \ 0{,}08 \cdot \left(1{,}6 \cdot 10^{-2}\right) / 10^{-6} = 1280$$

Tuwrı múyeshli truba ushın

$$Re = 0{,}03 \cdot 1{,}1 \cdot 10^{-2} / 10^{-6} = 350$$

Anıqlanǵan Reynolds sanınıń onıń kritikalıq shamasınan Re_{kr} = 2320 dan kishi bolǵanlıǵı sebepli, trubadaǵı suw aǵımı rejimi – laminar rejimde boladı.

Endi suw sarpın anıqlaymız:

- dóńgelek trubadaǵı Q:

$$Q = \upsilon \cdot \omega = 0{,}08 \cdot 2 \cdot 10^{-4} = 1{,}6 \cdot 10^{-5} \ m^3/s;$$

-tuwrı múyeshli trubadaǵı Q:

$$Q = 0{,}03 \cdot 2 \cdot 10^{-4} = 0{,}64 \cdot 10^{-5} \ m^3/s$$

Solay etip, laminar rejimi jaǵdayında birdey kese kesim maydanına hám birdey basımnıń joǵalıwına iye bolǵan eki túrli (dóńgelek hám tuwrımúyeshli) trubalardı salıstırǵanda dóńgelek kesimdegi truba, tuwrımúyeshli kesimdegi trubadan 2,5 ese kóp suw sarpın ótkeredi eken.

4.3-másele. Diametri d = 0,3 m ekspluataciyalanıp atırǵan vodoprovod kósherindegi tezlik Pite-Prandtldiń trubkası menen ólshengen bolsa (U_{max} = 4,5 m/s), suwdıń temperaturası 10^0C, trubadaǵı suw sarpın anıqlań?

Sheshimi: «A.D.Altshul. Primerı raschyotov po gidravlike» oqıwlıq kitabınıń 3.1-tablicası str. 56. Góne polat truba ushın absolyut gedir-budırlıq shamasın qabıllaymız:

$$K_{ekv} = 0,5 \text{ mm.}$$

Truba ishindegi suw agımınıń háreketin turbulent rejiminde dep esaplap, gidravlikalıq qarsılıq koefficientin tómendegi formula menen esaplaymız:

$$\lambda = 0,11\ (K_e/d)^{0,25} = 0,11\ (0,5/300)^{0,25} = 0,022$$

Ortasha tezlikti tómendegi teńlemeden anıqlaymız

$$U_{max} / v = 1 + 1,35\sqrt{\lambda} = 1 + 1,35\sqrt{0,022} = 1,2$$

$$U_{max} / V = 1,2$$

Bunnan $\quad v = \frac{\text{Umaks}}{1,2} = \frac{4,5}{1,2} = 3,74\ m/s$

Temperaturası 10^0S suwdıń jabısqaqlıǵı ν =1,31 ·10^{-6} m^2/s =0,0131 sm^2/s

Turbulent zonasınıń kriteriyalıq shamasın tómendegi formula menen anıqlaymız

$$\frac{vK_e}{\gamma} = \frac{374 \cdot 0,05}{0,0131} = 1430 > 500$$

Solay etip, trubadaǵı suw háreketi haqıyqatında turbulent rejiminiń kvadrat zonasında eken.

Endi suw sarpın anıqlaymız:

$$Q = \upsilon \cdot \omega = \frac{\pi d^2}{4} \cdot 3,74 = 0,26\ m^3/s.$$

4.4-másele. Diametri d = 0,5 m truboprovodtıń kese kesiminiń eki tochkasındaǵı tezlik ólshenilgen: diywaldan 0,11 m aralıqta – u = 2,3 m/s hám trubanıń kósherinen U_{maks} = 2,6 m/s. Truboprovodtıń 1m uzınlıǵında qarsılıqqa joǵalǵan napordı anıqlań?

Sheshimi: Gidravlikalıq qarsılıq koefficientin tómendegi formula menen anıqlaymız.

$$U / U_{maks} = (y / r_0)^{0,9\sqrt{\lambda}}$$

Bul formulanı logarifmleymiz:

$$lg\frac{\text{U}}{\text{Umaks}} = 0,9\sqrt{\lambda} lg\frac{\text{y}}{r_0}$$

Bunnan $\quad \lambda = \left(\frac{lg\frac{U}{U_{max}}}{0,9 lg\frac{y}{r_0}} \right)^2 = \left(\frac{lg\frac{2,3}{2,6}}{0,9 lg\frac{0,11}{0,25}}\right)^2 = 0,0286$

Ortasha tezlikti tómendegi formula menen anıqlaymız:

$$U_{maks} / = 1 + 1,35\sqrt{\lambda} = 1 + 1,35\sqrt{0,0286} = 1,228$$

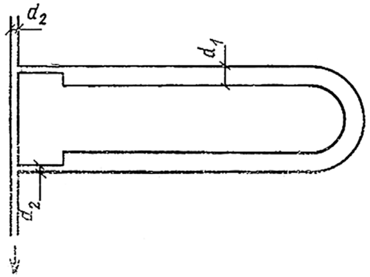
$$v = 2,6/1,228 = 2,11 \text{ m/s}$$

Darsi – Veysbaxtıń formulasımenen qarsılıqqa joǵalǵan napordı anıqlaymız:

$h_l = \frac{\lambda l v^2}{2g \cdot d} = \frac{0,0286 \cdot 1 \cdot 2,11^2}{19,61 \cdot 0,5} = 0,013\ m$ – 1 m trubanıń uzınlıǵında joǵalǵan napor.

4.5.-másele. Jılıtıw tarmaǵındaǵı qızdırıw priborı esabında diametri d = 0,1 m polat truba paydalanıǵan. Issı suwdı alıp barıwshı stoyak hám joǵawshı liniyalar diametri d_2 = 0,025 m lik trubadan istelinip qızdırıw trubasına svarkalanǵan (4.14-suwret). Egerde ıssı suwdı alıp barıwshı liniyadaǵı aǵımnıń háreket tezligi v = 0,3 m/s, al temperaturası 80^0 C bolsa, truboprovodlardıń birden keńeyiwindegi basımnıń joǵalıwın anıqlań?

Sheshimi: Alıp barıwshı tarmaqtaǵı ıssı suwdıń tıǵızlıǵı hám jabısqaqlıǵı 80^0 C temperaturada tómendegishe boladı (A.D.Altshul. Primeri raschetov po gidravlike. Stroyizdat, 1976 sm. tabl. 1.str.6.; sm.tabl.6.str.9): $\nu = 0{,}37 \cdot 10^{-6}$ m^2/s; $\rho = 972$ kg/m^2



4.14-súwret.

Alıp barıwshı tarmaqtıń trubopro-vodlarındaǵı Reynolds sanı:

$$Re = \frac{v_1 d_2^2}{\nu} = \frac{0{,}3 \cdot 0{,}925}{0{,}37 \cdot 10^{-6}} \approx 20000$$

Basımnıń joǵalıwın Borda formulası menen anıqlaymız:

$$\Delta R = \frac{\vartheta_1^2}{2}(1 - \frac{d_2}{d_1})^2 \cdot \rho = \frac{0{,}3^2}{2}(1 - \frac{0{,}025}{0{,}1})^2 972 = 41{,}8\, Pa$$

4.6-másele. Vodoprovod liniyasındaǵı suw sarpın retlestirip barıw ushın diafragma ornatılǵan. Trubadaǵı awısıq basım diagrammanıń aldıńǵı hám artqi betlerinde turaqlı bolıp $P_1 = 6{,}37 \cdot 10^4$ Pa hám $R_2 = 2{,}05 \cdot 10^4$Pa. Trubanıń diametri D = 0,076m. Vodoprovod liniyası Q = 0,0059 m^3/s suw sarpın ótkerip turıwı ushın kerekli bolǵan diafragma tesikshesiniń diametrin d nı anıqlań?

Sheshimi: Diafragmadaǵı napordıń joǵalıwın anıqlaymız:

$$h = \frac{P_1 - P_2}{\rho g} = \frac{6{,}37 \cdot 10^4 - 2{,}05 \cdot 10^4}{988{,}2 \cdot 9{,}8} = 4{,}4m.$$

Truboprovodtaǵı suw tezligin anıqlaymız:

$$Y = \frac{4Q}{\pi d^2} = \frac{4 \cdot 0{,}0059}{3{,}14 \cdot 0{,}076^2} = 1{,}28 m/s$$

Veysbaxtıń formulası menen (4.122):

$$h = \xi \frac{\vartheta^2}{2g}$$

Tabamız

$$\xi_{diafrag.} = \frac{2gh}{\vartheta^2} = \frac{2 \cdot 9{,}81 \cdot 4{,}4}{1{,}28^2} = 52{,}3$$

Usı tabılǵan qarsılıq koefficientine ξ_{diafrag} durıs keletuǵın kesim maydanlarınıń qatınasın n = d^2/D^2 tómendegi formula menen anıqlaymız:

$$\xi_{\text{diafrag.}} = \left(\frac{1}{n \cdot \mathcal{E}} - 1\right)^2 = 52{,}3,$$

Bul jerdegi struyanıń qısılıw koefficientine A.D.Altshuldiń formulasi menen anıqlaymız:

$$\mathcal{E} = 0{,}57 + \frac{0{,}043}{1{,}1 - n}$$

Solay etip

$$\left(\frac{1}{n\left(0{,}57 + \frac{0{,}43}{1{,}1 - n}\right)} - 1\right)^2 = 52{,}3 \frac{1}{n\left(0{,}57 + \frac{0{,}043}{1{,}1 - n}\right)} = 7{,}4 + 1 = 8{,}4$$

$$1 = 4{,}79n = \frac{0{,}361n}{1{,}1 - n};$$

$$n^2 - 1{,}32\, n + 0{,}23 = 0$$

$$n = 0{,}66 - \sqrt{0{,}435 - 0{,}23} = 0{,}205$$

Diafragma tesikshesiniń diametrin tabamız:

$$d = D\sqrt{n} = 0{,}076\sqrt{0{,}205} = 0{,}034\ m$$

Struyanıń qısılıw koefficienti:

$$\mathcal{E} = 0{,}57 = \frac{0{,}043}{1{,}1 - 0{,}205} = 0{,}618.$$

4.7-másele. Diametrleri d_1 = 0,2 m den d_2 = 0,1 m ge shekem birden qısılıwshı gorizontal trubadan suw aǵıp ótpekte. Suwdıń sarpı Q = 0,02 m^3/s. Kese kesiminiń ózgergen ornına ornatılǵan differencial monometrdiń kórsetetuǵın sınap (rtut) qáddileriniń ayırmasın anıqlań? Suwdıń temperaturası 20^0 C.

Sheshimi: Trubanıń keń kesimindegi suw ağımı tezligin tabamız:

$$v_1 = \frac{4Q}{\pi d_1^2} = \frac{4 \cdot 0,02}{3,14 \cdot 0,02^2} = 0,69\ m/s$$

Trubanıń qısılǵan kesimindegi suw tezligin tabamız.

$$v_2 = \frac{4Q}{\pi d_2} = \frac{4 \cdot 0,02}{3,14 \cdot 0,01^2} = 2,82 m/s$$

Truboprovodtıń qısılıw dárejesi

$$n = \frac{\omega_2}{\omega_1} = \frac{d_2^2}{d_1^2} = 0,5^2 = 0,25$$

Suwdıń qısılıw koefficientin A.D.Altshul formulasi menen anıqlaymız:

$$\mathcal{E} = 0,57 + \frac{0,048}{1,1 - n} = 0,57 + \frac{0,043}{1,1 - 0,25} = 0,62$$

Trubanıń birden qısılıwındaǵı jergilikli qarsılıq koefficientin tómendegi formula menen anıqlanadı:

$$\xi_{v.n.s.} = \left(\frac{1}{\mathcal{E}} - 1\right)^2 = \left(\frac{1}{0,62} - 1\right)^2 = 0,37$$

Trubanıń kósherin salıstırıw tegisligi dep qabıllap, 1-1 hám 2-2 kesimler ushın Bernulli teńlemesin jazamız:

$$P_1/\rho + v_1^2 2 = P_2/\rho + v_2^2 = \xi_{v.n.s.} \cdot v_2^2/2$$

Bunnan pezometriyaliq napordıń ayırmasın tómendegishe jazamız:

$$H = \frac{R_1 - R_2}{\rho g} = \frac{v_2^2}{2g} - \frac{v_1^2}{2g} + \xi_{v.n.s}\frac{v_2^2}{2g} = \frac{2,82^2}{19,6} - \frac{0,69^2}{19,6} + 0,37\frac{2,82^2}{19,6} = 0,529\ m.$$

Sinap (rtut) monometriniń stolba shaması:

$$h_{rt} = \frac{N \cdot \rho}{\rho_{rt} - \rho} = \frac{0,529 \cdot 998,2}{13550 - 998,2} = 42,5\,mm\,rt.st.$$

4.8-másele. Jabısqaq suyıqlıqtı (ρ = 900 kg/m^3, ν = $1 \cdot 10^{-4}$ m^2/s) jetkerip beriwshi, diametri d = 0,15 m truboprovodtıń aqırǵı betine jaqın jerge Ludlo zadvijkası ornatılǵan. Egerde zadvijkanıń ashılıw dárejesi n = 0,75 hám suw sarpı Q = 0,04 m^3/s bolsa, zadvijka aldındaǵı pezometriyaliq basımdı anıqlań?

Sheshimi: Trubadaǵı suyıqlıq tezligin anıqlaymız:

$$v = \frac{4Q}{\pi d^2} = \frac{4 \cdot 0,04}{3,14 \cdot 0,15^2} = 2,27\ m/s.$$

Truboprovodtaǵı suyıqlıq háreketin sıpatlawshı Reynolds sanın anıqlaymız:

$$Re = \frac{\vartheta \cdot d}{\nu} = \frac{4Q}{\pi d \nu} = \frac{4 \cdot 0,04}{3,14 \cdot 0,15 \cdot 1 \cdot 10^{-4}} = 3400$$

Demek rejim Re = 3400 > Re_{kr} = 2320 – turbulent hárekette. Jergilikli qarsılıq koefficientin anıqlaymız

$$\xi = A / Re + \xi_{kv}$$

«A.D.Altshul. Primerı raschyotov po gidravlike» str.80. tabl.4.5. boyınsha A=350, ξ_{kv}=0,2 shamasın tabamız. Sonda

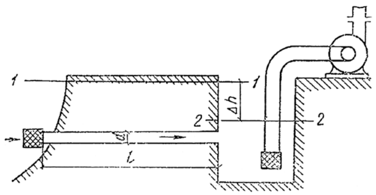
$$\xi = \frac{350}{3400} + 0,2 = 0,31$$

Basımnıń joǵalıwın tómendegi formula menen anıqlaymız:

$$\Delta P_m = \xi\ \rho\ \upsilon^2/2 = 0,31 \cdot 900 \cdot 2,27^2/2 = 710\ Pa$$

Solay etip zadvijkanıń aldındaǵı basım ΔP_m = 710Pa eken.

4.9-másele. Q =0,01 m^3/s suw beriwshi nasos diametri d=150 mm hám uzınlıǵı L = 100 m chugun truba arqalı suw saqlaǵısh penen jalǵanǵan qudıqtan suwdı aladı (4.15-suwret). Suw alıwshı trubaǵa setka ornatılǵan. Suw saqlaǵıshtaǵı suwdıń temperaturası 20^{0}C. Suw saqlaǵıshtaǵı hám qudıqtaǵı suw qáddiniń ayırmasın Δh tabıń?



(4.15-súwret)

Sheshimi: 1-1 hám 2-2 kesimleri ushın Bernulli teńlemesin 2-2 tegisligine salıstırıp jazamız:

$$P_1 + \rho\frac{v_1^2}{2} + \rho g\Delta h = P_2 + \rho\frac{v_2^2}{2} + \Delta P_{pot}$$

Bunda $P_1 = P_2$ hám $v_1 = v_2 = 0$ ekenligin esapqa alıp jazamis.

$$\Delta P pot = \rho g\Delta h$$

Trubadaǵı basımnıń joǵalıwı

$$\Delta R_{pot} = \left(\lambda\frac{l}{d} + \Sigma\xi\right)\rho\frac{v^2}{2}$$

Chugun trubadaǵı suyıqlıq aǵımınıń tezligi

$$v = \frac{4Q}{\pi d^2} = \frac{4\cdot 0,01}{3,14\cdot 0,15^2} = 0,565\ m/s$$

Reynolds sanın tabamız ($20^0C \rightarrow =1,01\cdot 10^{-6}\ m^2/s$)

$$Re = \frac{\vartheta\cdot d}{\nu} = \frac{0,565\cdot 0,15}{1,01\cdot 10^{-4}} = 8,47\cdot 10^4.$$

Chugun trubanıń absolyut gedir-budırlıǵın (A.D.Altshul. «Gidravlika» str.56. 3.1-tablica) qabıl etemiz: $K_e = 1$ mm $=10^{-3}$ m. Salıstırma gedir – budırlıqtı anıqlaymız:

$$K_e/d = 10^{-3} / 0,15 = 6,7\cdot 10^{-3}$$

Truba turbulent rejiminiń kvadrat zonasında isleydi dep qabıl etip, gidravlikalıq qarsılıq koefficientin anıqlaymız:

$$\lambda = 0,11\ (K_e/d)^{0,25} = 0,0316$$

Jergilikli basımnıń joǵalıwı, basımnıń trubaǵa kirerlikte hám shıǵarlıqtaǵı joǵalıwına teń: $\xi_{vx} = 6$; $\xi_{vix} = 1$ (A.D.Altshul. Gidravlika. Str 234. Pril.28).

Suw saqlaǵısh hám qudıqtaǵı suw qáddiniń ayırmasın Δh tabamız:

$$\Delta h = \frac{\Delta P_{pot}}{\rho g} = \left(\lambda\frac{l}{d} + \Sigma\xi\right)\frac{v^2}{2g} = \left(0,0316\frac{100}{0,15} + 7\right)\frac{0,565^2}{2\cdot 9,81} = 0,46m$$

Tákirarlaw ushın sorawlar.

1. Suyıqlıqlardıń qanday háreket tártibi bar hám olardıń xarakterli ózgeshelikleri neler?
2. Suyıqlıq háreket tártibin anıqlaw ushın qanday kriteriya engizilgen hám ol dóńgelek trubalar hám ashıq ózenler ushın qanday jazıladı?
3. Suyıqlıq háreketi tártibine suyıqlıqtıń qanday fizikalıq qásiyetleri hám aǵımnıń ólshemleri tásir kórsetedi?
4. Hár qıylı jabısqaqlıqtaǵı suyıqlıqlar ushın aǵımnıń laminar hám turbulent háreketlerine mısallar keltiriń?
5. Suyıqlıqtıń laminar hárekettegi tártibinde dóńgelek trubanıń kese kesimi boyınsha, tezliktiń hám basımnıń taralıwı qanday boladı?
6. Gidravlikalıq qarsılıq hám onıń túrleri qanday?
7. Naporlı truboprovodlarda joǵalǵan napordı (energiyani) esaplaw usılları qanday?
8. I.Nikuradze, Kolbruk hám Murin tájiriybeleri nelerden ibarat?
9. Ashıq ózenlerde joǵalǵan napor qanday anıqlanadı?
10. Qanday trubalar gidravlikalıq sıypaq hám gidravlikalıq gedir-budır dep aytıladı?
11. Gedir-budırlıq kriteriyası ne?
12. Suyiqliqlardiń eki háreket tártibinde uzınlıq boyınsha gidravlikalıq súykeliw koefficientleri qanday anıqlanadı?
13. Joǵalǵan napor laminar rejiminde qanday anıqlanadı?
14. hám λ ushın esaplaw formulaları qanday jazıladı?
15. Jergilikli joǵalǵan napor hám onı anıqlaw usılları qanday?
16. Turbulent rejiminde aǵımnıń kese kesimi boyınsha tezlik qanday taraladı?

Besinshi bap. **NAPORLI TRUBOPROVODLARDAǴI SUYIQLIQTIŃ TURAQLI HÁREKETI.**

5.1. Truboprovodlar haqqında tiykarǵı túsinikler.

Qálegen suyıqlıqtıń dóńgelek cilindrlik naporlı trubalardaǵı bir tegis (parallel struyalı) turaqlı ilgerilenbe háreketin qarap shıǵamız hám onı ekinshi dárejeli qarsılıq oblastına tiyisli dep esaplaymız. Trubanıń ishki diametrin D, onıń uzınlıǵın L menen belgilesek, ol jaǵdayda trubadaǵı suyıqlıq aǵımınıń kese kesimi maydanınıń gidravlikalıq elementleri tómendegishe boladı:

$$\omega = \frac{\pi D^2}{4}; \qquad \chi = \pi D\,; \qquad R = \frac{\omega}{\chi} = \frac{D}{4} \qquad (5.1.)$$

Naporlı trubadaǵı suyıqlıq aǵımınıń háreketlerin esaplawda gidrodinamikaniń tiykarǵı teńlemelerinen paydalanıladı (III bapqa qarań).

Truboprovodlardıń ólshemleri anıq bolǵan jaǵdayda napordıń joǵalıwın hám suyıqlıqtıń sarp muǵdarın anıqlaw maqsetinde truboprovodlardı gidravlikalıq esaplaw júrgiziledi. Truboprovodlardı esaplawda olardıń gidravlikalıq sxemada islew jaǵdayına baylanıslı uzın hám qısqa truboprovodlar dep eki tipke ajıratıladı.

Uzın hám qısqa truboprovodlar túsinigi. Eger suw ótkeriwshi trubalar aytarlıqtay uzınlıqqa iye bolıp, napordıń uzınlıq boyınsha joǵalıwı tiykarǵı orındı iyelegen, al napordıń jergilikli joǵalıwı bolsa júdá az (3-5% ten kishi) bolǵan trubalar uzın truba esaplanadı ($h_w = h_e$).

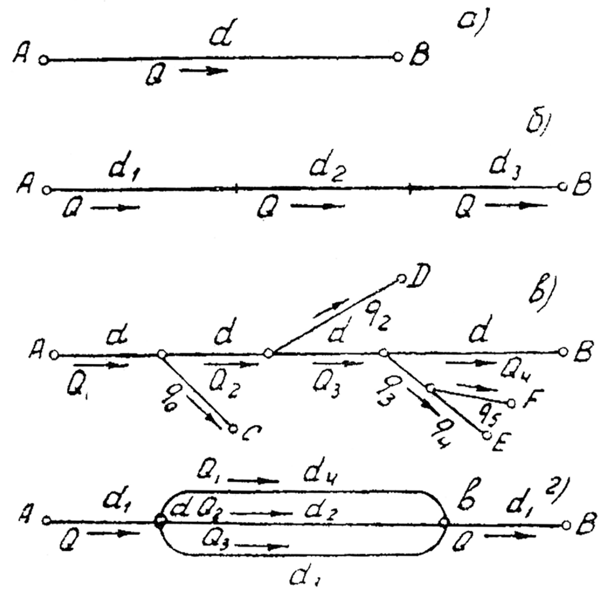
Egerde trubalar salıstırǵanda júdá uzın bolmasa, jergilikli napordıń joǵalıwı esapqa alatugın dárejede úlken bolsa, yaǵnıy $h_w = \Sigma h_m$ bolsa, bunday trubalar qısqa truba dep ataladı.

Truboprovodlar jumıs atqarıw gidravlikalıq sxemasına baylanıslı tómendegishe bólinedi(5.1-suwret): a,b)ápiwayı túrdegi (uzını boylap tarmaqqa bólinbegen); c)quramalı túrdegi (kóp tarmaqlarǵa bólingen) hám d) jabıq aylanba (kolcevoy) túrdegi (suyıqlıq berilgen tochkaǵa ekewden kóbirek parallel liniyalar menen aparıladı). Bulardıń ishinde jabıq aylanba túrindegi truboprovodlardıń jumıs atqarıw dárejesi júdá isenimli boladı.

5.2. Joǵalǵan napordı anıqlaw ushın esaplaw formulaları.

Naporlı truboprovodlardı esaplawda eki jaǵdaydı ajıratıp qaraw talap etiledi:

1. Birinshi jaǵday. Trubanıń uzınlıǵı boyınsha joǵalǵan napor h_e ge salıstırǵanda jergilikli qarsılıq ushın joǵalǵan napor Σh_m=5% ten kem bolsa, ámelde jergilikli qarsılıqlar tásirinde joǵalǵan napordıń qosındısı nolge teń Σh_m=0 dep alınadı hám bul jaǵdayda tekte trubanıń uzınlıǵı



5.1-suwret. Trubopravodlardıń jumıs atqarıwı boyınsha gidravlikalıq sxeması boyınsha joǵalǵan napor esapqa alınadı. Bunda trubanıń uzınlıǵı boyınsha joǵalǵan napor h_e, suw sarpı moduli K arqalı esaplanadı, sebebi trubadaǵı qaralıp atırǵan suyıqlıqtıń naporlı háreketi ekinshi dárejeli qarsılıq oblastına, yaǵnıy truba diywalı tolıq gedir-budır bolǵan halatqa juwap beredi hám h_e tómendegishe anıqlanadı

$$h_l = \frac{Q^2}{K^2} L \tag{5.2}$$

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

Suw sarpı moduli K dóńgelek naporlı truba ushın

$$K^2 = \omega^2 C^2 R^2 = (\frac{\pi D^2}{4})^2 C^2 = \frac{\pi^2 C^2}{64} D^5, \tag{5.3}$$

bul jerde

$$C = \sqrt{\frac{8g}{\lambda}} \mathrm{f}\left(\Delta_r\right) = \mathrm{f}\frac{\Delta}{D} \tag{5.4}$$

Bunnan kórinip turǵanınday shoyın, polat temirden soǵılǵan dóńgelek trubalar ushın K suw sarpı moduli tekte trubanıń diametri menen onıń diywal gedir-budırlıǵı Δ ǵa baylanıslı ózgeredi. Eger trubalardıń anıq gedir-budırlıǵı Δ berilgen bolsa, onda truba ushın suw sarpı moduli K tekte onıń diametrine baylanıslı boladı. Tómendegi 5.1 – kestede K hám λ niń shamaları keltirilgen.

5.1-keste.

Dóńgelek polat trubalar ushın suw sarpı modulleriniń K hám gidravlikalıq súykeliw koefficientleriniń shamaları.

D, mm	Δ=0,1÷0,15 mm		Δ=0,25÷1,00 mm		Δ=1,0÷1,5 mm	
	K, m³/s	λ	**K, m³/s**	λ	**K, m³/s**	λ
50	0,0125	0,0242	0,00964	0,0410	0,0084	0,0530
75	0,0361	0,0220	0,02842	0,0350	0,0247	0,0470
100	0,0762	0,0208	0,06137	0,0320	0,0539	0,0716
125	0,1352	0,0200	0,11060	0,0300	0,0982	0,0380
150	0,2193	0,0191	0,18142	0,0280	0,1606	0,0356
200	0,4749	0,0172	0,39136	0,0255	0,3464	0,0323
250	0,8475	0,0165	0,7020	0,0240	0,6272	0,0300
300	1,352	0,0161	1,1283	0,0002	1,0178	0,0284
350	2,019	0,0156	1,6848	0,0224	1,5346	0,0270
400	2,863	0,0151	2,3944	0,0215	2,1955	0,0257
450	3,878	0,0148	3,2609	0,0209	2,0809	0,0250
500	5,096	0,0145	4,2833	0,0206	3,954	0,0242
600	8,169	0,0141	6,8605	0,0200	6,415	0,0232
700	12,251	0,0136	10,259	0,0192	9,531	0,0224
800	17,324	0,0132	14,543	0,0185	13,897	0,0218
900	23,627	0,0128	20,035	0,0178	18,297	0,0212
1000	31,102	0,0125	26,704	0,0170	24,175	0,0207
Eskertiw gedir-budırlıǵı:	**Δ=0,1÷0,15 mm – ctaza bitumlanǵan polat trubalar ushın K hám λ shamalaı Δ=0,25÷1,00 mm – taza bitumlanbaǵan polat trubalar ushın K hám λ shamalaı Δ=1,0÷1,5 mm – isletilgen trubalar ushın K hám λ niń shamalaı keltirilgen**					

Bul kesteden paydalanıp (5.2) formuladan h_e di ańsat esaplap shıǵarıw múmkin. Bunnan basqa, eger h_e, L, K shamaları belgili bolsa, (5.2) den suw sarpın esaplaw múmkin hám basqalar.

2. Ekinshi jaǵday. Bul jaǵdayda jergilikli qarsılıqlar ushın joǵatılǵan napor Σh; shaması aytarlıqtay bolıp trubanıń uzınlıǵı boyınsha joǵalǵan napor h_e diń shamasına jaqınlasadı. Sonıń ushın trubalardı gidravlikalıq esaplawda Σhj itibarǵa alınadı, hám h_e Darsi-Veysbax formulası menen anıqlanadı

$$h_e = \lambda \frac{l}{D} \frac{\vartheta^2}{2g} \tag{5.5}$$

Jergilikli qarsılıqlar ushın joǵalǵan napordıń hár biri bólek J.Veysbax formulası járdeminde esaplandı.

$$h_j = \xi_j \frac{\vartheta^2}{2g} \tag{5.6}$$

(5.5) formuladaǵi λ – gidravlikalıq suykelió keffitsiyenti, ol 4.8 paragraftaǵi formulalardan aniqlanadi, yamasa polat trubalar ushin 5.1 – kesteden alinadi.

5.3. Joǵalǵan napordı qosıp shıǵıw. Tolıq súykeliw koefficienti.

5.2-súwrette mısal ushın uzınlıǵı boylap hár qıylı «jergilikli tosıqlar» (kolena, zadvijka, birden keńeygen túrdegi) dan turatuǵın qandayda truboprovod keltirilgen.

Usı tosıqlardıń arasındaǵı uzınlıq aytarlıqtay bolıp, (20÷30) D dan kóp. Sonıń ushın jergilikli qarsılıqlardıń bir – birine təsiri joq.

1-1 hám 2-2 kesimlerdiń aralıǵındaǵı jolda joǵalǵan tolıq napor tómendegishe anıqlanadı:

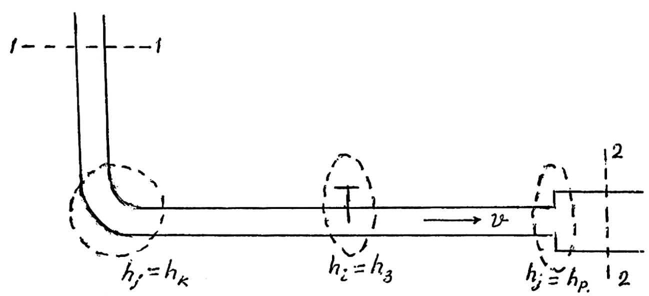
$$h_w = h_e + \Sigma hj \qquad (5.7)$$

(5.7) teńlemedegi aǵzalardıń, yaǵnıy joǵalǵan naporlardıń hár birin bólek-bólek qarap shıǵamız.

1. Jergilikli qarsılıqlar tásirinde joǵalǵan naporlardıń qosındısı, 5.1-súwrette kórinip turǵanınday:

$$\Sigma hj = h_k + h_z + h_{r.r.} \qquad (5.8)$$

Bul jerde h_k – kolenadaǵı jergilikli joǵalıw; h_z – zadvijkadaǵı jergilikli joǵalıw; $h_{r.r}$ – birden keńeyiwdegi jergilikli joǵalıw.



5.2-súwret. Joǵalǵan napordı qosıp shıǵıw sxeması.

J.Veysbax formulasına tiykarlanıp bul jergilikli qarsılıqlar tásirinde joǵalǵan naporlar tómendegishe:

$$h_k = \xi_k \frac{\vartheta^2}{2g}; \qquad h_z = \xi_z \frac{\vartheta^2}{2g}; \qquad h_{r.r.} = \xi_{r.r.} \frac{\vartheta^2}{2g}; \qquad (5.9)$$

Bulardı (5.8) shi formulaǵa qoyıp jazamız

$$\Sigma hj = \left(\xi_k + \xi_z + \xi_{r.r}\right)\frac{\vartheta^2}{2g} \qquad (5.10)$$

Yamasa ulıwma alǵanda

$$\Sigma hj = \Sigma\ \xi_j \frac{\vartheta^2}{2g} \qquad (5.11)$$

2. Trubanıń uzınlıǵı boyınsha joǵalǵan napor. Bul (5.5) formuladan anıqlanadı. Tómendegishe belgi kiritemiz:

$$\frac{\lambda l}{D} = \xi_1 \qquad (5.12)$$

(5.12) teńlemeni (5.5) teńlemege qoysaq

$$h_e = \xi_1 \frac{\vartheta^2}{2g} \qquad (5.13)$$

bul jerde ξ_1 – ózenniń uzınlıǵı boyınsha súykeliw koefficienti. (5.13) den kórinip turǵanınday, h_e di de tezlik naporı arqalı belgilew múmkin eken.

3. Tolıq joǵalǵan napor h_w ni anıqlaw ushın (5.13) hám (5.11) di (5.7) ge qoyıp shıǵamız

$$h_w = h_e + \Sigma hj = \xi_1 \frac{\vartheta^2}{2g} + \Sigma\xi_j \frac{\vartheta^2}{2g} \qquad (5.14)$$

yamasa

$$h_w = (\xi_1 + \Sigma\xi_j)\frac{\vartheta^2}{2g} \qquad (5.15)$$

Belgi kiritemiz

$$(\xi_1 + \Sigma\xi_j) = \xi_w \qquad (5.16)$$

(5.16) nı názerde tutıp (5.15) ti kóshirip jazamız

$$h_w = \xi_w \frac{\vartheta^2}{2g} \qquad (5.17)$$

(5.17) formula tolıq joǵalǵan napordı esaplaw formulası. Bunda ξ_w –tolıq súykeliw koefficienti.

Solay etip, úsh túrli qarsılıq koefficientin aldıq:

a) jergilikli joǵalǵan napor hj di anıqlaw ushın, jergilikli qarsılıq koefficienti – ξj;

b) ózenniń uzınlıǵı boyınsha joǵalǵan napor h_e di anıqlaw ushın, onıń uzınlıǵı boyınsha qarsılıq koefficienti – ξ_1;

v) tolıq joǵalǵan napor h_w di anıqlaw ushın, tolıq qarsılıq koefficienti – $\xi_{w.}$

5.4. Ápiwayı truboprovodlardı gidravlikalıq esaplaw ushın tiykarǵı formulalar.

Truboprovodlardı gidravlikalıq esaplaw úsh tiykarǵı máseleni sheshiwge baǵdarlanadı:

1) berilgen diametrdegi trubadan belgili suw sarpın ótkeriw ushın kerekli bolǵan napordı anıqlaw;

2) berilgen diametrdegi trubadan belgili napordıń joǵalıwında suw ótkeriwsheńlik uqıplıǵın anıqlaw;

3) napordıń joǵalıwı hám suw sarpı muǵdarı berilgen jaǵdayda truboprovodtıń kese kesimi parametrin anıqlaw.

Belgili bolǵanınday, truboprovodlarda joǵalǵan tolıq napor uzınlıq boylap joǵalǵan napordan hám jergilikli qarsılıqlardı jeńip ótiw ushın joǵalǵan naporlardan quraladı (5.7-shi formulaǵa qarań).

Truboprovodlardıń uzınlıǵı boylap joǵalǵan napor Darsi-Veysbaxtıń formulası menen anıqlanadı:

$$h_e = \lambda \frac{l}{d_p}\frac{\vartheta^2}{2g} = \frac{\lambda}{4R}\frac{\vartheta^2}{2g} l \qquad (5.18)$$

bul jerde λ – uzınlıq boylap qarsılıq koefficienti; d_p – trubanıń esaplı ishki diametri; υ – suyıqlıq háreketiniń ortasha tezligi; R – gidravlikalıq radius; l – truboprovodtıń uzınlıǵı.

Eger dóńgelek truba ushın suyıqlıqtıń háreket tezligin

$$\upsilon = \frac{4Q}{\pi d^2} \qquad (5.19)$$

formula menen anıqlasaq, onda uzınlıq boylap joǵalǵan napordı tómendegishe anıqlawǵa boladı:

$$h_e = A_e \cdot l \cdot Q^2 \qquad (5.20)$$

bul jerde $A_e = \frac{8\lambda}{g\pi^2 d_p^5}$ – salıstırma qarsılıq, yaǵnıy 1m truboprovod uzınlıǵındaǵı qarsılıq.

Truboprovodtıń ulıwma uzınlıǵı l boylap qarsılıq $S_e = A_e \cdot l$ quraydı, sonda

$$h_e = S_e \cdot Q^2 \text{ teń boladı} \qquad (5.21)$$

Truboprovodtıń bir birlik uzınlıǵında joǵalǵan napor gidravlikalıq qiyalıq (uklon) dep ataladı, yaǵnıy:

$$i = \frac{h_e}{l} = A_e Q^2 = \frac{\lambda \vartheta^2}{2gd_p} \qquad (5.22)$$

Hár qıylı materiallardaǵı taza hám góne truboprovodlardan suyıqlıq háreketi waqtında payda bolatuǵın gidravlikalıq qarsılıq koefficienti λ, VNIIVODGEO institutında t.i.d. F.A. Shevelevtiń laboratoriyalıq eksperiment ótkeriwi nátiyjesinde alınǵan formulaları menen anıqlanadı:

a) taza polat trubalar ushın

$$\lambda = \frac{0,0159}{d_p^{0,226}}\left(1 + \frac{0,684}{\vartheta}\right)^{0,226} \qquad (5.23)$$

b) góne polat, chugun trubalar ushın

$$\lambda = \frac{0,021}{d_p^{0,3}} \qquad (5.24)$$

Jergilikli qarsılıqlardı jeńip ótiw ushın joǵalǵan napor Veysbaxtıń formulası menen anıqlanadı:

$$h_m = \Sigma\xi \frac{\vartheta^2}{2g} \qquad (5.25)$$

bul jerde $\Sigma\xi$-truboprovodtıń burılǵan, aylanba jerlerindegi hám armaturalarındaǵı qarsılıq koefficientleriniń jayındısı.

Bul formulanı (5.20) formula túrinde tómendegishe jazıwǵa boladı

$$h_m = \Sigma\xi A_m \cdot Q^2 \qquad (5.26)$$

Suyıqlıqtıń sarp muǵdarın (5.21) teńlemesi boyınsha anıqlaw múmkin:

$$Q = \sqrt{h_{e/S_e}} \qquad (5.27)$$

Truboprovodtan aǵıp ótiwshi suyıqlıqtıń tezligin hám sarp muǵdarın Shezi teńlemesi menen anıqlasada boladı:

$$\upsilon = S\sqrt{Ri}; \quad Q = \omega \cdot \upsilon = \omega \cdot S\sqrt{Ri} \qquad (5.28)$$

Truboprovodtıń diametri tómendegi formula menen anıqlanadı:

$$d = \sqrt{\frac{4Q}{\pi v}} = 1{,}13\sqrt{\frac{Q}{\upsilon}} \qquad (5.29)$$

bul jerde d trubanıń diametri; Q – esaplı suw sarpı m^3/s; v – suyıqlıq háreketiniń ortasha tezligi, m/s.

Joqarıda keltirilgen formulalar menen gidravlikalıq esaplawdı qısqartıp ańsatlastırıw ushın polat hám chugun trubalardıń salıstırma qarsılıǵı A_e diń shamaların anıqlaw ushın tablicalar dúzilgen. Vodoprovod trubalardıń gidravlikalıq esaplawların tezlestiriw ushın F.A.Shevelev dúzgen tablicalar qollanıladı.(Шевелев Ф.А. Таблицы для гидравлического расчета. М.Стройиздат.1973.112с)

5.5. Ápiwayı uzın hám qısqa truboprovodlardı esaplaw tiykarları.

Ápiwayı uzın truboprovodlardı gidravlikalıq esaplaw. Uzın truboprovodlardı gidravlikalıq esaplawda joqarıda aytılǵan jergilikli qarsılıqlar tásirinde joǵalǵan naporlar itibarǵa alınbaydı, bunnan basqa E-E napor sızıǵı, P-P pezometr sızıǵı menen birlesedi hám bir sızıqtı quraydı. Solay etip tolıq napordıń joǵalıwı $h_w = h_e$ teń dep qabıl etiledi.

Sonlıqtan trubada qarsılıqlar tásirinde joǵalǵan napor tómendegishe anıqlanadı:

$$h_e = \lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{\vartheta^2}{2g}; \quad \upsilon = \frac{Q}{\omega}; \quad \omega = \frac{\pi d^2}{4} \qquad (5.30)$$

$$h_e = \lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{Q^2}{\pi^2 d^4 \cdot 2g} = \frac{\lambda \cdot l \cdot Q^2 \cdot 8}{g\pi^2 \cdot d^3} = A\beta \cdot l \cdot Q^2$$

bul jerde $A = \frac{8\lambda}{\pi^2 g d^5} = \frac{1}{K^2}; \quad K = \frac{1}{\sqrt{A}} = \sqrt{\frac{g\pi^2 d^5}{8\lambda}}$

A – berilgen trubanıń materialına baylanıslı turaqlı sanǵa iye bolıp, trubanıń salıstırma qarsılıǵı dep ataladı, shaması spravochniklerden qabıllanadı.

β – dúzetiw koefficienti, trubadaǵı tezlik $\upsilon<1{,}2$ m/s bolǵan jaǵdayda, joǵalǵan napordıń tezlikke baylanıslı ózgeriwin esapqa alıwshı koefficient (υ=0,2 m/s –β=1,41; 0,5 m/s -1,15; 0,75 m/s -1,07; 1,2m/s -1,0).

Joqarıda keltirilgen jaǵdaydı esapqa alıp joǵalǵan napordı tómendegishe anıqlaymız

$$h_e = \frac{Q^2}{K^2} l; \quad h_e = A \cdot l \cdot Q^2; \quad h_e = SQ^2 \qquad (5.31)$$

bul jerde S –truboprovodtıń tolıq qarsılıǵı, s^2/m^5

$$S = A \cdot l = \frac{8\lambda l}{\pi^2 g d^5} = \frac{1}{K^2} \qquad (5.32)$$

Solay etip, uzın truboprovodlarda joǵalǵan napordı tómendegishe anıqlawǵa boladı:

$$N = h_e \ H = \frac{Q^2}{K^2} l = A \cdot L \cdot Q^2 = SQ^2 \qquad (5.33)$$

Qısqa truboprovodlardı gidravlikalıq esaplaw. Qısqa truboprovodlardı gidravlikalıq esaplawda tómendegi tiykarǵı máseleler ushırasadı:

1. Egerde trubanıń diametri d, suwdıń sarpı Q, hámde qarsılıqlardıń túrleri berilgen bolsa, joǵalǵan napordı anıqlaw – h_w;
2. Egerde trubanıń diametri d, joǵalǵan napor hw belgili bolsa, trubadan aǵıp ótiwshi suw sarpın Q anıqlaw;
3. Egerde suw sarpı Q hám joǵalǵan napor hw berilgen bolsa, trubanıń diametrin anıqlaw.

Birinshi eki másele tómendegi formulalar járdeminde sheshiledi:

$$H_w = \xi_c \frac{\vartheta^2}{2g} = \xi_c \frac{Q^2}{2g \cdot \omega^2} = \xi_c \frac{16Q^2}{2g\pi^2 d^4} \qquad (5.34)$$

$$Q = \frac{\pi d^2}{4} \sqrt{\frac{2gh_w}{\xi_c}} \qquad (5.35)$$

Úshinshi másele grafoanalitikalıq tańlaw jolı menen sheshiledi, sebebi sistemanıń qarsılıq koefficienti trubanıń diametrine baylanıslı boladı, bul jaǵdayda $\xi_c/d^4=f(d)$ түринде байланыс графиги дүзиледи ҳәм усы grafik arqalı shaması teńlemesine durıs keletugın trubanıń diametrin tabamız. Egerde uzınlıq boylap joǵalǵan napordı esapqa almasaq, onda trubanıń diametri tómendegi formula menen anıqlanadı:

$$d = \sqrt[4]{\frac{8\xi_c Q^2}{g\pi^2 h_w}} \qquad (5.36)$$

Solay etip, truboprovodlardıń uzın hám qısqa túrlerine baylanıslı gidravlikalıq elementlerin esaplaw joqarıda keltirilgen usıllar menen anıqlanıp joybarlanadı.

5.6. Truboprovodlardıń izbe-iz hám parallel jalǵanıwı.
1. Izbe-iz jalǵanǵan truboprovodlardı esaplaw.

Suw támiynatı ámeliyatında trubalardıń ayırımları izbe-iz, basqaları parallel jalǵanıwı múmkin.

Trubalar izbe-iz jalǵanǵanda (5.3-súwret) joǵalǵan napor h_e aǵımnıń 1-1 kese kesiminen 2-2 kese kesimine shekemgi bolǵan aralıq ushın

$$\Sigma h_e = h_{e1} + h_{e2} + h_{e3}, \qquad (5.37)$$

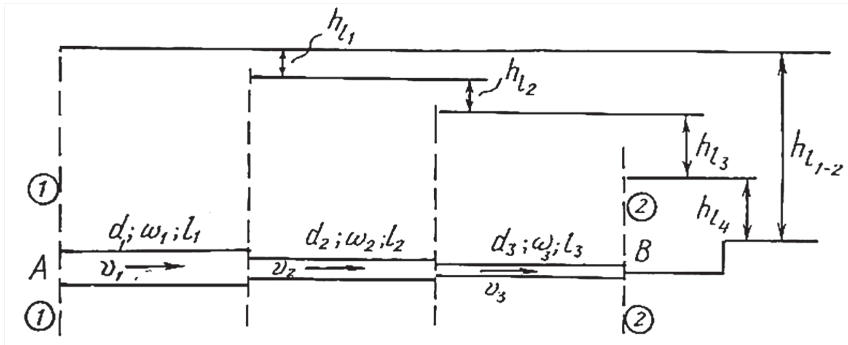
bunnan kórinedi, ulıwma joǵalǵan napor Σh_e trubalardıń izbe-iz joǵalǵan hár bir bólek trubalardaǵı joǵatılǵan naporlardıń jıyındısına teń.

(5.20) formulanı paydalanıp ulıwma joǵalǵan napordıń teńlemesin tómendegishe jazamız:

$$\Sigma h_e = Q^2(A_1 \cdot l_1 + A_2 \cdot l_2 + \ldots\ldots\ldots + A_n \cdot l_n) \qquad (5.38)$$

Yamasa

$$\Sigma h_e = Q^2 \left(\frac{l_1}{K_1^2} + \frac{l_2}{K_2^2} + \ldots + \frac{l_n}{K_n^2} \right) \qquad (5.39)$$



5.3-súwret. Izbe-iz jalǵanǵan trubopravodlardı gidravlikalıq esaplaw sxeması.

Bul formulanı ekinshi dárejeli qarsılıq oblasti ushın (5.21) teńlemeni esapqa alıp tómendegishe jazamız:

$$h_e = Q^2 (S_1 + S_1 + \dots\dots\dots + S_n) \qquad (5.40)$$

Yaǵnıy

$$h_e = Q^2 \Sigma S \text{ yamasa } h_e = Q^2 S_e \qquad (5.41)$$

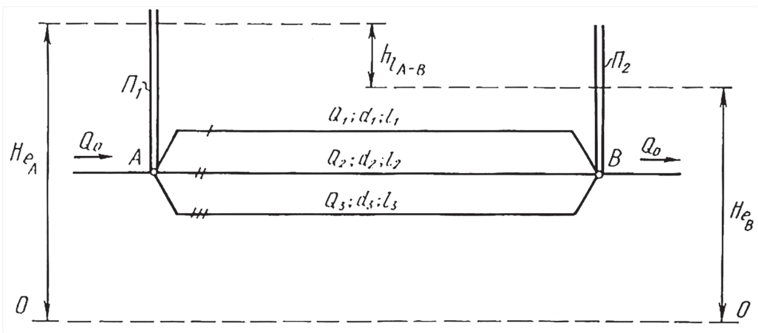
bul jerde S_e – truboprovod dizimindegi qarsılıq.

Solay etip, hár qıylı diametrdegi truboprovodlardıń izbe-iz joǵalǵan sistemasın ápiwayı bir truboprovod dep qarasaq boladı eken, olardıń qarsılıqları bólek izbe-iz joǵalǵan truboprovodlardıń qarsılıqlarınıń jıyındısına teń.

2.Parallel jalǵanǵan truboprovodlar. Truboprovodlar parallel jalǵanǵanda, joǵalǵan naporlardı qosıp shıǵıw múmkin emes, sebebi hár bir trubada bólek joǵatılǵan napor: $h_{e1} = h_{eAB}$; $h_{e2} = h_{eAB}$; $h_{e3} = h_{eAB}$ teń boladı, solay etip ulıwma joǵalǵan napor h_{eAB} ǵa teń, yaǵnıy:

$$h_{eAB} = h_{e1} = h_{e2} = h_{e3} \qquad (5.42)$$

5.4-súwrette A hám B tochkalarǵa tiyisli A tochkaǵa P_1 pezometr hám B tochkaǵa P_2 pezometr ornatılǵan, olardıń parqı bizge A tochkadan B tochkaǵa shekem bolǵan uzınlıqta joǵatılǵan napordı beredi, yaǵnıy



5.4-súwret. Parallel jalǵanǵan truboprovodlardı gidravlikalıq esaplaw sxeması.

$$h_{e_{AB}} = H_{e_A} - H_{ev} \qquad (5.43)$$

bul jerde N_{eA} hám N_{eV} A hám V tochkalardaǵı naporlar boladı. Hár bir trubadaǵı joǵatılǵan naporlarda joqarıdaǵıday bolıp jazıladı:

$$\left.\begin{aligned} h_{e_1} &= H_{e_A} - H_{ev} \\ h_{e_2} &= H_{e_A} - H_{ev} \\ h_{e_3} &= H_{e_A} - H_{ev} \end{aligned}\right\} \qquad (5.44)$$

Bunda h_{e1}, h_{e2}, h_{e3} hár bir trubada joǵatılǵan napor (5.42) hám (5.44) teńlemelerin názerde tutıp tómendegishe jazıwımız múmkin:

$$h_{e_{AB}} = h_{e_1} = h_{e_2} = h_{e_3} = H_{e_A} - H_{e_B} \qquad (5.45)$$

Bunnan kórinip turǵanınday, parallel jalǵanǵan trubalardıń hár birinde joǵalǵan napor óz-ara teń boladı eken, bul teńlemege joqarıda keltirilgen teńlemeden olardıń muǵdarların qoyıp shıqsaq:

$$h_{eAV} = \frac{Q_1^2}{K_1^2} l_1 = \frac{Q_2^2}{K_1^2} l_2 = \frac{Q_3^2}{K_3^2} l_3 \qquad (5.46)$$

bul jerde K suw sarpı moduli $K = S \cdot 1w \cdot \sqrt{R}$; $i = Q^2 / K^2$ (5.46) teńlemeni Q ǵa salıstırıp sheshsek, ondaǵı aǵzalar úsh teńlemeni bildiredi:

$$\text{(I)} \qquad Q_1 = K_1 \sqrt{\frac{h_{lAB}}{l_1}}$$

$$\text{(II)} \qquad Q_2 = K_2 \sqrt{\frac{h_{lAB}}{l_2}} \qquad (5.47)$$

$$\text{(III)} \qquad Q_3 = K_3 \sqrt{\frac{h_{lAB}}{l_3}}$$

Bularǵa qosımsha tórtinshi teńlemeni jazamız:

$$\text{(IV)} \qquad Q = Q_1 = Q_2 = Q_3$$

Egerde suw sarpı Q hám trubanıń ólshemleri: D, *l* berilgen bolsa, joqarıdaǵı tórt (I), (II), (III), (IV) teńlemeler diziminen paydalanıp, injenerlik-gidravlikalıq máselelerin sheshiwimiz múmkin.

5.7. Quramalı uzın trubalar tarmaǵın gidravlikalıq esaplaw.

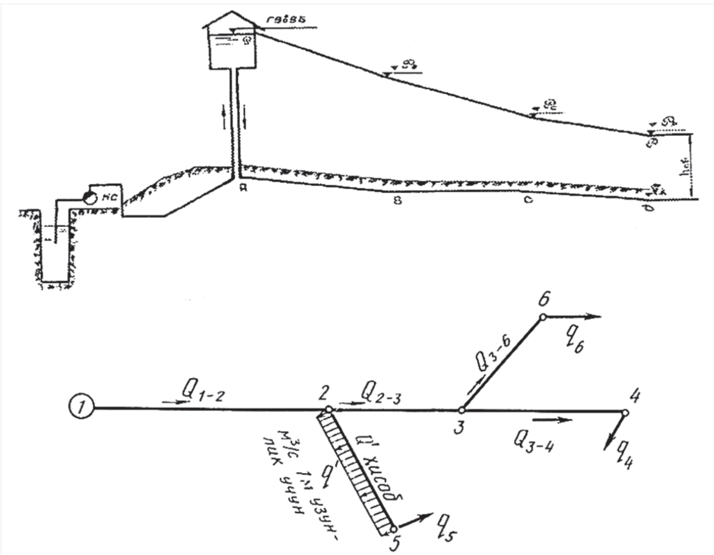
Qalanı yamasa posyolkanı suw menen támiyinlew dizimlerinde quramalı tarqalǵan trubalardıń tarmaǵı eki túrli kóriniste boladı:

a) uzınlıq boylap har tárepke taralıp tarqalǵan tarmaq (5.5-suwret);

b) aylanba tárizli jabıq vodoprovod tarmaǵı (5.6-súwret).

Hár tárepke tarqalǵan trubalardıń tarmaǵın gidravlikalıq esaplaw-truba tarmaǵınıń hár bir uchastkasındaǵı trubalardıń diametrlerin hám tarmaq túyinlerindegi tochkalardaǵı naporlardı anıqlawdan ibarat. Bunday truba tarmaqların esaplaw ushın tómendegi maǵlıwmatlar berilgen bolıwı kerek.

Tarmaqlardıń hár bir bólegindegi trubalardıń uzınlıǵı tarmaq jaylasqan jer planınıń belgili gorizontal sızıqları, tarmaqtıń hár bir uchastkası tochkalarındaǵı suw sarpları hám hár bir metr uzınlıq ushın berilgen boladı. Bunday tarmaqlardı gidravlikalıq esaplaw tarmaqtıń eń aqırǵı tochkasınan baslanadı hám esaplaw tártibi suw aǵımına qarsı baǵdarda alıp barıladı. Gidravlikalıq esaplaw nátiyjesinde tómendegi



5.5-súwret. Taralıp tarqalǵan vodoprovod tarmaǵınıń sxeması.

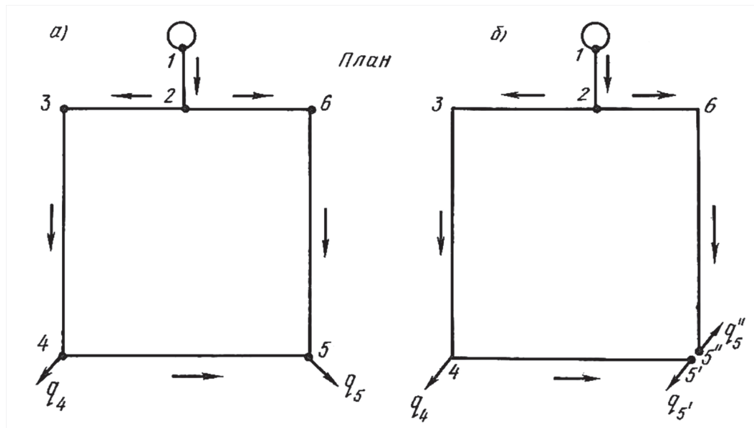
shamalardı anıqlaymız: truba diametrin hám vodonapor bagindegi suw qáddi otmetkasın. Suw qáddi otmetkası tarmaqtıń tochkalarına berilgen suw sarpın belgileydi. Magistral truba bolsa izbe-iz jalǵanǵan hám hár birinde suw sarpı túrlishe bolǵan bir qansha trubalar qosındısınan quralǵan truba esaplanadı. Qalǵan barlıq trubalar usı magistral truba arqalı suw menen támiyinlenedi.

Ulıwma esaplaw tártibi tómendegishe júrgiziledi. 1. Vodoprovod tarmaǵınıń hár bir uchastkası ushın suw sarpı muǵdarın anıqlaymız. tarmaqtıń qálegen uchastkasındaǵı suw sarpı muǵdarı onnan keyingi tarmaqtaǵı uchastkalardıń suw sarpına teń bolıwı shárt. Mısalı 3-4 uchastka ushın suw sarpı $Q_{3-4} = q_4$; 1-2 uchastka ushın suw sarpı $Q_{1-2}=q_4+q_5+q_6+q^1 \cdot l_{2-5}$; 2-5 участка ушын суў сарпы $Q_{3-4}= q_5 +0{,}55\ q^1 \cdot l_{2-5}$

2. **Truboprovodtıń magistral sızıǵın tańlaw.** Joqarıda aytıp ótilgenindey, magistral sızıǵı yaǵnıy eń tiykarǵı suw ótkiziwshi truba (tarmaqtaǵı barlıq suw sarpın ótkeretuǵın), ol eń uzın bolǵan trubadan turadı.

Magistral truba 1-2-3-4 ti esaplaw.

1. Vodoprovod tarmaǵı magistralinıń hár bir uchastkası ushın ekonomikalıq tezligin qabıl etemiz. Bul tezlik trubanıń diametrine baylanıslı (5.2-kestege qarań), buǵan qaramastan ekonomikalıq tezlikti $\vartheta_{ek}=1{,}0$ m/s dep qabıl etiwde múmkin.



5.6-súwret. Aylanba tárizli jabıq vodoprovod tarmaǵınıń sxeması.

5.2-keste.

Ekonomikalıq tezliktiń shamaları

D, m	0,10	0,20	0,25	0,30
ϑ_{ek}, m/s	0,75	0,90	1,10	1,25

2. Vodoprovodtıń hár bir bólegi ushın ekonomikalıq tezlik ϑ_{ek} ti қабыллағаннан keyin, magistral trubanıń diametrin anıqlaymız (úzliksizlik teńlemesinen)

$$\omega = \frac{Q}{\vartheta_{ek}}; \quad D^{`} = \sqrt{\frac{4\omega}{\pi}} = \sqrt{\frac{4Q}{\pi\vartheta_{ek}}} \tag{5.48}$$

esaplaw nátiyjesinde D` tı standart shamasına shekem pútinlestirip alamız.

3.Magistral truba uchastkalarınıń diametrleri D_n hám suw sarpları Q_n málim bolǵannan keyin, onıń barlıq uchastkaları ushın trubanıń uzınlıǵı boyınsha ulıwma joǵalǵan napordı anıqlaymız:

$$h_e = \frac{Q^2}{K^2} \cdot l \tag{5.49}$$

4. Joǵalǵan napordı h_e di anıqlaǵannan keyin vodoprovodtıń uzınlıǵı boyınsha pezometriyalıq sızıqtı sızamız (P-P), (5.5-suwret), sızıwdı magistral trubanıń aqırınan (mısalı $\Delta^{`}_D$) baslaymız. Pezometriyalıq sızıq P-P nı qurǵannan keyin tómendegi

$$\Delta^{`}_{V.B.} = \Delta^{`}_D + \Sigma h_e\,, \tag{5.50}$$

teńlemeden vodonapor baktegi suw qáddi otmetkasın anıqlaymız. Bul jerde Σh_e – magistral trubanıń uzınlıǵı boyınsha tolıq joǵalǵan napor; $\Delta^{`}_{V.B}$ – vodonapor bak ornatılǵan minaranıń biyikligin bildiredi.

Vodonapor tarmaqların gidravlikalıq esaplaw. Magistral truba ushın R-R pezometriyalıq sızıǵın qurǵanımızda, truba tarmaqlarınıń hár biri ushın magistral sızıǵına jalǵanǵan jerine olardıń naporların anıqlaǵan edik. Mısalı, 3-6 truba tarmaǵınıń baslanǵan jerinde napor $\Delta^{`}_3$ belgi menen belgilenedi, 2-5 truba tarmaǵınıń baslanıwında bolsa napor $\Delta^{`}_2$ belgi menen belgilenedi hám t.b.

Joqarıda aytılǵanlarǵa tiykarlanıp:

a) mısalı, 3-6 truba tarmaǵı ushın joǵalǵan napor

$$h^{`}_{3\text{-}6} = \Delta^{`}_3 - \Delta^{`}_6 \tag{5.51}$$

bunda $\Delta^{`}_3$ – magistraldı esaplaǵanda málim bolǵan belgi.

b) (5.2) teńlemeni kóshirip jazamız

$$\left(K^{`}\right)^2 = Q^2 \frac{l}{h^{`}_e} \tag{5.52}$$

(5.52) den K` tı anıqlaymız;

v) 5.1-kesteden K` tiyisli D` tıń shamasın anıqlaymız. D` tı D ǵa shekem pútinlestiremiz.

g) qabıl etilgen D ǵa tiyisli suw sarpı moduli K nı anıqlaymız hám 3-6 truba tarmaǵına tiyisli haqıyqıy joǵalǵan napor $h^{`}_{3\text{-}6}$ nı esaplaymız.

5.8. Quramalı aylanba (kolcevoy) uzın vodoprovod tarmaǵın gidravlikalıq esaplaw.

Quramalı túrde jalǵanǵan aylanba jaylasqan vodoprovod tarmaǵın gidravlikalıq esaplawda (5.6,a-súwret) hár bir uchastka trubalarınıń diametrin anıqlaw hám sol truba tarmaǵı ushın pezometriyalıq P-P sızıǵın qurıw talap etiledi.

Truba diametrin anıqlaw. Bunda dáslep tómendegilerdi qabıl etemiz:

a) hár bir uchastka truba diametrlerin; b) 4-5 trubadaǵı suw háreketi baǵdarın (mısalı shepten ońǵa); c) q_s suw sarpınıń 4-5 hám 6-5 sızıqlar arasında bólistiriwin (bul jerde 4-5 sızıqta suw sarpı $\Sigma\ q_5$, 6-5 sızıqta bolsa [(1-) q_s], bul jerde ǵa shamalardı berip baramız. Qaralıp atırǵan aylanba jaylasqan tarmaqta eki suw aǵımı: birinshisi –saat strelkasına teriskeri 2-3-4; ekinshisi – saat strelkası bagıtında 2-6-5 bar. Bunda suwdıń háreket baǵıtın 4-5 sızıǵı boyınsha shepten ońǵa baǵdarlap, sonıń menen eki qaramaqarsı aǵımdı 5 tochkada ushırastıramız. Bul eki aǵımnıń ushırasıw tochkasın nol tochka yamasa suw ayırıwshı (vodorazdel) tochkası dep ataladı. Biz trubanıń diametrin, suw ayırıwshı tochkanıń jaǵdayın hám niń muǵdarın durıs qabıl ettikpe yamasa durıs emespe, bunı tekseriw ushın tómendegi usıldı qollaymız. Usı aylanba tarmaqtı belgilewde, suw ayırǵısh tochkasında trubalardı yadtan ekige ajıratamız, usı tártipte 5.6,b-súwrette kórsetilgen tarmaqtı payda etemiz. Keyin ulıwma (5.2) formula járdeminde 1-2-3-4-5 sızıǵı ushın $h_{l1-2-3-4-5}$ hám 1-2-6-5" sızıǵı ushın $h_{l1-2-6-5}$ hám 1-2-6-5" sızıǵı ushın $h_{l1-2-6-5}$ joǵalǵan naporlardı anıqlaymız.

Sonnan keyin, bul eki sızıq ushın esaplanǵan joǵalǵan naporlardı bir-biri menen salıstıramız.

Eger $$he_{1\text{-}2\text{-}3\text{-}4\text{-}5'} = he_{1\text{-}2\text{-}3\text{-}6\text{-}5''} \qquad (5.53)$$

teń bolsa, onda bunday juwmaq shıǵaramız: 5' hám 5" tochkalarda joǵatılǵan naporlar birdey boladı (usınday bolıwıda kerek, sebebi 5' hám 5" tochkalar fizikalıq mániste bir tochkanı, yaǵnıy tochka 5 ti belgileydi (5.5 a-súwret). Bunnan kórinip turǵanınday 5.5 b-súwretke salıstırıp (5.53) teńlik orınlansa biz joqarıda diametri D hám ε lardı durıs qabıl etken bolamız. Eger (5.53) teńlik shárti orınlanbasa, ol jaǵdayda D hám E lardı tákirarlap qaytadan qabıl etemiz hám usı usılda esaplawdı (5.53) shi teńlik shárti orınlanǵansha dawam ettiremiz.

Naporlı truboprovodlardı joybarlawda, olardıń ekspluataciyalaw dáwirinde suw ótkeriw uqıplılıǵınıń páseyip ketiwi (50% ke shekem) jaǵdayın esapqa alıw kerek. Korroziyaǵa ushıraw hám truba diywallarına hár túrli qaldıqlardıń shógiwi nátiyjesinde trubanıń gedir-budırlıq biyikligi úlkeyedi, onı tómendegi formula menen bahalaw múmkin (A.D. Altshul formulası):

$$K_t = K_0 + \alpha t \qquad (5.54)$$

Bul jerde K_0 – absolyut gedir-budırlıq, mm; K_t – trubanı t jıl dawamında ekspluataciya etkennen keyingi absolyut gedir-budırlıǵı, mm/jıl; α –gedir-budırlıqtıń tezlik penen ósiwin sıpatlawshı koefficient, mm/jıl. Onıń shaması tómendegi 5.3.-kestede keltirilgen.

5.3-keste.

Gedir-budırlıqtıń jıl dawamında suwdıń sıpatına baylanıslı ózgeriwi.

Tábiiy suwlardıń xarakteristikası	α, mm/jıl
1. Tómen mineralizaciyalı, korroziyalamawshı suwlar	0,005-0,055 (0,025)
2. Tómen mineralizaciyalı, korroziyalawshı suwlar	0,55 -0,18 (0,07)
3. Quramında azıraq xlorid hám sulfat bar qattı korroziyalawshı suwlar	0,18 -0,40 (0,20)
4. Quramında kóp muǵdarda (500-700 mg/l) xlorid hám sulfat bar, korroziyalawshı suwlar	0,40 -0,60 (0,51)

Solay etip, α koefficientiniń shaması trubanıń materialına hám suyıqlıqtıń sıpatına baylanıslı көп дәрежеде өзгерип, уақыттың өтиўименен трубопроводлардың ишки гедир – будырлықларының үлкейиуине, олардың суў өткериў уқыплылығының кескин түрде пәсейип кетип истен шығыўына алып келиўи мүмкин.

5.9. Besinshi baptıń temaları boyınsha ámeliy máseleler.

5.1-másele. Turaqlı diametrdegi ápiwayı truboprovod berilgen. Usı truboprovod arqalı suw A ıdıstan atmosferaǵa aǵıp ótedi. Truboprovodtıń diametri D = 150 mm, uzınlıǵı l = 25 m, suw sarpı Q = 40 l/s. Napor H tı anıqlaw talap etiledi.

Sheshimi: Esaplaw ushın суйықлықтың ыдыстан труба арқалы атмосфераға ағып шығыў формуласынан пайдаланамыз:

$$Q = \mu_t \omega \sqrt{2gH} \qquad (5.55)$$

bul jerde μ_t –truboprovodtıń sarp muǵdarı koefficienti, suwdıń atmosferaǵa aǵıp ótiwi jaǵdayı ushın

$$\mu_t = \frac{1}{\sqrt{1+\frac{\lambda \cdot l}{D}+\Sigma\xi}} = \frac{1}{\sqrt{1+\frac{0,0355625}{0,15}+\left(\xi_{vk+}\xi_{z+}\xi_{r.p+}\xi_{vıp}\right)}} =$$

$$= \frac{1}{\sqrt{1+5,93+\left(0,5+5,3+1,2+1,0\right)}} = \frac{1}{\sqrt{6,93+8,0}} = 0,26$$

Endi (5.55) formuladan napor H tı tabamız:

$$H=\frac{Q^2}{\mu_t^2\omega^2 2g}=\frac{0,04^2}{0,26^2\cdot 0,0176^2\cdot 19,81}=\frac{0,0016}{0,068\cdot 0,00031\cdot 19,81}=3,8m$$

bul jerdegi trubanıń kese kesiminiń maydanı

$$\omega=\frac{\pi D^2}{4}=\frac{3,14\cdot 0,15^2}{4}=0,0176m^2$$

5.2-Másele. Diametri d= 0,25 m, absolyut ekvivalent gedir-budırlıqqa K_0=0,0001 m iye taza polat vodovodtıń suw ótkriw uqıplılıǵı Q_0=0,052 m³/s. Suw deregindegi suwdıń quramı tómen mineralizaciyalı, korroziyalamawshı. Eki jıl dawamında ekspluataciyalanǵannan keyingi ótkrilgen izertlew nátiyjesinde truboprovodtıń absolyut gedir-budırlıǵınıń K_2 =0,2 mm ge shekem kóbeygeni anıqlanılǵan. Vodovodtı 15 jıl ekspluataciyalaǵannan keyin, onıń suw ótkeriw ukıplılıǵınıń Q_{15} qanday bolatugının anıqlaw kerek?

Sheshimi: Joqarıda keltirilgen 5.3-keste boyınsha berilgen suw dereginiń xarakteristikasına muwapıq gedir-budırlıqtıń ósiwin sıpatlawshı koefficient α = 0,0055…………..0,055 mm/god.

(5.54) formulanı tómendegishe jazamız:

$$K_2=K_0+\alpha t;$$

$$0,2=0,1+\alpha\cdot 2$$

Bunnan α =0,05 mm/god

α = 0,05 mm/god etip qabıllaymız hám truboprovodtı 15 jıl ekspluataciyalaǵannan keyingi absolyut gedir-budırlıqtı anıqlaymız:

$$K_{15}=K_0+\alpha\cdot 15=0,1+0,05\cdot 15=0,85 \text{ mm}=8,5 \text{ sm}$$

15 jıl ekspluataciya etkennen keyingi gidravlikalıq qarsılıq koefficientin anıqlaymız:

$$\frac{\lambda_{15}}{\lambda_0}=\frac{0,11(K_{15}/d)^{0,25}}{0,11(K_0/d)^{0,25}}=(\frac{K_{15}}{K_0})^{0,25};$$

Bunnan $\lambda_{15}=\lambda_0(K_{15}/K_0{}^{0,25}=\lambda_0(0,85/0,1)^{0,25}=1,71\lambda_0$

Endi 15 jıl ekspluataciyalanǵannan keyingi suw sarpın Darsi-Veysbaxtıń formulası menen anıqlaymız:

$$Q=\omega\sqrt{2gdi}\cdot\frac{1}{\sqrt{\lambda}},$$

Solay etip,

$$\frac{Q_{15}}{Q_0}=\sqrt{\frac{\lambda_0}{\lambda_{15}}}=\sqrt{\frac{\lambda_0}{1,71\lambda_0}}=0,766;$$

$$Q_{15}=0,766\ Q_0=0,766\cdot 0,052=0,04\text{m}^3/\text{s}$$

Yaǵnıy 15 jıl dawamında ekspluataciya etiw nátiyjesinde truboprovodtıń suw ótkiziw uqıplılıǵı 23% ke kemeyedi eken.

$$\frac{0,052-0,040}{0,052}=23\%$$

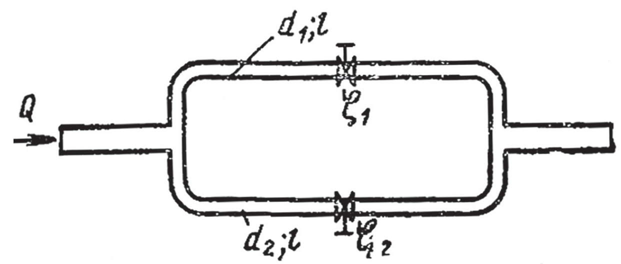
Bul suw sarpınıń kemeyiwin jaqsılaw ushın suwdı tazalaw talap etiledi yamasa diametri úlkenirek vodovod qabıl etiledi.

5.3-másele. Uzınlıǵı l =1000 m parallel joǵalǵan polat truboprovodlardıń (5.7-súwret), egerde suw sarpları Q_1 =0,02 m³/s hám Q_2 =0,08 m³/s bolsa, usı uchastkalardaǵı trubalardıń diametrlerin anıqlań?

Truboprovodlardaǵı ulıwma basımnıń joǵalıwı: ΔP = 5 · 10⁴ Pa. Truboprovodlardaǵı jergilikli qarsılıqlar: ξ_4 =40 hám ξ_2=15.

Suwdıń temperaturası 20 ⁰S.

Sheshimi: Uchastkalardaǵı ulıwma salıstırma qarsılıqtı tómendegi formula menen anıqlaymız (ρ-suwdıń tıǵızlıǵı ρ=998,2 kg/m³):



5.7-súwret.

$$A_1 = \frac{\Delta R_{pot}}{\rho \cdot g Q_1^2 \cdot l_1} = \frac{5 \cdot 10^4}{998,2 \cdot 9,81 \cdot (0,02)^2 \cdot 1000} = 12,5\,\mathrm{c}^2/\mathrm{m}^6$$

$$A_2 = \frac{\Delta R_{pot}}{\rho \cdot g Q_2^2 \cdot l_2} = \frac{5 \cdot 10^4}{998,2 \cdot 9,81 \cdot (0,02)^2 \cdot 1000} = 0,78\,\mathrm{c}^2/\mathrm{m}^6$$

Solay etip, shamalap truboprovodlardaǵı basımnıń joǵalıwın, qarsılıqtıń uzınlıqqa joǵalıwın tekte kvadrat nızamlıq boyınsha dep qabıllaymız.

Sonda, tómendegi keste boyınsha truboprovodlardıń diametrlerin anıqlamız:

A.D. Altshul, V.I. Kalicun. Primerı raschyotov po gidravlike. Tabl. 5.2. str.102.

d, m	**λ**	**A_{kv}, c^2/m^6**	**d,m**	**λ**	**A_{kv}, c^2/m^6**
0,1	0,0192	168,6	0,30	0,0148	0,504
0,15	0,0177	19,15	0,40	0,0138	0,111
0,20	0,0164	4,21	0,50	0,0130	0,0346
0,25	0,0155	1,32			

$$A_{kv}^{I} = 12,5c^2 / m^6 \rightarrow d_1 = \; 0,16\ m$$

$$A_{kv}^{II} = 0,78c^2 / m^6 \rightarrow d_2 = \; 0,28\ m$$

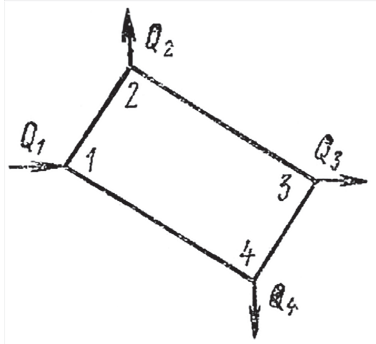
Truboprovodlardıń standart diametrlerin qabıllaymız:

d_1= 0,16≈ 0,15; d_2= 0,28 =0,30 m.

Uchastkalardaǵı aǵımnıń tezligin anıqlaymız:

$$v_1 = \frac{4Q_1}{\pi d^2} = \frac{4 \cdot 0,02}{3,14 \cdot (0,15)^2} = 1,06\, m/s$$

$$v_2 = \frac{4Q_2}{\pi d_2^2} = \frac{4 \cdot 0,08}{3,14 \cdot (0,30)^2} = 1,24\, m/s$$



5.8-súwret.

5.4-másele. Aylanba (kolcevoy) vodoprovod tarmaǵın esaplaw (5.8-súwret). Túyinlerdegi (uzlovıe) tochkalardaǵı suw sarpları: Q_2=0,01 m^2/s; Q_3 =0,05 m^3/s; hám Q_4 =0,015 m^3/s; Uchastkalardıń uzınlıqları: L_{1-2} =500 m, L_{2-3} =1000 m; L_{1-4} =1000 m, L_{4-3} =500 m; 1-tochkadaǵı basım R=1,5·10^5Pa; Túyindegi tochkalardaǵı minimal basım R_{min}=5·10^4Pa. Suwdıń temperaturası 20^0C. Taza polat trubalardan qurılǵan aylanba vodoprovod tarmaǵı uchastkalarındaǵı trubalardıń diametrlerin anıqlań?

Sheshimi: Izbe-izlilik penen jaqınlasıw usılı boyınsha esaplawdı orınlaymız.

Tarmaqtıń hár bir uchastkası ushın suw sarpların shamalap belgilep, diametrlerin anıqlaymız. Solay etip, 1-2-3 uchastkasınan Q_3 suw sarpınıń yarımı al 1-4-3 uchastkasınan ekinshi yarımı, aǵıp ótedi dep paraz etemiz. Sonda 1-2 uchastkadan:

Q_{1-2} = Q_2 +0,5 Q_3=0,035 m^3/s; d_{1-2}=0,2m; υ=1,32 m/s

2-3 uchastkadan:

Q_{2-3} = Q_2 +0,5 Q_3=0,025 m^3/s; d_{2-3}= 0,175m; υ=1,2 m/s

1-4 uchastkadan

Q_{1-4} = Q_4 +0,5 Q_3=0,04 m^3/s; d_{1-4}=0,20m; υ=1,34 m/s

4-3 uchastkadan

Q_{4-3} = 0,5 Q_3=0,025 m^3/s; d_{4-3}=0,175m; υ=1,2 m/s

Hár bir uchastkadaǵı basımnıń joǵalıwın tómendegi formula menen anıqlaymız:

$$\Delta P_1 = \rho g\, \psi\, A_{kv} Q^2 \cdot L \qquad (5.56)$$

Bul jerde A_{kv} nı joqarıda keltirilgen 5.2-keste boyınsha anıqlaymız, al ψ –koefficientin ψ=1,1 dep qabıllaymız.

1-2 uchastkadaǵı basımnıń joǵalıwı:

$$d_{1\text{-}2}=0{,}20m \rightarrow A_{kv.1\text{-}2}=4{,}21;\ \psi_{1\text{-}2}=1{,}1$$

$$= 998{,}2 \cdot 9{,}81 \cdot 1{,}1 \cdot 4{,}21 \cdot (0{,}035)^2 \cdot 500 = 2{,}5 \cdot 10^4 Pa$$

2-3 uchastkadaǵı

$$d_{2\text{-}3}=0{,}175m \rightarrow A_{kv2\text{-}3}=2{,}8;\ \psi_{2\text{-}3}=1{,}1$$

$$\Delta P_{l\,1-2} = 998{,}2 \cdot 9{,}81 \cdot 1{,}1 \cdot 4{,}21 \cdot \left(0{,}035\right)^2 \cdot 500 = 2{,}5 \cdot 10^4\, Pa$$

1-2-3 uchastkadaǵı ulıwma basımnıń joǵalıwın tabamız:

$$\Delta P_{l\,1-2-3} = 2{,}5 \cdot 10^4 + 1{,}92 \cdot 10^4 = 4{,}42 \cdot 10^4\, Pa = 44{,}2\ kPa$$

1-4 uchastkadaǵı

$$d_{1\text{-}4}=0{,}20m \rightarrow A_{kv1\text{-}4}=4{,}21;\ \psi_{1\text{-}4}=1{,}1$$

$$\Delta P_{l\,1-4} = 998{,}2 \cdot 9{,}81 \cdot 1{,}1 \cdot 4{,}21 \cdot \left(0{,}04\right)^2 \cdot 1000 = 7{,}2 \cdot 10^4\, Pa$$

4-3 uchastkadaǵı

$$d_{4\text{-}3}=0{,}175m \rightarrow A_{kv}=2{,}8;\ \psi_{3\text{-}4}=1{,}1.$$

$$\Delta P_{l\,4-3} = 998{,}2 \cdot 9{,}81 \cdot 1{,}1 \cdot 2{,}8 \cdot \left(0{,}025\right)^2 \cdot 500 = 0{,}88 \cdot 10^4\, Pa$$

1-4-3 uchastkadaǵı ulıwma basımnıń joǵalıwın tabamız:

$$\Delta P_{l\,1-4-3} = 7 \cdot 2 \cdot 10^4 + 0{,}88 \cdot 10^4 = 8{,}08 \cdot 10^4\, Pa = 80{,}8\ kPa.$$

Solay etip, 1-4-3 uchastkadaǵı basımnıń joǵalıwı 1-2-3 uchastkadaǵı basımnıń joǵalıwınan tómendegi shamada artıq boladı

$$\Delta P = 80{,}8 - 44{,}2 = 36{,}6\ kPa$$

Bul uchastkalardaǵı tańlap alınǵan trubalardıń diametrleri ushın suw sarpın tómendegi formula boyınsha qaytaldan bólistiremiz (Федоров Н.Ф., Курганов А.М. Справочник по гидравлическим расчетом систем водоснабжения и канализации. Л.,Стройиздат, 1973):

$$\Delta q = \frac{\Delta P}{\rho \cdot g \cdot 2\Sigma \psi_i \cdot A_i \cdot Q_i \cdot l_i},$$

Bul jerde

$$\Sigma \psi_i \cdot A_i \cdot Q_i \cdot l_i = \psi_{1-2} \cdot A_{1-2} \cdot Q_{1-2} \cdot l_{1-2} + \psi_{2-3} \cdot A_{2-3} \cdot$$

$$Q_{2-3} \cdot l_{2-3} + \psi_{1-4} \cdot A_{1-4} \cdot Q_{1-4} \cdot l_{1-4} + \psi_{4-3} \cdot A_{4-3} \cdot Q_{4-3} \cdot l_{4-3} =$$

$$1{,}1 \cdot 2{,}8 \cdot 0{,}025 \cdot 1000 + 1{,}4 \cdot 4{,}21 \cdot 0{,}04 \cdot 1000 + 1{,}1 \cdot 2{,}8 \cdot 0{,}025 \cdot 500 = 382$$

Bunnan

$$\Delta q = \frac{3{,}66 \cdot 10^4}{998{,}2 \cdot 9{,}81 \cdot 2 \cdot 382} = 5 \cdot 10^{-3} m^3 / s = 0{,}005 m^3 / s$$

Belgili bolǵanınday, 1-2-3 uchastkadaǵı joǵalǵan basım 1-4-3 uchastkadaǵıdan kem bolǵanlıǵı sebepli, 1-2-3 tarmaqtaǵı suw sarpın $\Delta q = 0{,}005\ m^3/s$ qa kóbeyttiremiz, al 1-4-3 tarmaqtaǵı suw sarpın bolsa $\Delta q = 0{,}005\ m^3/s$ qa azayttıramız.

Esaplawdıń ekinshi mártebe jaqınlastırıw usılında joǵalǵan basımdı (5.56) formulamenen anıqlaymız. Solay etip 1-2 uchastkadaǵı basımnıń joǵalıwı:

$$Q_{1-2} = 0{,}035 + 0{,}005 = 0{,}04\ m^3 / s; \quad \Delta P_{l\,1-2} = 3{,}34 \cdot 10^4\, Pa$$

2-3 uchastkadaǵı

$$Q_{2\text{-}3} = 0{,}025+0{,}005 = 0{,}03\ m^3/s; \quad \Delta P_{l\,2-3} = 2{,}96 \cdot 10^4\ Pa$$

1-2-3 uchastkadaǵı ulıwma joǵalǵan basımdı jazamız:

$$\Delta P_{l\,1-2-3} = 3{,}34 \cdot 10^4 + 2{,}96 \cdot 10^4 = 6{,}3 \cdot 10^4 Pa = 63\ kPa$$

1-4 uchastkadaǵı

$$Q_{1\text{-}4} = 0{,}04-0{,}005 = 0{,}035\ m^3/s; \quad \Delta P_{l\,1-4} = 5{,}82 \cdot 10^4\ Pa$$

4-3 uchastkadaǵı

$$Q_{4\text{-}3} = 0{,}025-0{,}005 = 0{,}02\ m^3/s; \quad \Delta P_{l\,4-3} = 0{,}52 \cdot 10^4\ Pa$$

1-4-3 uchastkadaǵı ulıwma joǵalǵan basımdı jazamız:

$$\Delta P_{l\,1-4-3} = 5{,}82 \cdot 10^4 + 0{,}52 \cdot 10^4 = 6{,}32 \cdot 10^4\ Pa = 63{,}2\ kPa$$

Demek eki uchastkadağı joğalğan basım bir-birinen júdá az muğdarda parq etedi, bul uchastkalardağı esaplanılğan trubanıń diametrleriniń hám suw sarplarınıń anıq durıs esaplanılğanın kórsetedi. Demek tağıda jaqınlastırıp esaplaw usılan talap etpeydi.

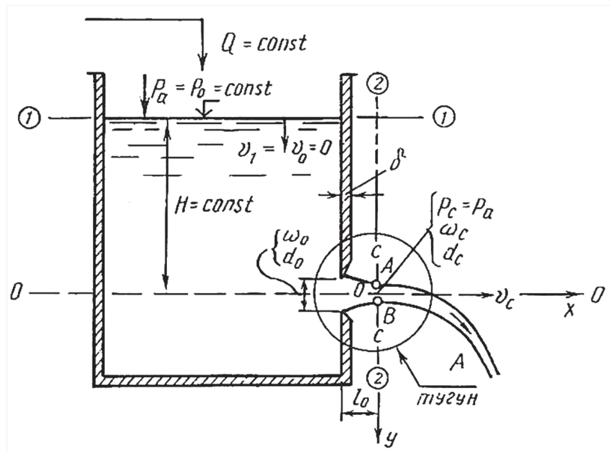
Tákirarlaw ushın sorawlar

1. Qanday truboprovodlar qısqa, uzın, ápiwayı hám quramalı dep ataladı?
2. Truboprovodlardı gidravlikalıq esaplawda principial ayırmashılıqları nede?
3. Ápiwayı truboprovodlardı gidravlikalıq esaplawda qanday tiptegi máseleler ushırasadı?
4. Qısqa hám ápiwayı uzın truboprovodlardı gidravlikalıq esaplaw usılları qanday?
5. Izbe-iz joğalğan truboprovodlardı gidravlikalıq esaplaw usılı nelerden turadı?
6. Parallel jalğanğan truboprovodlardıń esaplaw sxemasın túsindirip beriń?
7. Quramalı truboprovodlardı esaplaw ushın úzliksizlik teńlemesiniń áhmiyetin aytıp beriń?
8. Naporlı truboprovodlardı esaplaw ushın suw sarpı xarakteristikası K qanday qollanıladı?
9. Ápiwayı hám quramalı truboprovodlar ushın pezometriyalıq sızıq qanday etip qurıladı?
10. Qısqa hám uzın truboprovodlarda joğalğan napordıń anıqlaw usılları qanday?
11. Uzın truboprovodlarda suw sarpın esaplaw formulası qanday?
12. Ámeliyatta quramalı truboprovodlar tarmağı qanday kórinislerde ushırasadı?

Altınshi bap. SUYIQLIQTIŃ JÚQA DIYWALDAĞI KISHKENE TESIKLERDEN HÁM OĞAN ORNATILĞAN QISQA TRUBA (NASADKA)LARDAN AĞIW HÁREKETI.

6.1. Ulıwma túsinikler

Suyıqlıqlardıń juqa diywaldağı kishkene tesiklerden hám oğan ornatılğan hár túrli qısqa truba (nasadkalar) dan ağıp shığıp atırğan suyıqlıq qubılısların úyrenip izertlew úlken texnikalıq ámeliy áhmiyetke iye, sebei usı izertlewlerdiń juwmağı kóplegen texnikalıq máselelerdi sheshiwde qollanıladı. Atap aytqanda, gidrotexnika, suw támiynatı hám basqa tarawlarda kishkene tesiklerden hám nasadkalardan suyıqlıqtıń ağıp shığıwı teoriyasın biliw talap etiledi. Bul qubılıslardı úyreniwdegi tiykarğı maqset – kishkene tesikten hám nasadkadan ağıp shığıp atırğan suyıqlıqtıń tezligin hám suw sarpın anıqlawdan ibarat. Juqa diywaldıń qalıńlığı suwdıń tesikten ağıp shığıwına tásiri bolmawı kerek, yağnıy



6.1-súwret. Suyıqlıqtıń juqa diywaldağı kishkene tesiksheden erkin atmosferağa ağıw sxeması.

tesikten aǵıp shıǵıp atırǵan suyıqlıq diywaldıń sırtqı betine urınbaǵan jaǵdayda háreketleniwi kerek. Diywaldıń qalıńlıǵı onıń aǵım menen ushırasqan jeri (0,002÷0,003)m den kóp bolmawı kerek. Kishkene tesikten (yamasa nasadkadan) agıp shıgıp atırǵan suwdıń birden-bir xarakterli belgisi sonda, tesikten aǵıp shıǵıp atırǵan aǵımnıń qısılǵan kese kesimi betiniń maydanı ω_s diywaldaǵı tesiktiń kese kesimi betiniń maydanı ω_0 ge teń bolmaydı, yaǵnıy ($\omega_s < \omega_0$) boladı.

Ótkerilgen tájiriybeler nátiyjesinde, kishkene tesiklerden hám nasadkalardan aǵıp shıǵıp atırǵan suyıqlıq tezligine hám suw sarpı muǵdarına usı tesiklerdiń hám nasadkalardıń formaları hám túrleri úlken tásir kórsetetuǵınlıǵı anıqlanǵan.

6.2. Turaqlı naporda juqa tegis diywaldaǵı kishkene tesikten aǵıp shıǵıp atırǵan suyıqlıq háreketi.

Suyıqlıqtıń kishkene tesikten atmosferaǵa aǵıp shıǵıwı. Tájiriybelerdiń kórsetkenindey, qandayda bir ıdıstıń vertikal juqa diywalına ornalasqan kishkene tesik arqalı suyıqlıqtıń aǵıw kartinası 6.1.-súwrette kórsetilgen túrge iye boladı, bunda tómendegishe belgiler qabıl etilgen: R_0 –ıdıs ishindegi suyıqlıq ústinen tásir etiwshi basım, ulıwma alǵanda ol atmosferalıq basımǵa R_0 teń emes; d, ω – tesiktiń diametri hám maydanı; ω_s-qısılǵan kesim dep atalıwshı qandayda S-S kesimdegi aǵım struyasınıń kesim maydanı; N-ıdıstaǵı suyıqlıq qáddinen tesik maydanınıń awırlıq orayına shekemgi tereńlik; $\upsilon_1 \approx 0$ – ıdıs ishindegi suw aǵımınıń tezliginiń joq ekenin bildiredi; υ_{sj}-suw struyasınıń qısılǵan jerdegi háreket tezligi; Δconst – suw betiniń turaqlı halatın belgileydi.

Bunda suw aǵımı C-C kesimine shekem tez ózgeriwshi háreket penen, al C-C kesiminen keyin tegis ózgeriwsheń hárekette boladı. Agımnıń qısılǵan S-S kese kesiminde aǵım bóleksheleriniń traektoriyaları tuwrı, bir-biri menen parallel sızıqlarǵa aylanadı. Bunda aǵımnıń qısılǵan kesimi payda boladı.

Egerde diywaldaǵı kishkene tesik dóńgelek bolsa, onda diywaldıń ishki betinen eń qısılǵan S-S kesimine shekemgi aralıq

$$l_0=0,5d_0 \text{ ge teń boladı} \qquad (6.1)$$

Aǵımnıń eń qısılǵan kese kesimi maydanı ω_s nıń juqa diywaldaǵı kishkene tesiktiń kese kesimi maydanı ω_0 ge qatınası aǵımnıń qısılıw koefficienti dep ataladı hám ε shártli belgi menen belgilenedi.

$$\varepsilon = \frac{\omega_s}{\omega_0} \qquad (6.2)$$

Juqa diywaldaǵı kishkene tesikten suyıqlıqtıń aǵıp ótiwin gidravlikalıq esaplaw. Bunda suyıqlıq aǵımınıń eń qısılǵan S-S kesimindegi háreket tezligin hám sarp muǵdarın anıqlawımız talap etiledi.

Juqa diywaldaǵı qálegen túrdegi tesiklerden yamasa olarǵa ornatılǵan nasadkalardan aǵıp shıǵıp atırǵan suyıqlıqlardı gidravlikalıq esaplawda aǵımnıń eń qısılǵan kese kesimi úlken áhmiyetke iye, sebebi S-S kesimde aǵım háreketi parallel sızıqlı hárekette boladı. Sonıń ushın Bernulli teńlemesin qollanıp atırǵanda kesimlerden birewin tekte usı S-S kesimnen alıw kerek.

Joqarıda qoyılǵan máseleni sheshiw ushın Bernulli teńlemesinen paydalanıp, 1-1 hám 2-2 kesimlerdi birlestiremiz (6.1-súwret). Bul kesimlerden birewi –ıdıstaǵı suyıqlıqtıń erkin suw beti sızıǵınan, ekinshisi bolsa aǵımnıń eń qısılǵan S-S kesimnen belgilenedi. O-O salıstırma tegisligin bolsa, aǵımnıń eń qısılǵan kese kesimi maydanınıń awırlıq orayınan ótkeremiz. Solay etip, Bernulli teńlemesin tómendegishe jazamız:

$$Z_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{\alpha \vartheta_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{\alpha \vartheta_2^2}{2g} + h_w \qquad (6.3)$$

(6.3) teńlemeniń barlıq aǵzalarınıń mánislerin 6.1-súwrettegi sızılmaǵa qarap anıqlaymız:

$$Z_1 = H; \quad \frac{P_1}{\gamma} = \frac{P_0}{\gamma}; \quad \frac{\alpha \vartheta_1^2}{2g} \approx 0 \qquad (6.4)$$

$$Z_2 = 0; \quad \frac{P_2}{\gamma} = \frac{P_a}{\gamma}; \quad \frac{\alpha \vartheta_2^2}{2g} = \frac{\vartheta_2^2}{2g} = \frac{\upsilon_c^2}{2g}$$

1-1 Kesimnen 2-2 kesimge shekemgi bolǵan aralıqta tolıq joǵalǵan napor tómendegi kóriniste boladı

$$h_w = \xi \frac{\vartheta_c^2}{2g} \qquad (6.5)$$

bul jerde ξ –tolıq súykeliw koefficienti, ol 1-1 kesimnen 2-2 kesimge bolǵan aralıqtaǵı tolıq joǵalǵan napordı belgilewshi koefficient. Bul jerde 6.1-súwretke kóre tolıq súykeliw koefficienti $\xi = \xi_v = \xi_m$, tekte jergilikli qarsılıq koefficientine teń, sebebi $\xi_e = 0$ teń boladı, bul jaǵdayda

$$h_w = h_m = \xi_m \frac{\vartheta_c^2}{2g} \qquad (6.6)$$

(6.4) hám (6.6) teńlemelerdi (6.3) teńlemege qoyıp tabamız

$$H + \frac{P_0}{\gamma} = \frac{P_0}{\gamma} + \frac{\vartheta_2^2}{2g} + \xi \frac{\vartheta_c^2}{2g}, \qquad (6.7)$$

Bul jerdegi $\mathrm{N} + (\frac{P_0}{\gamma} - \frac{P_0}{\gamma}) = H_{\mathrm{np}}$ (6.8) dep belgileymiz, hám onı keltirilgen napor dep ataw múmkin.

Sonıń menen (6.7) formula ornına tómendegini jazamız

$$\mathrm{N}_{\mathrm{mp}} = (1+\xi)\frac{\vartheta_c^2}{2g} \qquad (6.9)$$

Bunnan

$$\upsilon_s = \sqrt{\frac{1}{1+\xi}}\sqrt{2gH_{pr}}, \qquad (6.10)$$

yamasa

$$\upsilon_s = \varphi\sqrt{2gH_{pr}}, \qquad (6.11)$$

bunda

$$\varphi = \sqrt{\frac{1}{1+\xi}} \qquad (6.12)$$

(6.11) formuladaǵı φ koefficienti joǵalǵan napordı esapqa aladı hám tezliktiń koefficienti dep ataladı.

Ayırım jaǵdaylardı kórip ótemiz. Egerde ıdıs ashıq bolsa, onda $R_0 = R_c$ teń boladı,

$$H_{pr} = H \qquad (6.13)$$

(6.11) formula ornına tómendegini jazamız

$$\upsilon_s = \varphi\sqrt{2gH} \qquad (6.14)$$

Ideal suyıqlıq ushın joǵalǵan napor

$$\mathrm{h_w} = \xi \frac{\vartheta_c^2}{2g} = 0 \qquad (6.15)$$

yaǵnıy bul jaǵdayda

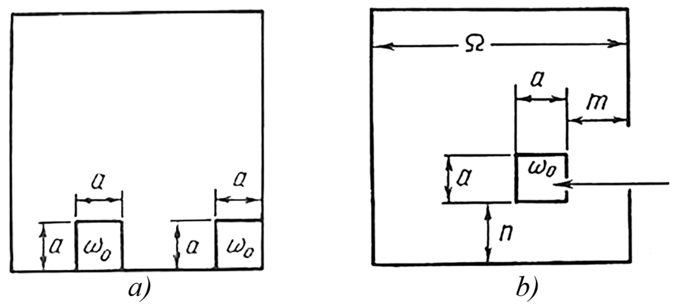
$$\xi = 0; \ \varphi = 1{,}0 \qquad (6.16)$$

Sonlıqtan, ideal suyıqlıq ushın

$$\upsilon_s = \sqrt{2gH} \qquad (6.17)$$

Bul formula Torichelli (1643 j) formulası dep ataladı, ol (6.17) formulanı tájiriybe jolı menen anıqlaǵan.

Suw sarpın anıqlaw ushın úzliksizlik teńlemesinen paydalanamız. Bul jerde qısılǵan kese kesim S-S qaralıp atırǵanı ushın úzliksizlik teńlemesin tómendegishe jazamız.



6.2-súwret. Kishkene tesiksheden struyanıń tolıq (a) hám tolıq emes (b) qısılıp aǵıwı boyınsha sxeması.

$$Q = \omega_s \cdot \upsilon_s = \omega_s \varphi \sqrt{2gH} = \omega \frac{\omega_s}{\omega} \cdot \varphi \sqrt{2gH}\ ; \qquad (6.18)$$

Bul formulaǵa (6.2) degi ε niń mánisin qoyıp jazamız

$$Q = \varepsilon \varphi \omega \sqrt{2gH}$$

Yamasa

$$Q = \mu \omega \sqrt{2gH}\ , \qquad (6.19)$$

bul jerdegi μ= εφ –juqa diywalǵa kishkene tesikten aǵıp shıqqan suyıqlıq sarpı koefficienti dep ataladı.

Joqarıda kórinip turǵanınday, juqa diywaldaǵı kishkene tesikten aǵıp ótken suyıqlıq agımın úyreniwde tórt jańa koefficient anıqlandı, olar qısılıw koefficienti ₊ε; súykeliw koefficienti ξ; tezlik koefficienti φ, kishkene tesiktiń suw sarpı koefficienti μ.

6.3. Aǵımnıń qısılıw tipleri, juqa diywaldaǵı kishkene tesiklerden aǵıp ótip atırǵan suyıqlıq háreketiniń ε, ξ, φ, μ koefficientleriniń shamaları.

Aǵımnıń qısılıw dárejesine ıdıstıń qaptal diywalları hám ıdıstıń ultanı tásir etedi. Kishkene tesik usı qaptal diywaldan hám ıdıstıń ultanınan qansha aralıqta jaylasqanına qarap aǵımnıń qısılıw tipleri tómendegishe boladı.

1. Tolıq qısılıw. Tolıq qısılıw payda bolıwı ushın suw toltırılǵan ıdıstıń qaptal diywalları hám onıń ultan diywalı aralıqları kishkene tesikten sonday aralıqta bolıwı kerek, olar tesiklerden suwdıń aǵıp shıǵıwına tásir etpewi kerek (6.2-súwret), yaǵnıy tómendegi shárt orınlanıwı kerek.

$$m > 3a\ ; \qquad n > 3a\ , \qquad (6.20)$$

bul jerde a – kvadrat formadaǵı tesiktiń qaptalları; m –kishkene tesikten qaptal diywalǵa shekem bolǵan aralıq; n – kishkene tesikten ıdıstıń ultanına shekem bolǵan aralıq.

Tájiriybelerden málim bolǵanınday, eger (6.20) shárt orınlansa, ámeliyatta aǵımnıń qısılıw koefficienti ε, m hám n lerdiń shamalarına baylanıslı bolmaydı eken.

Tolıq qısılıw (dońgelek hám kvadrat túrindegi) kishkene tesikler ushın ekinshi dárejeli qarsılıq oblastındaǵı joqarıda keltirilgen koefficientler tómendegi shamalarǵa iye boladı:

$\varepsilon = 0{,}63 \div 0{,}64$; $\varphi = 0{,}97$; $\xi_m = 0{,}06$; $\mu = 0{,}62$

2. Tolıq bolmaǵan qısılıw. (6.20) shártti orınlamaǵan jaǵdayda tolıq bolmaǵan qısılıw qubılısı payda boladı.

Qısılıw tolıq bolmaǵan jaǵday ushın suw sarpı koefficienti

$$\mu_0 = (\mu)_{t.q}\,(1{,}0 + \frac{\tau}{100}) = 0{,}62(1{,}0 + \frac{\tau}{100}), \qquad (6.21)$$

bul jerde $(\mu)_{t.q.}=0{,}62$ tolıq qısılıw bolmaǵan jaǵdaydaǵı koefficient; τ – maydanlar qatnasına baylanıslı, koefficient:

$$\tau = f(\frac{w}{\Omega}), \qquad (6.22)$$

bunda Ω –tesik aldındaǵı suyıqlıq kese kesimi betiniń maydanı:

a) ω : Ω =0,10 bolsa, onda τ =1,5 boladı;

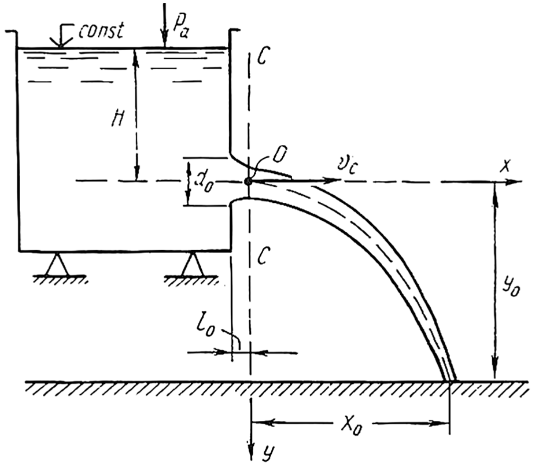
b) ω : Ω =0,20 bolsa, onda τ =3,5 boladı;

3. Yarım qısılıw. Bul qısılıw m yamasa n nolge teń bolsa, yamasa m hám n ekewide nolge teń bolǵan jaǵdayda payda boladı.

6.4. Aǵımnıń traektoriyası. Juqa diywaldaǵı kishkene tesikten aǵıp ótip atırǵan suyıqlıq aǵımınıń sırttaǵı suyıqlıq penen kómilgen jaǵdayındaǵı háreketi.

Aǵımnıń traektoriyası. Vertikal juqa diywaldaǵı kishkene tesikten suyıqlıq aǵımınıń háreketin qarap shıǵamız (6.3-súwret). Kishkene tesikten atmosferaǵa aǵıp shıǵıp atırǵan hám óziniń awırlıǵı nátiyjesinde arqayın háreketlenip atırǵan aǵımnıń basıp ótken jolındaǵı kósher sızıǵı aǵımnıń traektoriyası dep ataladı.

Joqarıda aytılǵan tájiriybelerge tiykarlanıp suyıqlıqtıń kishkene tesikten aǵıp shıǵıwı 6.3-súwrette kórsetilgenindey kóriniste boladı. Bul



6.3-súwret. Vertikal juqa diywaldaǵı kishkene tesiksheden aǵıp túsken suyıqlıq struyasınıń traektoriyasın anıqlaw sxeması.

súwrette aǵımnıń eń qısılǵan kese kesimin S-S penen, onıń jaylasqan jerin l_0 arqalı belgilep, usı S-S kesiminiń awırlıq orayında O tochkada koordinata kósherlerin x,u tiń baslanıwın jaylastıramız. O tochkaǵa M massaǵa iye bolǵan qandayda suyıqlıq bólekshesin jaylastıramız hám bul massaǵa iye bolǵan bólekshe υ_s tezlikte háreket ete baslaydı. Usı M massaǵa iye bolǵan bólekshege teoriyalıq mexanikadan málim bolǵan háreket teńlemesin qollap tómendegishe jazamız

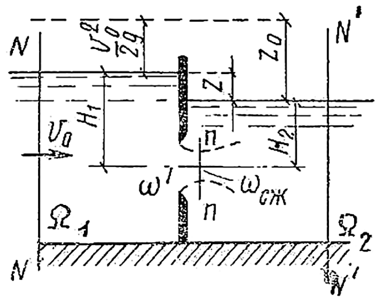
$$X = \upsilon_s \cdot t\,; \qquad U = \frac{gt^2}{2}, \tag{6.23}$$

Usı massaǵa iye bolǵan bólekshe traektoriyasınıń teńlemesin tómendegi túrde jazamız

$$U = \frac{gx^2}{2\upsilon_s^2} \tag{6.24}$$

Bul jerde t –waqıt. υ_s – massası M ge teń bolǵan suyıqlıq bólekshesiniń baslanǵısh tezligi

$$\upsilon_s = \varphi\sqrt{2gH} \tag{6.25}$$



6.4-súwret. Suw qáddi astındaǵı tesiksheden suyıqlıqtıń aǵıw jaǵdayı (kómilgen tesikshe).

(6.24) teńleme aǵım kósheriniń teńlemesi, ol parabola kórinisinde boladı. (6.24) ke berilgen u_0 muǵdarın qoysaq, x_0 muǵdarın alıw múmkin.

Kishkene tesikten aǵıp shıǵıp atırǵan suyıqlıq aǵımınıń sırtaǵı suyıqlıq penen kómilgen jaǵdayındaǵı háreket. 6.2-paragrafta kórsetilgenindey, 1-1 hám 2-2 kesimler ushın D.Bernulli teńlemesin qollanıp, suw sarpı formulasın tabamız (6.4-súwret)

$$Q = \mu \cdot \omega\sqrt{2gZ}\,, \tag{6.26}$$

Bul jerdegi μ di $(\mu)_{t.q.}$ ǵa teń dep alsaqta boladı ($\mu_{t.q}$=0,62). Bul jaǵdayda joǵalǵan napor

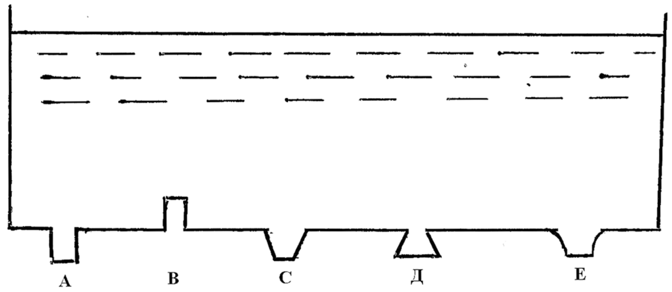
$$h_w = Z = \left(\xi_{1-c} + \xi_{c-2}\right)\frac{\vartheta_c^2}{2g} \tag{6.27}$$

bul jerde ξ_{c-2} =1,0.

6.5. Napor turaqlı bolǵan jaǵdayda juqa diywaldaǵı tesikke ornatılǵan qısqa truba (nasadka)dan aǵıp shıǵıp atırǵan suyıqlıq aǵımınıń háreketi.

Nasadkalardıń tipleri. 5-bapta uzın hám qısqa truboprovodlar haqqında túsinik bergen edik. Eger truba uzın bolsa, onda joǵalǵan napordı esaplawda, tekte ózenniń uzınlıǵı boyınsha joǵalǵan napor h_e esapqa alınadı, al truba qısqa bolǵanda bolsa, hám uzınlıǵı boyınsha hám jergilikli joǵalǵan napor h_m esapqa alınadı. Eger truba júdá qısqa bolsa, ol jaǵdayda tekte jergilikli joǵalǵan napor h_m esapqa alınadı, yaǵnıy $h_e \approx 0$ boladı.

Naporlar tómendegi tiykarǵı tipleri menen ajıraladı (6.5-súwret): A – sırtqı cilindr nasadkası, yaǵnıy Venturi nasadkası, V – ishki cilindr



6.5-súwret. Nasatkalardıń tipleri.

nasadkası, yaǵnıy Borda nasadkası; S – tarayıwshı qısqa truba (nasadka); D – keńeyiwshi nasadka; E – aǵım túrindegi qısqa truba (nasadka).

Cilindrlik sırtqı Venturi nasadkası. Diywaldaǵı tesikke ornatılǵan nasadka arqalı suyıqlıq aǵıp shıǵıp atırǵanda aǵım qandayda bir uzınlıqta qısılıp ω_s, keyin jáne keńeyedi hám truba tolıp aǵadı. Bunda qısılǵan kesim átirapında trubanıń perimetri boyınsha aylanba aǵım oyıǵı payda boladı. Bunday qısqa trubada (nasadkada)

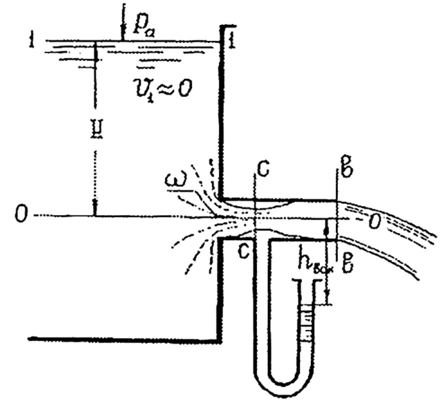
$$\omega_{V\text{-}V} = \omega_0 \; ; \qquad (6.28)$$

bul jerde ω_0 – nasadka ornatılǵan diywaldaǵı tesiktiń kese kesimi maydanı; $\omega_{V\text{-}V}$ – nasadkanıń aqırındaǵı kese kesim maydanı. Bunday nasadkalarda suwdıń háreketi waqtında vakuum payda boladı hám onıń eń úlken muǵdarı aǵımnıń qısılǵan kese kesiminde boladı.

6.6. Diywaldaǵı tesikke ornatılǵan nasadkadan aǵıp shıǵıp atırǵan suyıqlıq aǵımınıń tezligin hám suw sarpın anıqlawshı formulalar.

Nasadkalardı gidravlikalıq esaplaǵandada 5.2. paragraftaǵıday 1-1 hám V-V kesimleri ushın D.Bernulli teńlemesinen paydalanıp, aǵımnıń tezligin $\upsilon_{V\text{-}V}$ hám suw sarpı muǵdarı Q dı anıqlaymız.

a) diywaldaǵı tesikke ornatılǵan nasadkadan aǵıp shıǵıp atırǵan suyıqlıqtıń atmosferaǵa aǵıw jaǵdayı (6.6-súwret).



6.6-súwret. Juqa diywalǵa ornatılǵan nasadkadan suyıqlıqtıń atmosferaǵa aǵıp shıǵıw sxeması.

1. Nasadkadan aǵıp shıǵıp atırǵan suyıqlıq aǵımınıń tezligi

$$\upsilon_V = \varphi_n \sqrt{2gH}\,, \qquad (6.29)$$

bul jerde υ_V – nasadkanıń aqırındaǵı V-V kese kesim maydanındaǵı ortasha tezlik; H – nasadka kósherinen ıdıstaǵı suwdıń erkin beti sızıǵına shekemgi aralıq

$$H = (1 + \Sigma\xi_N)\frac{\vartheta_v^2}{2g} \qquad (6.30)$$

Bunda $\Sigma\xi_N$ – nasadka arqalı suwdıń háreket etiwinen payda bolǵan jergilikli qarsılıq koefficientleriniń qosındısı

$$\Sigma\xi_n = \xi_s + \xi_r \qquad (6.31)$$

ξ_s nasadkanıń 1-1 hám S-S tarayǵan kesimindegi aǵımnıń birden qısılıwınan joǵaltqan energiyası. ξ_r – S-S kesiminen nasadkanıń tolıq aǵım menen háreketlengen aralıǵındaǵı, aǵımnıń birden keńeyiwinen joǵaltqan energiyası.

$$\xi_r = \left(\frac{\omega_v}{\omega_s}-1\right)^2 = \left(\frac{1}{\varepsilon}-1\right)^2 = \left(\frac{1-\varepsilon}{\varepsilon}\right)^2 \qquad (6.32)$$

Sonda (6.30) formula tómendegishe jazıladı

$$H = \left[1+\xi_s+\left(\frac{1-\varepsilon}{\varepsilon}\right)^2\right]\frac{\vartheta_v^2}{2g} \qquad (6.33)$$

(6.29) formuladağı φ_n – nasadka ushın tezlik koefficienti

$$\varphi_n = \sqrt{\frac{1}{1+\xi_s+\left(\frac{1-\varepsilon}{\varepsilon}\right)^2}} \qquad (6.34)$$

2.Nasadkadan ağıp shığıp atırğan suw sarpı

$$Q = \mu_n \omega_V \sqrt{2gH}\ , \qquad (6.35)$$

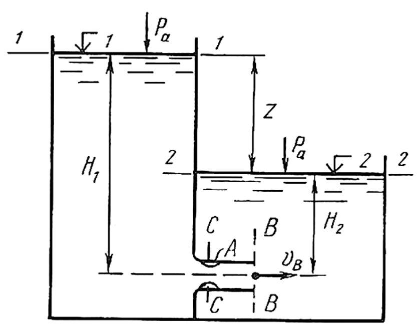
bul jerde μ_n – nasadka ushın suw sarpı koefficienti

$$\mu_n = \varepsilon_V \cdot \varphi = 1{,}0 \cdot \varphi = \varphi, \qquad (6.36)$$

bunda ε_V – nasadkanıń aqırğı kese kesimi V-V dağı maydandağı qısılıw koefficienti (bul jerde basım atmosfera basımına teń bolğanlıqtan)

$$\varepsilon_V = \frac{\omega_v}{\omega_0} = 1{,}0 \qquad (6.37)$$

b) diywaldağı tesikke ornatılğan nasadka sırttan suw menen kómilgen jağday (6.7-súwret).



6.7-súwret. Venturi nasadkasınıń sırttan suw menen kómilgen jağdayı sxeması.

1. Nasadkadan ağıp shıqqan suyıqlıq ağımınıń tezligi

$$\upsilon_V = \varphi_N\sqrt{2gZ} \qquad (6.38)$$

bul jerde Z – eki ıdıstıń erkin suw beti sızıqlarınıń parqı; φ – tezlik koefficienti, berilgen jağday ushın tómendegishe anıqlanadı

$$\varphi = \sqrt{\frac{1{,}0}{(\xi_n)+\xi_{vıx}}}; \quad \xi_{vıx} = 1{,}10 \qquad (6.39)$$

2.Nasadkadan ağıp shıqqan suyıqlıqtıń sarp muğdarı

$$Q = \mu_N \omega \sqrt{2gZ} \qquad (6.40)$$

Bul jerde μ_n – suw sarpı koefficienti, bul koefficient (6.36) formuladan anıqlanadı.

Tabılğan ε, ξ, φ, μ koefficientleriniń shamaları tómendegishe:

1. $\xi_v = 1{,}0$; $\xi_s = 0{,}63 \div 0{,}64$.
2. $\xi_{na} = \xi_{vk} = 0{,}5$ (nasadka sırttan suw menen kómilgen).
3. $\xi_{na} = \xi_{vk} + \xi_{vık} = 0{,}5 + 1{,}0 = 1{,}5$ (nasadka sırttan suw menen kómilgen)
4. $\varphi = \mu_n = \sqrt{\frac{1{,}0}{1{,}0+\xi_{na}}} = \sqrt{\frac{1{,}0}{1{,}0+0{,}5}} = 0{,}82$

6.7. Altınshı baptıń temaları boyınsha ámeliy máseleler.

6.1- másele. Idıstıń qaptal diywalındağı diametri d= 0,03 m dóńgelek tesikten atlığıp ağıp atırğan suwdıń tezligin hám sarp muğdarın anıqlań? Tesiktiń orayı ústindegi napor N=1,0 m, suwdıń temperaturası 20^0S.

Sheshimi: Suwdıń kinematikalıq jabısqaqlığı

$$\nu = 1 \cdot 10^{-6}\ m^2/s$$

Suw ağımın sıpatlawshı Reynolds sanın anıqlaymız

$$Re_n = \frac{\sqrt{2gH}\cdot d}{\gamma} = \frac{\sqrt{2\cdot 9{,}81\cdot 1}\cdot 0{,}03}{1\cdot 10^{-6}} = 133000$$

Bul Reynolds sanına Altshuldiń grafigi boyınsha durıs keletuğın koefficientler: μ =0,59; φ= 0,98.

Tesikten aǵıp ótiwshi suwdıń tezligin tabamız:

$$\upsilon = \varphi\sqrt{2gN} = 0,98\sqrt{2\cdot 9,81\cdot 1} = 4,3\ m/s$$

Tesikten atlıǵıp shıǵıwshı suw sarpı

$$Q = \mu\omega\sqrt{2gN} = 0,59\cdot\frac{3,14\cdot 0,03^2}{4}\sqrt{2\cdot 9,81\cdot 1} = 0,00191 m^3/s = 1,91\ l/s$$

6.2-másele. Eni V= 2m hám tereńligi N_1 =3m bolǵan basseynnen, eni v=0,15 m hám tereńligi N_2 =0,25m bolǵan lotokka juqa diywaldaǵı diametri d=0,1 m dóńgelek tesik arqalı suw berilmekte. Tesiktiń orayı basseyinniń ultanınan a=0,1m aralıqta ornalasqan. Tesik arqalı aǵıp ótiwshi suw sarpın anıqlań?

Sheshimi: Suw sarpı koefficientin tómendegi formula menen anıqlaymız:

$$\mu_3 = \frac{\varepsilon}{\sqrt{2\varepsilon^2 m^2 - \varepsilon^2 n^2 + \xi_0 + 1 - 2\varepsilon m}}$$

bul jerdegi n hám m shamasın tabamız:

Tesiktiń maydanı $\omega=\pi d^2/4 = 3,14\cdot 0,1^2/4 = 0,0078 m^2$

Basseyinniń kese kesimi maydanı $F_1 = VN_1 = 2\cdot 3 = 6m^2$

$$n = \omega/F_1 = 0,0078/6 = 0,0013$$

Lotoktıń kese kesimi maydanı $F_2 = VN_2 = 0,15\cdot 0,25 = 0,0375m^2$

$$m = \omega/F_2 = 0,0078/0,0375 = 0,208 \approx 0,21$$

ε koefficientin anıqlaw ushın A.D.Altshul. Gidravlika str.149 tabl.7.2. paydalanıp n=0,0013 ke muwapıq ε=0,61 tabamız.

ξ_0 =0,06 etip qabıllap suw sarpı koefficientin anıqlaymız:

$$\mu_3 = \frac{0,61}{\sqrt{2\cdot 0,61^2 0,21^2 - 0,61^2 0,0013^2 + 1 - 2\cdot 0,61\cdot 0,21}} = 0,507$$

Endi suw sarpın anıqlaymız:

$$Q = \mu_3\omega\sqrt{2g(H_1 - H_2)} = 0,507\cdot 0,0078\cdot 4\cdot 43\sqrt{3-0,25} = 0,025m^3/s.$$

6.3-másele. Tómendegi maǵlıwmatlar boyınsha mazut toltırılǵan cisternyanıń bosap qalıw waqtın anıqlań: cisternyadaǵı mazuttıń kólemi W= 50 m^3; cisternyanıń diametri D=2,8m, mazut aǵatuǵın patrubkanıń diametri d=0,1 m; mazuttıń kinematikalıq jabısqaqlıǵı ν= 6,9 $\cdot 10^{-5} m^2/s$.

Sheshimi: Cisternyadaǵı mazuttıń aǵıp bolıw waqtın tómendegi formula menen anıqlaymız

$$t = \frac{W}{\mu\omega\sqrt{2g0,694r}}$$

bul jerde ω –patrubkanıń kesim maydanı r- cisternyanıń radiusı.

Suw sarpı koefficientin μ Reynolds sanına baylanıslı anıqlaymız:

-aǵımnıń baslanıwındaǵı (N=D=2,8 m)

Reynolds sanı $Re_{N1} = \frac{\sqrt{2gH\cdot d}}{\upsilon} = \frac{4,43\sqrt{2,8}\cdot 0,1}{6,9\cdot 10^{-5}} = 10700$

-aǵımnıń aqırında (N=0,01 m)

$$Re_{N2} = \frac{4,43\cdot\sqrt{0,01}\cdot 0,1}{6,9\cdot 10^{-5}} = 640$$

Bularǵa durıs keletuǵın suw sarpı koefficientleriniń shaması: μ_1=0,64 (aǵımnıń baslanıwında), μ_2=0,60 (aǵımnıń aqırında).

Esaplaw ushın μ diń ortasha shamasın μ=0,62 qabıl etemiz hám onı joqarıdaǵı formulaǵa qoyıp t anıqlaymız:

$$t = \frac{50}{0,62\cdot 0,0078\sqrt{2\cdot 9,81\cdot 0,694\cdot 1,4}} = 2180\text{ S sekund}$$

6.4-másele. Par suyıqlıqqa tesilgen trubalar arqalı temperaturası 20^0S suwıq suw sarpı Q=0,00278 m^3/s jetkerip beriledi. Trubkadaǵı suwdıń basımı R_1=0,7 $\cdot 10^6$Pa. Berilgen suw sarpı menen tolıq támiyinlew ushın trubkada diametri d=0,003 m bolǵan qansha tesik tesiw kerek boladı?

Sheshimi: suwdıń tıǵızlıǵı 20^0S → ρ=998,2 kg/m^3, kinematikalıq tıǵızlıǵı υ=1$\cdot 10^{-6}$ m^3/s.

Tesiktegi suw aǵımın sıpatlawshı Reynolds sanın anıqlaymız:

$$Re_n = \frac{\sqrt{2\cdot\Delta\rho/\rho\cdot d}}{\upsilon} = \frac{\sqrt{2\cdot 0,3\cdot 10^{6}/998,2}}{1\cdot 10^{-6}} = 73800$$

$$\Delta\rho = \rho_1 - L_0 = 1\cdot 10^{6-0,2} d_2 = 0,3\cdot 10^6$$

Suw sarpı koefficienti μ =0,6

Bir tesikshe arqalı aǵıp ótiwshi suw sarpı

$$q = \mu \cdot \omega \sqrt{\frac{2\cdot\Delta\rho}{\rho}} = 0,6\frac{3,14\cdot 0,003^2}{4}\sqrt{\frac{2\cdot 0,3\cdot 10^6}{998,2}} = 10,3\cdot 10^{-5}\, m^3/s$$

Kerekli bolǵan tesiklerdiń sanın anıqlaymız:

$$n = \frac{Q}{q} = \frac{0,00278}{10,3\cdot 10^{-5}} = 27 \text{ tesik}$$

6.5-másele. Kotyoldı kızdırıw ushın 1 sekundta G =1 kg muǵdarında mazut sına formasındaǵı jıyma nasadkadan (konuslıq múyesh $\alpha=10^0$) ótkeriledi. Al Mazuttı jandırıw ushın usınday jıyma nasadka arqalı (konuslıq múyesh $\alpha=30^0$) hawa jiberiledi. Mazut hám hawa sopelleriniń kese kesimin anıqlań, egerde 1 kg mazuttı jandırıw ushın 15^0C temperaturada 9 m^3 hawa talap etiletuǵın bolsa. Mazut nasadkaǵa $P_{maz}=3\cdot 10^6$ Pa awısıq basımda beriledi, al hawa bolsa P_{hawa}=8000 Pa awısıq basımda beriledi.

Sheshimi: Mazuttıń tıǵızlıǵı ρ_M=850 kg/m^3, hawanıń tıǵızlıǵı ρ_h=1,2 kg/m^3

Mazuttıń sarp muǵdarın anıqlaymız:

$$Q = \mu\omega_M\sqrt{2P_M/\rho_M}$$

Birinshi shamalap esaplawǵa súyenip aǵımnıń eki nasadka arqalı aǵıwın turbulent rejiminde dep qabıllaymız. Sonda μ_M=0,94 hám μ_v=0,90 ǵa teń boladı (A.D.Altshul. Gidravlika. Prilojenie 30).

Mazut soplasınıń kese kesimi maydanın tabamız:

$$\omega_M = \frac{Q_M}{\mu_M\sqrt{2P_M/\rho_M}} = \frac{G}{\rho_M P_M\sqrt{2P_M/\rho_M}} = \frac{1kg/s}{850\cdot 0,94\sqrt{2\cdot 3\cdot 10^6/850}} = 0,000047\, m^2$$

Hawa soplasınıń kese kesimi maydanın tabamız:

$$\omega_h = \frac{Q_h}{\mu_h\sqrt{2P_h/\rho_h}} = \frac{1,9}{0,90\sqrt{2\cdot 8000/1,2}} = 0,080\, m^2$$

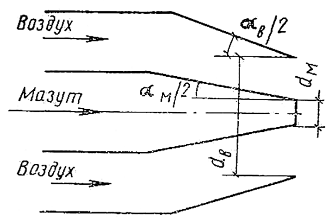
Mazut soplası ushın Reynolds sanın esaplaymız (mazuttıń kinematikalıq jabısqaqlıǵı $\nu=8,1\cdot 10^{-6}$ m^2/s)

$$d_M = \sqrt{4\omega_M/\pi} = \sqrt{4\cdot 0,000047/3,14} = 0,0078\, m;$$

$$Re_M = \frac{d_M\sqrt{2P_M/\rho_M}}{\nu_M} = \frac{0,0078\sqrt{2\cdot 3\cdot 10^6/850}}{8,1\cdot 10^{-6}} = 0,2\cdot 10^6$$

Hawa soplası ushın Reynolds sanın esaplaymız (hawanıń kinematikalıq jabısqaqlıǵı $\nu_h=15\cdot 10^{-6}$ m^2/s)

$$d_h = \sqrt{4\cdot 0,08/3,14} \approx 0,3\, m;$$



6.8-suwret.

$$Re_h = \frac{d_h\sqrt{2P_h/\rho_h}}{\nu_h} = \frac{0,3\sqrt{2\cdot 8000/1,2}}{15\cdot 10^{-6}} = 2,3\cdot 10^6$$

Solay etip, mazut hám hawa ótkeretuǵın sopollar turbulent rejimi avtomodel oblastında isleydi eken.

Tákirarlaw ushın sorawlar

1. Juqa diywal, kishkene tesik, qısqa truba (nasadka) túsinikleri qanday?
2. Juqa diywaldaǵı tesikten aǵıp shıqqan suyıqlıq struyasınıń qanday qısılıw túrleri bar hám olar qanday koefficientler menen xarakterlenedi.
3. Juqa diywaldaǵı kishkene tesikten aǵıp shıǵıp atırǵan suyıqlıqtıń tezligin hám suw sarpı formulasın jazıp kórsetiń?
4. Kómilgen hám kómilmegen tesikler ushın suyıqlıqtıń sarp muǵdarı formulası ne menen ajıraladı.
5. Tolıq hám tolıq bolmaǵan qısılıw neler?
6. Qısılıw, tezlik, súykeliw hám suw sarpı koefficientleri neler?
7. Nasadkalardıń qanday tipleri bar hám olardıń xızmeti nelerden ibarat?
8. Juqa diywalǵa ornatılǵan nasadkadan aǵıp ótip atırǵan suyıqlıqtıń tezligi hám sarp muǵdarı formulasın jazıp kórsetiń

Jetinshi bap. ASHIQ ÓZENLERDE SUYIQLIQ AǴIMINIŃ BIR TEGIS ILGERILENBE HÁREKETI HÁM ONIŃ GIDRAVLIKALIQ ELEMENTLERIN ESAPLAW.

7.1. Tiykarǵı túsinikler.

Ashıq ózenler eki túrli boladı: a) tábiiy ashıq ózenler-dáryalar, saylar hám basqalar. b) jasalma tábiiy bolmaǵan ashıq ózenler – kanallar, lotoklar hám basqalar.

Naporsız trubalar toneller, drenaj trubalar – bular jasalma ózenler bolıp, gidromelioraciya tarawında, gidrotexnika soorujenielerinde qollanıladı. Sonıń ushın ashıq ózenlerdegi suyıqlıqlar háreketin úyreniw «Gidravlika», «Gidrometriya», «Gidromelioraciya», «Gidrotexnika inshaatları» pánlerinde úlken ámeliy áhmiyetke iye boladı.

Ashıq ózenlerde suyıqlıq aǵımınıń bir tegis ilgerilenbe háreketiniń shártleri.

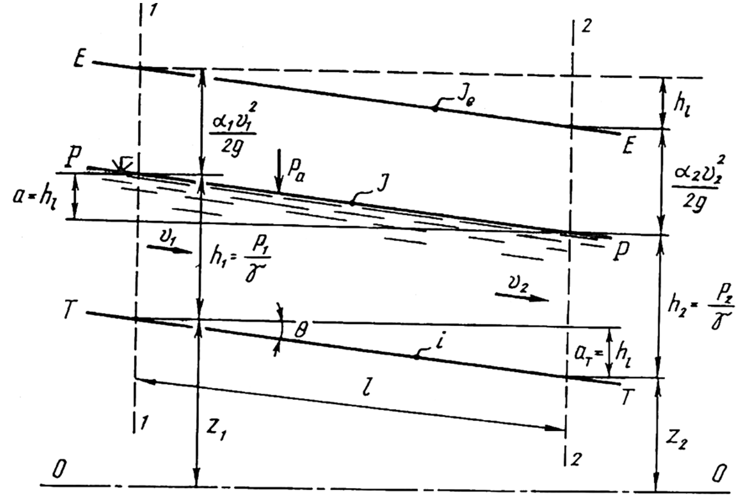
Ózenlerdiń uzınlıǵı boyınsha, aǵımnıń qálegen kese kesimi maydanı boyınsha ortasha tezligi v hám ortasha tereńligi h ózgermes bolsa, bunday suyıqlıq aǵımınıń háreketi barqarar tegis ilgerilenbe háreket dep ataladı, yaǵnıy

v = const (aǵımnıń uzınlıǵı boyınsha) (7.1)

h = const (aǵımnıń uzınlıǵı boyınsha) (7.2)

Suyıqlıqtıń bir tegis ilgerilenbe háreketi 7.1-súwrette keltirilgen. Ámeliyatta suyıqlıqtıń bunday háreketi kóbinshe jasalma ashıq ózenlerde ushırasadı. Ashıq ózenlerde suyıqlıq háreketi úyrenilip atırǵanda suyıqlıq háreketi turbulent hámde ol ekinshi dárejeli qarsılıq oblastına tiyisli dep qaraladı.

Ashıq ózenlerde suyıq háreketi bir tegis ilgerilenbe hárekette bolsa, bul jaǵdayda gidravlikalıq úlken (qiyalıq) Je, pezometriyalıq uklon J, suw qáddi uklonı J_{ss} hám ózen ultanı uklonı i óz ara teń boladı, yaǵnıy



7.1-súwret. Ashıq ózendegi suyıqlıqtıń tegis ilgerilenbe háreketiniń sxeması.

$$Je = J = J_{ss} \qquad (7.3)$$

Solay etip ashıq ózenlerde suyıqlıqlardıń bir tegis ilgerilenbe háreketi payda bolıwı ushın:

1. Ózende suw sarpı muǵdarı ózgermes bolıwı kerek, yaǵnıy

$$Q = const \qquad (7.4)$$

2) Aǵımnıń uzınlıǵı boyınsha kese kesiminiń maydanı, ortasha tezligi hám suwdıń tereńligi ózgermes bolıwı kerek, yaǵnıy

ω =const (aǵımnıń uzınlıǵı boyınsha)

υ = const (aǵımnıń uzınlıǵı boyınsha) (7.5)

h = const (aǵımnıń uzınlıǵı boyınsha)

3) Ózenniń túbiniń qıyalıǵı ózgermes hám ol gidravlikalıq uklonǵa teń bolıw kerek

$$i = J_0 = J = const \qquad (7.6)$$

4) Ózenniń gedir-budırlıǵı bir tegis bolıwı kerek

$$\overline{\Delta} = const. \text{ (aǵımnıń uzınlıǵı boyınsha)} \quad (7.7)$$

5. Ózende jergilikli qarsılıqlar bolmawı kerek.

$$h_M = \Sigma \xi \frac{v^2}{2g} = 0 \quad (7.8)$$

Joqarıda keltirilgen shárt-shárayatlar barlıǵı birden orınlanbawı múmkin, biraq qandayda bir orınlanbaǵan shárt, talap etiletugın shártlerden kóp parq etpesligi kerek.

Ashıq tábiiy ózenlerde qoyılǵan shártlerden kópleri sezilerli parq etip orınlanadı. Buǵan qaramastan, tábiiy ashıq ózenlerde (daryalarda), olardıń uzınlıǵı boyınsha qandayda bir soorujenieler qurılǵan bolmasa, usı dáryada suw tábiiy jaǵdayda háreket etse, ol jaǵdayda tábiiy ózenlerdegi suyıqlıq háreketi bir tekis ilgerilenbe háreket dep qabıl etilip, olardı gidravlikalıq esaplawdı gidravlikanıń bir tegis ilgerilenbe háreketi teńlemelerinen paydalanıladı.

7.2. Ashıq ózenlerde suyıqlıq aǵımınıń turaqlı bir tegis ilgerilenbe háreketin esaplaw formulaları.

Ashıq ózenlerde suyıqlıqlardıń turaqlı tegis ilgerilenbe háreketin esaplawda tiykarınan A.Shezi formulasınan paydalanıladı:

$$\upsilon = C\sqrt{Ri} \quad (7.9)$$

Ashıq ózendegi suyıqlıqtıń tegis ilgerilenbe háreketi ushın 7.1-súwretten tómendegi kórsetpeni qabıl etsek, onda

$$h_1 = a = a_T \quad (7.10)$$

hám gidravlikalıq qıyaliq J_e ge, ózen túbi qıyaliǵı i_T ǵa hámde pezometrlik qıyalıq J ge teń bolǵan jaǵday ushın (J_e=J =i_τ): (7.7) teńlemeni tómendegishe kóshirip jazamız:

$$\upsilon = C\sqrt{Ri_\tau}, \quad (7.11)$$

bunnan keyin ashıq ózenlerdegi tegis ilgerilenbe háreket ushın ózen ultanı qıyalıǵın i menen belgileymiz hám ondaǵı indeks “T” nı taslap jiberemiz. Bul jaǵdayda (7.11) formula tómendegishe jazıladı:

$$\vartheta = C\sqrt{Ri}$$

Bul formulanıń eki tárepin aǵımnıń kese kesimi maydanı ω ǵa kóbeytsek, ashıq ózenler ushın suyıqlıq sarpın esaplaw formulasın alamız:

$$Q = \omega \cdot \upsilon = \omega C\sqrt{Ri} \quad (7.12)$$

Tegis ilgerilenbe háreketti gidravlikalıq esaplawda jáne qosımsha formulalardan paydalanıladı. Bul qosımsha formulalar tiykarınan joqarıdaǵı (7.11) hám (7.12) formulalardan kelip shıǵamız.

Ózen ultanınıń qıyalıǵı:

$$i = \frac{\upsilon^2}{C^2 R} \quad (7.13)$$

Aǵımnıń ortasha tezligi:

$$\vartheta = C\sqrt{Ri} \quad (7.14)$$

Joǵalǵan napor (ózenniń uzınlıǵı boyınsha):

$$h_e = il = \frac{v^2}{C^2 R} \cdot l \quad (7.15)$$

Bulardan tısqarı joqarıda keltirilgen formulalardan paydalanıp, ashıq ózenlerdegi turaqlı tegis ilgerilenbe hárekettíń ekinshi dárejeli qarsılıq oblastına tiyisli dep esaplap tómendegi teńlemelerdi alamız:

$$\left.\begin{array}{ll} K = \omega C\sqrt{R} & W = C\sqrt{R} \\ K = \dfrac{Q}{\sqrt{i}} & W = \dfrac{\upsilon}{\sqrt{i}} \end{array}\right\} \quad (7.16)$$

$$i = \frac{Q^2}{K^2} \qquad i = \frac{\upsilon^2}{W^2} \qquad (7.17)$$

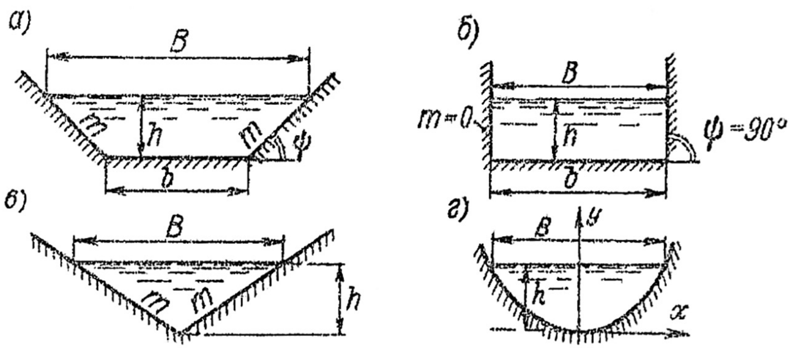
Bul jerde K – suwdıń sarp moduli; W – tezlik moduli; S – A.Shezi koefficienti.

(7.11) hám (7.17) teńlemeler ashıq ózenlerde suyıqlıqtıń turaqlı bir tegis ilgerilenbe háreketin gidravlikalıq esaplawda tiykarǵı formulalar bolıp xızmet atqaradı. A.Shezi koefficienti S 4.10-paragrafta keltirilgen formulalar járdeminde anıqlanadı.

7.3. Ashıq ózenlerde suyıqlıq aǵımınıń kese kesimi maydanınıń gidravlikalıq elementleri.

Bunda tiykarınan jasalma ashıq ózenlerdi gidravlikalıq esaplaw usılları qarap shıǵıladı. Kanallardıń kese kesimleri formaları 7.2-súwrette kórsetilgen. Olardıń kese kesimleriniń gidravlikalıq elementlerin esaplaw formulaların keltiremiz.

1. Kanaldıń kese kesimi – simmetrik trapeciya túrinde (7.2.a-súwret). Bul jerde v – kanal ultanınıń keńligi; h – kanaldaǵı suwdıń tereńligi; m – kanaldıń qaptal diywalınıń qıyalıq koefficienti; m = stgθ, bul jerde θ múyeshi grunttıń túrine qarap qabıl etiledi; *B* – ózendegi aǵımnıń kese kesimindegi suw betiniń keńligi:



7.2-súwret. Kanallardıń kese-kesimi formaları ushın mısallar.

$$B = b + 2mh \qquad (7.18)$$

ω – aǵımnıń kese kesimi betiniń maydanı:

$$\omega = (b + mh)h \qquad (7.19)$$

χ – ózenniń kese maydanı boyınsha kese kesiminiń perimetri uzınlıǵı:

$$\chi = v + 2h\sqrt{1+m^2} \qquad (7.20)$$

ω hám χ lar belgili bolsa, gidravlikalıq radius tómendegishe anıqlanadı:

$$R = \frac{\omega}{\chi} \qquad (7.21)$$

Kóp jaǵdaylarda ámeliyatta kanallardı gidravlikalıq esaplawda kanaldıń salıstırma keńligi (kanal ultanınıń keńligin, ondaǵı suwdıń tereńligine qatınası) degen túsinik qollanıladı.

Bul tómendegishe jazıladı:

$$\beta = b/h \qquad (7.22)$$

ω hám χ shamalar β arqalı belgilense, ol jaǵdayda

$$\omega = h^2 (\beta + m) \qquad (7.23)$$

$$\chi = h\,(\beta + 2\sqrt{1+m^2}) \qquad (7.24)$$

Kanaldıń kese kesimi – tuwrı múyeshli tórtmúyeshli túrinde (7.2.b.-súwret).

$$\left.\begin{aligned} B = b;\ \ m = \text{ctg}90^\circ = 0 \\ \omega = \text{bh};\ \chi = \text{b} + 2\text{h} \end{aligned}\right\} \qquad (7.25)$$

Eger tuwrı tórtmúyeshli kanaldıń ultanı júdá keń bolsa, yaǵnıy v»10h, ol jaǵdayda

$$\chi = B;\ R = h \tag{7.26}$$

2. Kanaldıń kese kesimi – simmetrik úsh múyesh túrinde (7.2.v-súwret)

$$\left.\begin{aligned} b &= 0 \quad B = 2mh \\ \omega &= mh^2;\quad \chi = 2h\sqrt{1+m^2} \end{aligned}\right\} \tag{7.27}$$

3. Kanaldıń kese kesimi – parabola túrinde (7.2.g-súwret)

$$x^2 = 2py, \tag{7.28}$$

bunda p – parabolanı belgilewshi kórsetkish; x hám y koordinata kósherleri. Bunday túrdegi ózenler ushın suw hám qáddi keńligi B (suwdıń berilgen h tereńligi ushın) (7.28) shi teńlemeden anıqlanadı:

$$\omega = \frac{2}{3}Bh \tag{7.29}$$

Basqa gidravlikalıq elementler bolsa $\frac{h}{B}$ ǵa qarap anıqlanadı:

$$\left.\begin{aligned} &\chi = B\ldots;\ -\frac{h}{B} \le 0{,}15 \quad \text{bolǵan jaǵdayda} \\ &\chi = B\left[1{,}0 + \frac{8}{3}\left(\frac{h}{B}\right)^2\right];\ -0{,}15 < \frac{h}{B} \le 0{,}33 \ \text{bolǵan jaǵdayda} \\ &\chi = 1{,}78\,h + 0{,}61\,B;\ -0{,}33 < \frac{h}{B} < 2{,}0 \ \text{bolǵan jaǵdayda} \\ &\chi = 2h\ldots\ldots;\ -2{,}0 < \frac{h}{B} \quad \text{bolǵan jaǵdayda} \end{aligned}\right\} \tag{7.30}$$

4. Joqarıda kórsetilgenlerden basqa, ózenniń kese kesimleri tómendegishe bolıwı múmkin:

a) simmetrik bolmaǵan túrde (7.3.a-súwret);

b) durıs bolmaǵan túrde (7.3.b-súwret)

v) qosımsha túrinde, yaǵnıy kanaldıń kese kesimi hár túrli formalardıń qosılıwınan dúzilgen boladı. Kanaldıń kese kesiminiń bunday túrleri ámeliyatta tez-tez ushırap turadı (7.3.v-súwret).

7.4. Kanallardıń eń qolay gidravlikalıq kese kesimi.

Aǵımnıń birdey kesimi maydanında, qıyalıǵında hám gedir-budırlıq koefficientinde eń kóp suw ótkeriw uqıplılıǵına iye bolǵan kanallar, eń qolay gidravlikalıq kesimdegi kanallar dep ataladı (olar ekonomikalıq jaqtan júdá paydalı esaplandı).

A.Shezidiń formulası boyınsha

$$Q = \omega S\sqrt{Ri} = \omega\frac{\sqrt{i}}{n} \quad R^{0,5+y} = AR^{0,5+y} \tag{7.31}$$

Maksimal suw sarpı muǵdarı Q_{maks} gidravlikalıq radiustıń shaması R_{maks} ǵa iye bolǵanda aǵıp ótedi ($R=\omega/\chi$), biraq Q_{maks} ushın berilgen kese kesim maydanı ω boyınsha hóllengen perimetrdiń eń az bolǵan shaması talap etiledi.

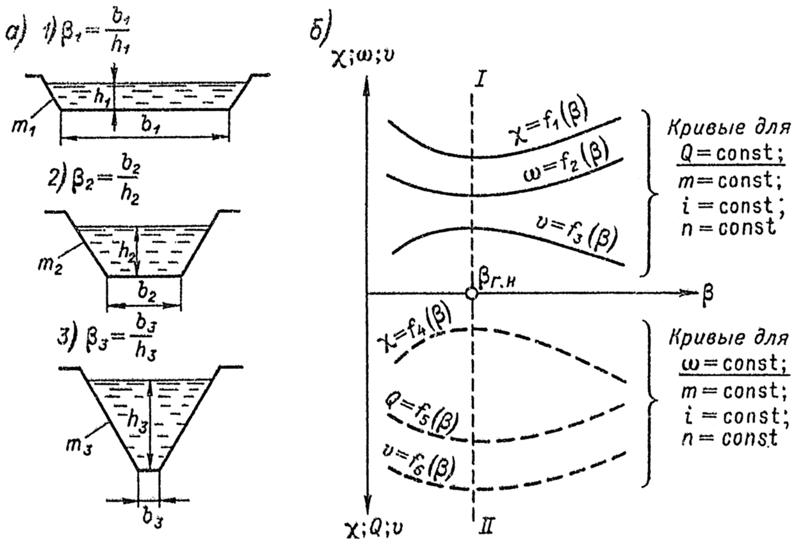
7.3-suwrette Trapeciya formadaǵı kanaldıń úsh variantı kórsetilgen, bıraq bunday variantlar júdá kóp dep paraz qılamız. Olardan birinshisi suwdıń júdá sayızlıǵı hám kanal ultanınıń júdá keńligi menen ajıralıp turadı. Aqırǵısı bolsa – kanal ultanınıń júdá tarlıǵı ham ondaǵı suwdıń tereńligi ulken bolıwı menen parıq qıladı. Bunnan kórinip turǵanınday birinshi hám aqırǵı variantlar salıstırǵanda ulken suykeliw betine iye. YAǵnıy birinshi variant ushın $\chi=v$, aqırǵı variant ushın bolsa $\chi=2h$. Qaralıp atırǵan trapeceidal kanallardıń kese-kesimleri ishinde sonday variant bolıwı kerek, onda aǵımnıń kese-kesimi boyınsha ortasha tezligi eń ulken bolsın. Al, kanaldıń kese-kesiminiń maydanı bolsa eń kishi bolsın. Usı shárt orınlansa, usiǵan tiyisli kese kesim kanaldıń gidravlikalıq eń qolay kese kesimi dep ataladı.

Belgili bolǵanınday, kanaldıń trapeceidal kese kesimi ushın hóllengen perimetr (7.24) boyınsha

$$\chi = v + 2h\sqrt{1+m^2}$$

hám onı tómendegishe jazıwǵa boladı:

$$\chi = \frac{\omega}{h} - mh + 2h\sqrt{1+m^2} \tag{7.32}$$



7.3-súwret. Trapeceidal kanaldıń kese-kesimi elementleriniń (χ, ω, ϑ, Q) salıstırma enine ß ǵa baylanıslı ózgeriwi.

Sonlıqtan, kese kesim maydanı ω=const turaqlı bolǵanda, hóllengen perimetr kanaldıń tereńliginiń funkciyası bolıp esaplanadı.

$$\chi = f(h) \tag{7.33}$$

Bul funkciya eń az shamaǵa iye esaplanıladı, sebebi barlıq jaǵdayda χ>0, al tereńlik bolsa 0<h<∞ aralıǵında ózgeredi, bul eki shegaralıq shártte f (h)→ ∞ sheksizlikke umtıladı. Hóllengen perimetrdiń eń az shaması ushın tereńlik h tómendegi formula arqalı anıqlanadı.

$$\frac{d\chi}{dh} = -\frac{\omega}{h^2} - m + 2\sqrt{1+m^2} = 0 \tag{7.34}$$

Yamasa, $\omega = (b+mh)h$ hám $\frac{\omega}{h^2} = \frac{b}{h} + m$ bolǵanlıǵın esapqa alıp, qaytalap orınlaǵannan keyin

$$\frac{d\chi}{dh} = -\frac{b}{h} - 2m + 2\sqrt{1+m^2} = 0 \tag{7.35}$$

Bul formuladaǵı b/h =β dep belgilep, tómendegishe jazamız

$$\beta_{G.N} = 2(\sqrt{1+m^2} - m \tag{7.36}$$

(7.36) formula trapeciya formasındaǵı kanallardıń eń qolay gidravlikalıq kese kesimin anıqlaw ushın qollanıladı. Tuwrı tórt múyeshli kanallardıń eń qolay kese kesimi ushın m=0; β=2,0 yamasa v=2h boladı. Eki jaǵday ushında gidravlikalıq radius R= h/2 ge teń boladı.

7.5. Ashıq ózenlerde tegis ilgerilenbe hárekettegi suyıqlıq aǵımınıń eń úlken hám eń kishi ruxsat etilgen ortasha tezligi.

a) Eń úlken ruxsat etilgen suyıqlıq aǵımınıń ortasha tezligi. Kanallardı gidravlikalıq esaplawda suyıqlıq aǵımınıń eń úlken ruxsat etilgen ortasha tezliginiń joqarı shegarasın anıqlaw talap etiledi, sebebi bunday úlken tezlik kanaldıń ultanın hám qaptal diywalların juwıp, onı buzıp jiberiwi múmkin. Eń úlken ruxsat etilgen tezlik, tiykarınan, gruntqa, yaǵnıy usı ózendi quraytuǵın materialǵa baylanıslı boladı. Bunday tezliktiń shaması tájiriybede anıqlanadı. Eń úlken ruxsat etilgen, biraq kanaldı juwmaytuǵın tegis ilgerilenbe hárekettegi suyıqlıq aǵımınıń ortasha tezlikleri 7.1-kestede keltirilgen.

7.1-keste.

Kanallardaǵı suyıqlıq aǵımınıń eń úlken ruxsat etilgen tezlikleri

Grunt	$\upsilon_{max,}$ *m/s*
Topıraq	0,15 ÷ 0,20
Kum (mayda, ortasha, iri)	0,20 ÷ 0,60
SHaǵal	0,60 ÷ 1,20
Saz topıraq, (supes, suglinok)	0,70 ÷ 1,00
Ilay (glina)	1,00 ÷ 1,80
Qattı taw jınısı	2,0 ÷ 2,5
Tas terilgen kanal	3,0 ÷ 3,5
Betonlanǵan kanal	5,0 ÷ 10,0

b) Eń kishi ruxsat etilgen, biraq kanalda mayda qum bólekshelerin shóktirip qaldırmaytuǵın suyıqlıq aǵımınıń ortasha tezligi. Kanallardaǵı suyıqlıq aǵımınıń tegis ilgerilenbe háreketin gidravlikalıq esaplawda aǵımnıń eń kishi ruxsat etilgen ortasha tezligin tómengi shegarasın úyreniw zárur, sebebi bunday kishi tezlikler kanallardıń qum shógindileri menen tolıp qalıwınıń aldın alıw ushın kerek boladı. Suw quramındaǵı qum bólekshelerin shóktirmeytugın aǵımnıń ortasha tezligi tómendegishe anıqlanadı:

$$\upsilon_{min} = e\sqrt{R} \tag{7.37}$$

bul jerde e –qum bóleksheleriniń muǵdarın, olardıń granulometriyalıq quramın hám ózenniń gedir-budırlıǵın belgilewshi koefficient. Eger tájiriybelerdiń nátiyjelerine qaraǵanda qum bóleksheleriniń diametri d ≤ 0,25 mm bolsa, ol jaǵdayda l= 0,5 ke teń dep qabıl etiledi.

Suyıklıq aǵımınıń ruxsat etilgen ortasha tezligi ózenlerdiń túbinde ósimliklerdiń óspewin názerde tutsaq, ol jaǵdayda $\upsilon_{min} < 0{,}60$ m/s dep qabıl etiledi.

Egerde aǵızıqlar tiykarınan mayda qum bólekshelerden ibarat bolsa, olardıń shókpewi ushın aǵımnıń ortasha tezligi $\upsilon_{min} = 0{,}40$ m/s dep qabıl etiledi.

Eń kishi ruxsat etilgen, biraq aǵızıqlardı shóktirip qaldırmaytuǵın aǵımnıń ortasha tezligi 7.2-kestede keltirilgen (V.N.Goncharovtıń tájiriybelerinen alınǵan).

7.2-keste

Eń kishi ruxsat etilgen aǵımnıń ortasha tezlikleri

Grunt	**Grunt bóleksheleriniń diametri, mm**	**υ_{min}, m/s**		
		Kanaldaǵı suwdıń tereńligi, h, m		
Kum:		1	2	3
-júdá mayda	0,2 ÷ 0,3	0,34	0,44	0,51
-mayda	0,3 ÷ 0,4	0,43	0,57	0,66
-ortasha	0,4 ÷ 0,5	0,60	0,78	0,92
-iri	0,5 ÷ 1,0	0,87	1,13	1,32

Kanallardı joybarlap atırǵanda aǵımnıń ortasha tezligi tómendegi aralıq shegarasında bolıwı kerek:

$$\upsilon_{min} \leq \upsilon \leq \upsilon_{max} \tag{7.38}$$

Suyıqlıq aǵımınıń eń úlken ruxsat etilgen ortasha tezligi υ_{max} dı esaplaw ushın hár túrli gruntlarǵa tiyisli formulalar islep shıǵılǵan, mısalı, M.A. Velikanov, I.I. Levi, G.I. SHamov, V.S. Kneroz, C.E. Mircxulova, V.N. Goncharov, B.I. Studenichnikov hám basqalardıń formulaların keltiriw múmkin.

Bul formulalardıń kópliligi tómendegi birdey korinistegi ulıuma baylısqa iye boladı.

$$\vartheta_0 = k_0\left(\frac{H}{d}\right)^x \sqrt{d} \tag{7.39}$$

Bul jerde *H* – aǵımnıń tereńligi; *d* – aǵım suwdaǵı bólekshelerdiń ortasha diametri, m; *x* – dáreje kórsetkishi; k_0 – proporcionallıq koefficienti (3,5 ÷ 5,0).

Bul formulalarmenen tabılǵan kanal ózenlerin juumaytuǵın ortasha tezliklerdiń shaması, dala sharayatında ólshengen tájiriybe maǵlıwmatlarmenen salıstırǵanda júdá kóp parq beredi. Bul formulalardıń kópshiligi grunttıń fizika-mexanikalıq qásietin, suwdıń ılaylanǵanlıq dárejeniń tásirin hám aǵımnıń kinematikalıq xarakteristikalıq jeterli dárejede esapqa alınmaǵanlıǵın korsetedi. Bul jaǵdaylardı esapqa alıp K.I.Baymanov [7] Amudaryanıń tómengi jaǵalıwındaǵı suwǵarıw kanallarında kóp jıllıq ótkerilgen ilimiy – izzertlew jumıslarınıń nátiyjesinde ózenleri jeńil deformaciyalanıwshı grunttan ótken kanallar ushın tómendegishe quramdaǵı formulanı usınıs etti:

$$\vartheta_0 = C\sqrt{Ri} = \left(\frac{C}{\sqrt{g}}\right)_{kp} \cdot \mathcal{U}_{0j} = \left(\frac{1}{kx}\right)\mathcal{U}_{0j} \tag{7.40}$$

bul jerde $\left(\frac{C}{\sqrt{g}}\right)_{kp}$ – deformaciya baqlanbaǵan jaǵdaydaǵı ólshemsiz Shezi koefficienti $(C/\sqrt{g})_{kp} = 17{,}4$ – dala sharayatında ótkerilgen tájiriybeler nátiyjesinde anıqlanǵan;

k hám *x* – logarifmikalıq hám dárejeli tezliklerdiń taralıw nızamlıqlarındaǵı kinematikalıq kórsetkishler (k = 0,32 – 0,36; x = 0,16 – 0,17 ózenleri turaqlı bolǵan kanallar ushın izzertlewler nátiyjesinde anıqlanǵan).

$\mathcal{U}_{0j}$ – aǵımnıń shegaralıq dinamikalıq tezligi, yani ultandaǵı grunt bóleksheleriniń qozǵalısınıń baslanıwına durıs keletuǵın tezlik ($h = 2{,}0 \div 3{,}0$ m tereńlikte $\mathcal{U}_{0j} = 0{,}040$ m/s).

Bul formulamenen anıqlanǵan juwılmaytuǵın tezliklerdiń shaması, ózenleri turaqlı bolǵan ılay suw aǵıwshı kanallardı gidrometriyalıq usılmenen ólshengen tezliklerdiń shamasına durıs keledi. Bul formulanı ózenleri jeńil deformaciyalanıwshı kanallardı joybarlawda, rekonstrukciyalawda qollanıwǵa boladı.

7.6. Kanallardaǵı suyıqlıq aǵımınıń bir tegis ilgerilenbe háreketin gidravlikalıq esaplawda tiykarǵı máseleler.

Kanallardıń qádegen kese kesimi forması ushın berilgen máselelerdi sheshiw metodikası birdey boladı. Bul metodlardıń ámeliyatta eń kóp ushırasatuǵın trapeceidal kese kesimdegi kanallar ushın qollanıwın qarap shıǵamız.

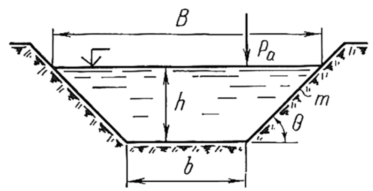
Kanallardı gidravlikalıq esaplawda tómendegi tiykarǵı máselelerdi sheshiw talap etiledi:

1. Suw sarpı Q dı hám aǵım tezligi V nı anıqlaw. Bunda aǵımnıń kese kesimi boyınsha ólshewleri málim bolıp kanal ultanınıń qiyalıǵı i berilgen boladı.

2. Kanal ultanı qiyalıǵı i di anıqlaw. Bunda suw sarpı Q berilgen bolıp, kese kesim boyınsha ólshemleri málim boladı.

3. Aǵımnıń kese kesimi betiniń maydanın anıqlaw. Bunda suw sarpı Q hám kanal ultanınıń qiyalıǵı i berilgen boladı.

4. Aǵım kese kesimi beti maydanınıń ólshemleri v yamasa h hám kanal ultanınıń qiyalıǵı i anıqlanadı. Bunda suw sarpı Q berilgen bolıp, tezlik υ málim boladı.



7.4-súwret. Trapeceidal kanaldıń kese-kesimi elementleri kórsetilgen sxeması.

Birinshi túrdegi máseleler. Aǵımnıń kese kesiminiń barlıq ólshemleri berilgen v, h, m, i, n (7.4-súwret) suw sarpı Q di anıqlań.

Máseleni sheshiw tártibi. Aǵımnıń kese kesimi maydanınıń ólshemlerin bilgen jaǵdayda, (7.19), (7.20) hám (7.21) formulalardan ω, χ, R lardı anıqlap, C tı tabamız. C tı esaplawda joqarıda keltirilgen formulalardan, birewin qabıl etemiz, mısalı, N.N. Pavlovskiy formulasın:

$$\mathrm{C} = \frac{1}{n}\mathrm{R}^{y} \qquad (7.41)$$

(7.16) nen K ni hám (7.17) Q dı esaplaymız. Suw sarpı Q di (7.12) nen de anıqlaw múmkin.

Ekinshi túrdegi máseleler. Aǵım kese kesiminiń barlıq ólshemleri berilgen, yaǵnıy v, h, m hám n, Q. Kanal ultanınıń qıyalıǵı i di anıqlań.

Máseleni sheshiw tártibi. Birinshi túrdegi máselede kórsetilgenindey, bul jerde de aǵımnıń gidravlikalıq elementleri ω, χ, S, R di esaplap shıǵıp, keyin (7.17) formuladan kanal ultanınıń qiyalıǵın anıqlaymız:

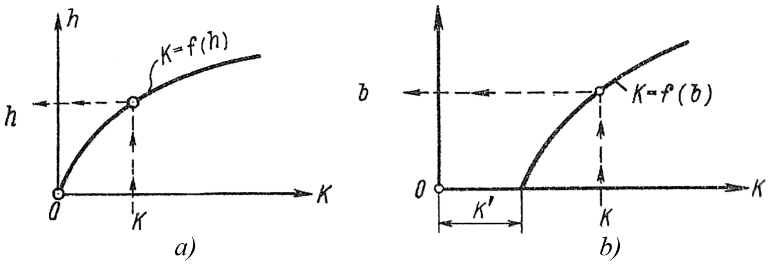
$$\mathrm{i} = \frac{Q^2}{K^2} \qquad (7.42)$$

Úshinshi túrdegi máseleler: Kanal ultanınıń qiyalıǵı hám suw sarpı berilgen. Aǵımnıń kese kesimi beti maydanınıń gidravlikalıq elementleri v hám h tı anıqlań. (7.4-suwret)

Bul máselede, ádep eki gidravlikalıq element v hám h bir-biri menen (7.11) yamasa (7.17) teńleme arqalı baylanısqanlıǵına itibar beriw kerek:

$$\mathrm{Q} = \omega\mathrm{C}\sqrt{Ri} = \mathrm{K}\sqrt{i} \qquad (7.43)$$

Bul jerde v hám h ushın joqarıdaǵı teńlemeni qanaatlandırıwshı júdá kóp shamalardı tabıw talap etiledi, sonıń ushın bul másele anıq emes. Bul máseleni anıqlaw ushın qosımsha shárt qabıl etiw talap etiledi. Bunda



7.5-suwret. Úshinshi túrdegi máseleni anıqlaw sxeması.

kanal ultanınıń keńligin v yamasa ondaǵı suwdıń tereńligin yamasa olardıń qatınasın β=v/h qabıl etiw kerek boladı. Keyingi jaǵdayda eki teńlemege iye bolıp, olardan birden kanaldıń keńligin hám tereńligin tabamız.

Bul máseleni sheshiwde grafoanalitikalıq usılda qollanǵan maqul bolıp, birinshi jaǵdayda Q= f (h) funkciyası (7.5 a-súwret) hám ekinshi jaǵdayda Q= f (v) funkciya (7.5 b-súwret) baylanısları qurıladı.

Úshinshi túrdegi jaǵdayda, qashan qosımsha β= v/h qatınası berilgende, másele logarifmikalıq túrdegi sheshimge iye boladı

$$Q = A\,h^{2,5-u} \tag{7.44}$$

Bunnan h tı tabamız hám onnan keyin v nı (v= βh) teń boladı.

Tórtinshi túrdegi máseleler. Berilgen: suw sarpı Q; aǵımnıń ortasha tezligi v; bul jerde tómendegiler málim: m, v yamasa h. Máselede v yamasa h tı, ózen ultanı qiyalıǵı i di anıqlaw kerek. Bunda aǵımnıń kese kesimi betiniń maydanı tómendegishe tabıladı: ω=Q/v (7.19) formuladan

$$\omega = (b + mh)h$$

bunnan *h* yamasa *v* nı anıqlaymız:

$$h = \sqrt{\left(\frac{b}{2m}\right)^2 + \frac{\omega}{m}} - \frac{b}{2m}; \quad b = \frac{\omega}{h} - mh$$

Ózenniń ultanınıń qiyalıǵı i (7.17) formuladan anıqlanadı:

$$i = Q^2 / K^2$$

7.7. Kanallardı esaplawda qollanılatuǵın ayırım ámeliy metodlar.

Suw sarpı xarakteristikası metodı A.Shezi teńlemesin tómendegishe formada paydalanıwǵa tiykarlanǵan

$$Q = K\sqrt{i} \tag{7.45}$$

Bul jerde K – suw sarpı xarakteristikası, $K = \omega S\sqrt{R}$.

Gidravlikalıq esaplawdaǵı tiykarǵı máselelerdiń birinshi ekewi (Q dı yamasa i di anıqlaw) 7.5-paragrafta kórsetilgen. Bunda berilgen h, v, m hám n boyınsha dáslep K_1 onnan keyin Q yamasa i anıqlanadı.

Usınday jol menen úshinshi máselede sheshiledi, biraq berilgen Q hám i shamaları boyınsha suw sarpı xarakteristikası K anıqlanılıp, onnan keyin K =f (h) yamasa K =f (v) iymek sızıqları qurılıp, olar arqalı h yamasa v anıqlanadı.

Ózenniń gidravlikalıq kórsetkishi metodı. Kanaldıń qálegen kese kesimi ushın shamalap tańlap alınǵan eki tereńlik h_1 hám h_2 ushın tómendegishe teńleme jazıw múmkin:

$$\left(\frac{Q_1}{Q_2}\right)^2 = \left(\frac{K_2\sqrt{i}}{K_1\sqrt{i}}\right)^2 = \left(\frac{K_1}{K_2}\right)^2 \tag{7.46}$$

B.A. Baxmetevtıń kórsetpesi boyınsha ashıq kanallardaǵı suw sarpı xarakteristikası K tereńlik boyınsha ósip barıwshı funkciya esaplanılıp, onı tómendegishe jazıw múmkin:

$$K = f(h) = ah^p \tag{7.47}$$

Bul jaǵdayda (7.46) tómendegishe túrge iye boladı:

$$\left(\frac{Q_1}{Q_2}\right)^2 = \left(\frac{K_1}{K_2}\right)^2 = \left(\frac{h_1}{h_2}\right)^{2p} \tag{7.48}$$

Yamasa, 2r = x dep belgilense, tómendegishe jazıladı:

$$\left(\frac{K_1}{K_2}\right)^2 = \left(\frac{h_1}{h_2}\right)^x \tag{7.49}$$

Bul formuladaǵı dáreje kórsetkishi x N.N.Pavlovskiydiń usınısı boyınsha ózenniń gidravlikalıq kórsetkishi dep ataladı. B.A.Baxmetev bul kórsetkishti kanaldıń berilgen kese kesimi ushın shamalap turaqlı kórsetkish dep qabıllawdı usınıs etti.

Kórsetkishi x tiń sanlı shaması (7.49) formula boyınsha:

$$\mathrm{x} = \frac{2\lg(K_1 / K_2)}{\lg(h_1 / h_2)}, \tag{7.50}$$

sonıń menen birge konkret ózen ushın tańlap alınǵan tereńlik ushın K_1 hám K_2 niń shamaların esaplaymız.

Bir tegis ilgerilenbe hárekettegi kanaldıń normal tereńligin h_0 dep belgilep, qálegen formadaǵı kanal ushın berilgen suw sarpı hám qiyalıq i boyınsha h_0 tereńlikti anıqlawdı kórip shıǵamız.

Dáslep (7.45) formula boyınsha kanaldıń kerekli bolǵan suw sarpı xarakteristikasın anıqlaymız

$$\mathrm{K}_0 = \frac{Q}{\sqrt{i}}$$

(7.50) formuladan shamalap x tı anıqlaymız

$$\mathrm{x} = \frac{2\lg(K_1 / K_2)}{\lg(h_1 / h_2)},$$

(7.49) boyınsha tómendegishe jazamız:

$$\left(\frac{K_0}{K_1}\right)^2 = \left(\frac{h_0}{h_1}\right)^{\mathrm{x}}$$

Sonlıqtan, kanaldıń normal tereńligi tómendegi formula menen anıqlanadı

$$h_0 = h_1\left(\frac{K_0}{K_1}\right)^{2/x} = h_1\sqrt[x]{\left(\frac{K_0}{K_1}\right)^2},$$

bul formulanıń ońtárepindegi barlıq parametrlerdiń shamaları belgili.

Ózenniń kese kesiminiń basqa formaları ushın ózenniń gidravlikalıq kórsetkishiniń shamaları tómendegishe qabıl etiledi:

– tuwrı tórtmúyeshli kesim ushın x=3,0
– ózenniń parabola túrindegi kesimi ushın x=4,0
– ózenniń úshmúyeshli kesimi ushın x=5,5.

Kanallardı gidravlikalıq esaplawdıń bulardan basqada metodları bar, mısalı abstrakt model metodı (I.I.Agroskin), grafikalıq metodlar (N.N.Pavlovskiy, V.D.Jurin, P.G. Kiselev).

7.8. Jetinshi baptıń temaları boyınsha ámeliy máseleler.

7.1-másele. Egerde trapeciya kesimdegi suglinok gruntınan ótken kanaldıń ultanınıń eni v=5,5m, tereńligi h=1,8 m; otkosları m =1 hám qiyalıǵı (uklonı) i= 0,0004 bolsa, suw háreketiniń teń qálipli rejimindegi suw sarpın anıqlań?

Sheshimi: Shezi formulası menen tezlikti anıqlaymız:

$$\upsilon = \mathrm{C}\sqrt{Ri}$$

Kanaldıń kese kesimi maydanın (7.17) formula menen anıqlaymız:

$$\omega = (\mathrm{v}+\mathrm{mh})\mathrm{h} = (5{,}5 + 1 \cdot 1{,}8)1{,}8 = 13{,}14\ \mathrm{m}^2$$

Hóllengen perimetrdi (7.20) formula menen tabamız:

$$\chi = v + 2h\sqrt{m^2} = 5{,}5 + 2\cdot 1{,}8\sqrt{1+1^2} = 10{,}58\ m.$$

Gidravlikalıq radius:

$$\mathrm{R} = \omega / \chi = 13{,}14 / 10{,}58 = 1{,}24\ \mathrm{m}.$$

Shezi koefficientin S.Pavlovskiydiń (4.117) formulası menen anıqlaymız. Gedir-budırlıq koefficientin n=0,025 etip qabıllaymız.

R= 1,24 > 1,0 m bolǵanlıqtan $y = 1{,}3 = 1{,}3\sqrt{0{,}025} = 0{,}206.$

Sonda

$$C = \frac{1}{n}R^y = \frac{1}{0{,}025}\cdot 1{,}24^{0{,}206} = 41{,}8\ \mathrm{m}^{0{,}5} / \mathrm{s}.$$

Tezlikti tabamız:

$$\upsilon = C\sqrt{Ri} = 41,8\sqrt{1,24 \cdot 0,0004}\sqrt{1,24 \cdot 0,0004}$$

Tabılǵan tezlikti maksimal juwmaytuǵın tezlik penen hám minimal kómbeytuǵın tezlik penen salıstıramız. QMQ boyınsha suglinok grunt ushın ruxsat etiletugın eń úlken juwmaytuǵın tezlik υ=1m/s teń. Ózendegi kómiwden saqlawshı minimal tezlikti (7.37) formula menen anıqlaymız:

$$\upsilon_{min} = 0,5\sqrt{R} = 0,5\sqrt{1,24} = 0,56 \text{ m/s.}$$

Solay etip, tabılǵan tezlik 0,56 m/s <0,93 m/s <1m/s shegaralıq aralıqta jaylasqan bolıp, kanal juwılıw hám kómiliw qubılıslarına ushıramaydı eken.

Endi suw sarpın anıqlaymız:

$$Q = \omega \cdot \upsilon = 13,14 \cdot 0,93 = 12,2 \text{ m}^3/\text{s.}$$

7.2-másele. Eni v=6,0 m bolǵan tuwrı múyeshli metall lotokqa neft jiberilmekte. Lotoktıń boylama qiyalıǵı i=0,0125. Tereńlik h=0,2 m bolǵanda lotok qansha muǵdarda neft sarpın ótkeredi?. Nefttiń kinematikalıq jabısqaqlıǵı

$$\nu = 1 \text{sm}^2/\text{s} = 1 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s.}$$

Sheshimi: Lotoktıń gidravlik radiusın anıqlaymız:

$$R = \frac{\omega}{\chi} = \frac{0,6 \cdot 0,2}{0,6 + 2 \cdot 0,2} = 0,12 \text{ m.}$$

A.D.Altshuldiń formulası menen Shezi koefficientin anıqlaymız

$$C = 20\, lg \frac{R}{\mathcal{E} + 0,385\nu\sqrt{gRi}}$$

Bul jerdegi $\mathcal{E}$ shamasın $\mathcal{E}$ =1mm dep qabıllaymız.

$$C = 20 \text{ lg} \frac{12}{0,1 + 0,385 \cdot 1\sqrt{981 \cdot 12 \cdot 0,0125}} = 39,2 \text{ m}^{0,5}/\text{s}$$

Neft aǵımınıń tezligin tabamız:

$$\upsilon = 39,2 = 1,53 \text{ m/s}$$

Lotoktaǵı nefttiń sarp muǵdarın anıqlaymız

$$Q = \omega \cdot \upsilon = 1,53 \cdot 0,6 \cdot 0,2 = 0,175 \text{ m}^3/\text{s.}$$

7.3-másele. Eni v=2m hám tolıw tereńligi h=1,0 m bolǵan tuwrı múyeshli kesimdegi metall lotoktan neft aǵıp ótpekte. Nefttiń jabısqaqlıǵı ν=0,00025 m^2/s, temperaturası 10^0C, nefttiń sarp muǵdarı Q=2 m^3/s.

Sheshimi: Neft aǵımı tezligin anıqlaymız:

$$\upsilon = \frac{Q}{\omega} = \frac{2}{2 \cdot 1} = 1,0 \text{ m/s}$$

Gidravlikalıq radius

$$R = \frac{\omega}{\chi} = \frac{2 \cdot 1}{2 + 2 \cdot 1} = 0,5 \text{ m.}$$

Lotoktaǵı neft háreketi rejimin anıqlaymız

$$Re = 4\, \upsilon R/\nu = 4 \cdot 0,5 \cdot 1/\, 0,00025 = 80000,$$

Yaǵnıy háreket turbulent rejiminde eken, A.D.Altshul formulası arqalı Shezi koefficientin tabamız ($\mathcal{E}$=1mm):

$$C = 20 \text{ lg} \frac{R}{\mathcal{E} + 0,385\nu\sqrt{gRi}} = 20 \text{ lg} \frac{50}{0,1 + 0,385 \cdot 2,5\sqrt{980 \cdot 50 \cdot 0,00066}} = 55 \text{ m}^{0,5}/\text{s}$$

Lotoktıń qiyalıǵın (uklonın) anıqlaymız:

$$I = \frac{\upsilon^2}{S^2 R} = \frac{1^2}{55^2 \cdot 0,5} = 0,00066$$

7.4-másele. Ózeni mayda grviy hám qum bólekshelerinen qálipLesken úlken teń qálipli rejimde ağıwshı dárya salıstırma túrde teń qálipli ağımğa iye. Dáryanıń eni b=200m, qaralıp atırğan uchastkadağı ortasha tereńligi h=2,5 m, suw betiniń qiyalığı i= 0,00014.

Dáryanıń suw sarpın Q hám ağım tezligin anıqlań?

Sheshimi: Shezi koefficientin darya ózenleri ushın usnalğan tómendegi formula menen anıqlaymız:

$$C=14,8/i^{1/6}-26=14,8/0,00014^{1/6}-26=36,8\ m^{0,5}/s$$

Suw sarpın tabamız:

$$\omega=(v\cdot h);\ h\approx R \text{ ekenligin esapqa alıp}$$

$$Q=\omega\cdot C\cdot\sqrt{Ri}=v\cdot h\cdot S\cdot\sqrt{Ri}=200\cdot 2,5\cdot 36,8\sqrt{2,5\cdot 0,00014}=350\ m^3/s.$$

7.5-másele. Eni v=320m, ortasha tereńligi h=1,2m hám erkin suw betiniń qiyalığı i=0,0001 bolğan dáryanıń suw sarpı muğdırn anıqlań?

Ózenniń topırağı – ortasha qum bólekshelerinen quralğan.

Sheshimi: Shezi formulası menen dáryanıń ortasha tezligin anıqlaymız:

$$\upsilon=C\sqrt{Ri}$$

Shezi koefficientin N.N.Pavlovskiydiń formulası menen anıqlaymız (n=0,025; h≈R=1,2)

$$C=\frac{1}{n}R^{y}=\frac{1}{0,025}1,2^{0,20}=41,6\ m^{0,5}/s$$

Sonda $\upsilon=41,6\sqrt{1,2\cdot 0,0001}=0,46$ m/s

Endi dáryanıń suw sarpın anıqlaymız:

$$Q=\upsilon\cdot\omega=0,46\cdot 320\cdot 1,2=168,6\ m^3/s.$$

7.6-másele. Eni v=1,4 m tuwrı múyeshli kesimdegi shıgındı suw kollektorı, h=1,3m tereńlikte Q=2,1 m^3/s suw sarpın tolıq ótkerip bermekte.

Kollektor jiyma temir beton bloklarınan qurılğan. Usı kollektordıń qiyalıgın (uklonın) anıqlań?

Sheshimi: Berilgen suw sarpın tolıq ótkeriw ushın tiyisli bolğan kollektordağı suw háreketi tezligin anıqlaymız:

$$\upsilon=\frac{Q}{\omega}=\frac{2,1}{1,4\cdot 1,3}=1,15\ m/s$$

Shezi formulasın tómendegishe túrde jazamız:

$$i=\frac{\upsilon^2}{S^2R}$$

bul formuladağı gidravlikalıq radiustı tabamız:

$$R=\frac{\omega}{\chi}=\frac{v\cdot h}{v+2h}=\frac{1,4\cdot 1,3}{1,4+2\cdot 1,3}=0,455\ m.$$

Shezi koefficientin N.N.Pavlovskiydiń formulası menen anıqlaymız. Jiyma temirbetonnıń gedir-budırlıq koefficienti n=0,015 ge teń. Bul formulanıń dáreje kórsetkishi u tabamız:

$$U=1,5\sqrt{n}=1,5\sqrt{0,015}=0,184$$

Sonda $C=\frac{1}{n}R^{y}=\frac{1}{0,015}0,455^{0,184}=57,7\ m^{0,5}/s$

Endi berilgen suw sarpın tolıq ótkeriwdi támiyinleytuğın kollektor qiyalığın anıqlaymız

$$i=\frac{\upsilon^2}{S^2R}=\frac{1,15^2}{57,7^2\cdot 0,455}=0,00087$$

7.7-másele. Eni v=2m li tuwrı múyeshli kesimdegi temir betonnan quralğan vodoprovod kanalı qiyalığı i=0,0001 ge teń ishimlik suwdı ótkermekte. Kanaldıń tolıw tereńligi h=2,4 m bolğanda ol qansha suw sarpın ótkere aladı?

Sheshimi: Suw sarpın Shezi formulası menen anıqlaymız:

Gidravlikalıq radius

$$R = \frac{\omega}{R} = \frac{2 \cdot 2,4}{2 + 2 \cdot 2,4} = 0,705 \text{ m.}$$

Shezi koefficientin Altshuldıń formulası menen anıqlaymız (keltirilgen sızıqlı gedir-budırlıqtı $\mathcal{E}$=0,02mm, onı gidavlika kıtabındağı 6.1-tablicadan qabıllaymız):

$$C = 20 \lg \frac{R}{\mathcal{E} + 0,004/\sqrt{Ri}} = 20 \lg \frac{705}{0,02 + \frac{0,004}{\sqrt{705 \cdot 0,0001}}} = 86,6 \text{ m}^{0,5}/\text{s}$$

Suw sarpı muğdarın anıqlaymız:

$$Q = \omega \cdot C \cdot \sqrt{Ri} = 2 \cdot 2,4 \cdot 86,6\sqrt{0,705 \cdot 0,0001} = 3,49 \text{ m}^3/\text{s}.$$

Tákirarlaw ushın sorawlar

1. Ashıq ózenlerde bir tegis ilgerilenbe háreket qanday anıqlanadı?
2. Kanallarda qanday jağdaylarda tegis ilgerilenbe háreket payda boladı?
3. Suyıqlıq ağımınıń tiykarğı gidravlikalıq xarakteristikaların hám ózenniń kese kesiminiń elementlerin aytıp beriń?
4. Bir tegis ilgerilenbe hárekette kanaldıń ultanınıń qiyalığı menen erkin suw betiniń qiyalığınıń teń ekenligin túsindirip beriń?
5. A.Shezi formulasındağı kórsetkishlerdiń áhmiyetin hám fizikalıq mánisin túsindirip beriń.
6. Injenerlik praktikada kóp ushırasatuğın kanallardı esaplaw máseleleriniń tiplerin aytıp beriń?
7. Kanaldıń gidravlikalıq hám ámeliy eń qolay kese kesimi nelerden ibarat?
8. Normal tereńlik hám onı esaplaw usılı qanday?
9. Tegis ilgerilenbe háreket teńlemesi qanday?
10. Kanallardı esaplawda qanday ámeliy metodlar qollanıladı?

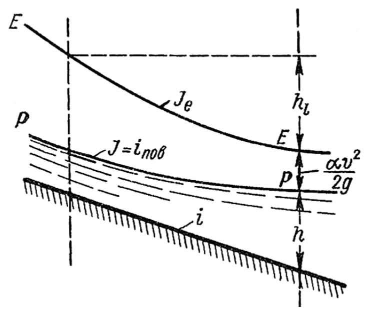
Segizinshi bap. **ASHIQ ÓZENLERDE SUYIQLIQ AĞIMINIŃ TEGIS EMES HÁREKETI.**

8.1. Tiykarğı túsinikler.

Qáliplesken tegis emes suyıqlıq ağımınıń háreketi degende waqıt boyınsha turaqlı suw sarpı muğdarına ózenniń hár qıylı kese kesimlerinde ağımnıń birdey emes ortasha tezlikleriniń tuwrı keliwi túsiniledi.Ashıq ózenlerdegi suyıqlıq ağımınıń tegis emes háreketi, qayjerde ózenniń kese kesim maydanı (eni hám tereńligi), ultanınıń qıyalığı yamasa diywalınıń gedir-budırlığı keskin ózgerse, sol jerlerde baqlanadı.

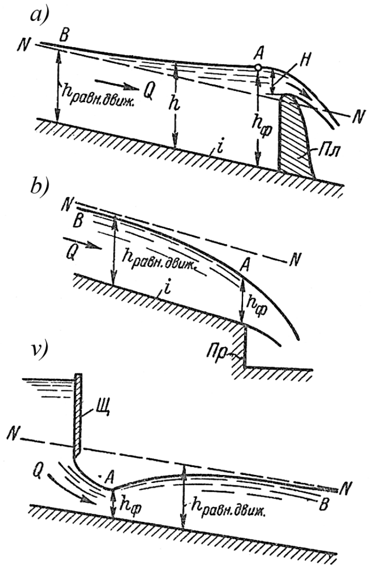
Bul jerde qáliplesken tegis emes ilgerilenbe turbulent hárekettegi ekinshi dárejeli qarsılıq oblastına tiyisli, yağnıy gedir-budır ózendegi suyıqlıq ağımı názerde tutıladı. Bunday háreket 8.1-súwrette keltirilgen.

Ashıq ózenlerdegi suyıqlıq ağımı qáliplesken tegis ilgerilenbe háreket túrin alıwğa umtıladı, demek, suyıqlıq háreketi waqtında awırlıq kúshiniń orınlağan jumısı súykeliw kúshiniń orınlağan jumısına teńlesiwge umtıladı. Aldıńğı baptan málim bolğanınday demek bul kúshler teń bolsa, suyıqlıq ağımınıń háreketi qáliplesken tegis ilgerilenbe háreket boladı. Suyıqlıqtıń qáliplesken tegis emes ilgerilenbe háreketi tábiyiy hám jasalma ashıq ózenlerde tekte tegis ilgerilenbe háreket buzılğan jağdayda payda boladı.



8.1-súwret. Ashıq ózendegi tegis emes ilgerilenbe háreket sxeması

Qanday jağdaylarda ashıq ózenlerde naporsız qáliplesken tegis emes ilgerilenbe hárekettiń payda bolıwın kórsetetuğın mısallar keltiremiz. Belgili bolğanınday bunday háreket tómendegi shártler menen belgilenedi:



8.2-súwret. Tuwrı qıyalıqtaǵı (i>0) ashıq ózenlerdegi tegis emes ilgerilenbe háreket ushın mısallar.

$h \neq const$ (aǵımnıń uzınlıǵı boyınsha)

$v \neq const$ (aǵımnıń uzınlıǵı boyınsha)

1. Tábiyiy hám jasalma ózenler prizmatik bolıp, onıń ultanınıń qıyalıǵı $i \succ 0$ bolsa, qáliplesken tegis emes ilgerilenbe háreket tómendegi jaǵdaylarda payda boladı (8.2-súwret):

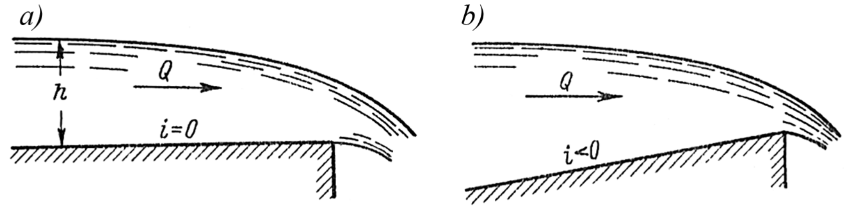
a) ózende platina (tosıq) qurılsa (8.2[a]-súwret), bul jerde plotina aldında belgilengen tereńlik hф payda boladı, suw temirbeton plotinanıń ústinen asırılıp ótedi.Kórinip turǵanınday, ózenniń joqarǵı befinde AV sızıǵı, yaǵnıy suyıqlıqtıń erkin iymek suw qaddi sızıǵı (EISQS) payda boladı. AV sızıǵı, ózenniń aldınǵı tábiyiy halatındaǵı qáliplesken tegis ilgerilenbe háreket waqtındaǵı aǵımnıń normal tereńligi h_0 den, yaǵnıy N-N sızıǵınan sezilerli dárejede parq etedi:

$$h_{\text{ф}} >> h_0$$

Bul jaǵdayda ózendegi aǵımnıń shegaralanǵan AV uzınlıǵı, tegis emes ilgerilenbe háreketlenip atırǵan suyıqlıq aǵımı EISQS niń uzınlıǵı boladı;

b) ózende suw túsirgish (perepad) qurılsa (8.2[b]-súwret), bul jerde de belgilengen tereńlik $h_{\text{ф}}$ payda boladı. Joqarıdaǵı punktte kórsetilgenindey bul jerde belgilengen tereńlik $h_{\text{ф}} h_0$ boladı, sebebi bul jerde de tereńlik $h_{\text{ф}}$ ti payda ettik, bul bolsa tegis ilgerilenbe hárekettegi aǵımnıń normal tereńligi h_0 den málim dárejede parq etedi. Nátiyjede ózenniń uzınlıǵı boyınsha qáliplesken tegis emes ilgerilenbe háreket payda boladı.

v) kanalda suw káddin kórsetiwshi soorujeniya qurılǵan bolıp, onnan artıqsha suwdı shıǵarıp jiberiw ushın temirden jasalǵan darwa-



8.3-súwret. Gorizontal hám keri qıyalıqtaǵı ashıq ózenlerdegi tegis emes háreket ushın mısallar.

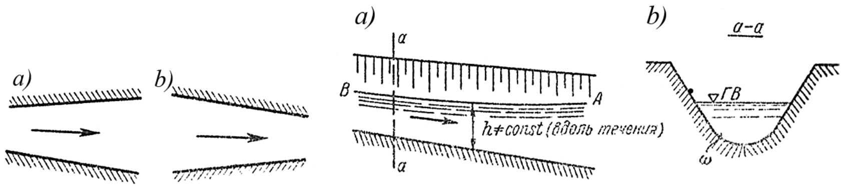
zalar (shitler) ornatıladı. Bunday darwazalar tekte joqarıǵa kóteriledi hám suwdı darwazanıń astınan shıǵarıp jiberedi. Suw darwazanıń astınan shıǵıp baratırǵan jaǵdayda (8.2[v]-súwret) AV sızıǵı uzınlıǵında qáliplesken tegis emes ilgerilenbe háreket payda boladı.

2. Tábiyiy hám jasalma ózenler prizmatik bolıp, olardıń ultanınıń qıyalıǵı $i = 0$ hám $i<0$ bolsa, tekte qáliplesken tegis emes ilgerilenbe háreket payda boladı. Bunday háreketler $i = 0$ (8.3[a]-súwret) hám i<0 (8.3[b]-súwret) súwretlerde kórsetilgen.

Bunday jaǵdaylarda ózende qáliplesken tegis ilgerilenbe háreket bolıwı múmkin emes, sebebi A. Shezi formulasına kóre: $i = 0$ bolǵan jaǵdayda suyıqlıq aǵımınıń tezligi $V = (-)$ (teris) boladı, demek bunday ózenlerde qáliplesken tegis ilgerilenbe háreket baqlanıwı múmkin emes.

3. Tábiyiy hám jasalma ashıq ózenler prizmatik emes bolǵan jaǵdayda ondaǵı suyıqlıq háreketi qáliplesken tegis emes ilgerilenbe hárekette boladı(8.4-súwret).

Suyıqlıqtıń qáliplesken tegis ilgerilenbe háreketi tekte ózen ultanınıń qıyalıǵı i>0 bolsa hám ózen jeterli uzın hámde prizmatik bolǵanda payda boladı. Bunıń ushın ózende tábiyiy aǵım háreketin ózgerttiriwshi soorujenielerdiń bolmawı lazım. Qáliplesken tegis emes ilgerilenbe háreketti úyreniw tiykarınan , aǵımnıń erkin iymek suw qáddi sızıǵı AV nı qurıwdan ibarat.Bul bolsa gidrotexnika, gidravlika hám ózendegi aǵım qubılıslarınıń dinamikası tarawında úlken ámeliy áhmiyetke iye. Mısalı:



8.4-súwret. Tábiiy ashıq ózenlerdiń keńeyiw hám qısılıw (b) jaǵdaylarında payda bolatuǵın tegis emes háreket. Ózenniń boylama kesimi (v), kese kesimi (g). AV – aǵımnıń erkin iymek suw qáddi sızıǵı.

a) AB erkin iymek suw qáddi sızıǵın qurıp, ózenniń uzınlıǵı boyınsha hár túrli kese kesimlerdegi suwdıń tereńlikleri *h* tı anıqlaymız;

b) Ózende plotina qurılǵan bolsa, onda AB iymek sızıǵın payda etip, usı menen joqarı beftegi suwdıń kóteriliwi nátiyjesinde kómilgen maydanlar betiniń ólshemleriniń muǵdarın anıklaymız. Erkin iymek suw qáddi sızıǵı AV nı qurıw máselesi suyıqlıqtıń tegis emes ilgerilenbe háreketi teoriyası tiykarında tómendegi tártipte orınlanadı;

1) Ózenniń geometriyalıq hám gidravlikalıq elementleri, yaǵnıy kese kesimniń túri, ultanınıń qıyalıǵı, gedir- budırlıǵı hám suw sarpı berilgen bolıwı kerek;

2) Ózende elementar aǵım naychasınıń uzınlıǵın alıp, onıń ushın sol elementar uzınlıqta suyıqlıq háreketiniń differencial teńlemesin dúzemiz; bul teńleme qáliplesken tegis emes ilgerilenbe hárekettiń differencial teńlemesi dep ataladı.

3) Alınǵan differencial teńlemeni integrallaw ushın qolay halatqa keltiremiz.

4) Differencial teńlemeni integrallap, natiyjede EISQS sızıǵınıń teńlemesin alamız, bul teńleme qáliplesken tegis emes ilgerilenbe háreket teńlemsi dep ataladı.

5) Usı tegis emes ilgerilenbe háreket teńlemesinen paydalanıp, AB sızıǵı tochkalarınıń koordinataların esaplaymız, hám onıń járdeminde erkin iymek suw qáddi sızıǵın quramız.

Ashıq ózenlerde tegis emes ilgerilenbe háreket waqtında suwdıń qáddi barlıq waqıtta iymek sızıq formasında boladı. Bul iymek suw qáddi sızıǵınıń kórinisi eki túrde boladı:

1. Iymek kóterilmeli, bul tiykarınan, ózende plotina qurılǵanda payda boladı. Bul iymek kóterilme suw qáddi sızıǵı aǵımnıń uzınlıǵı boyınsha normal tereńlik h_0 den, belgilengen tereńlik $h_{ф}$ ǵa shekem ósip baradı. Aǵımnıń tezligi bolsa kemeyip baradı.

2. Iymek páseymeli, bul tiykarınan, tábiiy hám jasalmalı ózenlerdegi suw túsirgishlerde (perepad) payda bolıp, aǵımnıń tereńligi birden ózgerse, ózen birden keńeyse yamasa taraysa payda boladı. Bul iymek páseyme suw qáddi sızıǵı aǵımnıń uzınlıǵı boyınsha tereńlik h_0 den baslap kritikalıq tereńlik h_{kr} ge shekem páseyip baradı. Aǵımnın tezligi bolsa kóbeyip baradı.

8.2. Suyıqlıq aǵımınıń qáliplesken tegis emes ilgerilenbe háreketiniń tiykarǵı differencial teńlemesi.

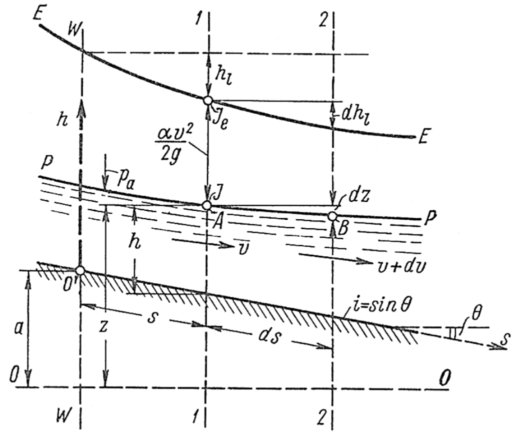
Suyıqlıq aǵımınıń tegis emes ilgerilenbe háreketi qaralıp atırǵanda, ulıwma jaǵdayda, prizmatik emes ózendegi suyıqlıq háreketi kózde tutıladı. Bunıń ushın 8.5-súwrette kórsetilgendey, aǵım tegis emes ilgerilenbe hárekette bolıp, onda ózenniń uzınlıǵı boyınsha kese kesimi forması berilgen.

Súwrette koordinata kósherleri kórsetilgen bolıp, suwdıń *h* tereńligi ordinata kósheri boyınsha, al S kósheri bolsa, ózenniń ultan sızıǵı boyınsha jónelgen. 8.5-súwrette aǵımnıń eki boylama kesimi: 1-1 boylama kesimi baslanǵısh w-w kesimnen, yaǵnıy koordinata basınan S uzınlıqta hám 2-2 – boylama kesim bolsa birinshi kesimnen dS elementar uzınlıqta jaylasqan. Birinshi keimde suw betindegi A tochkasınıń koordinatası salıstırma tegisligi 0-0 ge salıstırǵanda z biyiklikte hám ol kesimdegi ortasha tezlikti ϑ dep belgileymiz, V tochkasınıń koordinatası $z+dz$ hám tezligin $\vartheta+d\vartheta$ dep belgileymiz.

Endi 1-1 hám 2-2 kesimler ushın D.Bernulli teńlemesin jazamız:

$$\frac{\alpha\vartheta^2}{2g}+\frac{Pa}{\gamma}+z=\frac{\alpha(\vartheta+d\vartheta)^2}{2g}+\frac{Pa}{\gamma}+(z+dz)+dh_e \qquad (8.1)$$

Bunda α – aǵımnıń kese kesimi boyınsha tezliklerdiń tegis emes taralıwın belgilewshi koefficienti, $\alpha=1{,}05\div1{,}10$;



8.5-súwret. Tegis emes hárekettiń differencial teńlemesin keltirip shıǵarıw sxeması.

dh_e – aǵımnıń dS uzınlıǵı boyınsha joǵaltqan naporı.

Bul jerde $$dh_e = J_e \cdot dS. \qquad (8.2)$$

Gidravlikalıq uklon (8.1) teńlemeden tómendegishe jazıladı:

$$J_e = -\frac{d}{dS}\left(\frac{\alpha\vartheta^2}{2g} + \frac{P_a}{\gamma} + z\right); \qquad (8.3)$$

Yamasa skobkanı ashıp shıqsaq:

$$J_e = -\frac{d}{dS}\left(\frac{\alpha\vartheta^2}{2g}\right) - \frac{dz}{dS}, \qquad (8.4)$$

(8.4) ni (8.2) ge qoysaq

$$dh_e = -d\left(\frac{\alpha\vartheta^2}{2g}\right) - dz \qquad (8.5)$$

$\frac{\alpha\vartheta^2}{2g}$ ni h_ϑ menen belgilesek

$$-dz = dh_\vartheta + dh_e \qquad (8.6)$$

Bul (8.6) teńleme tegis emes ilgerilenbe hárekettiń tiykarǵı differencial teńlemesi delinedi. (8.6) teńlemeden kórinip turǵanınday, EISQS sızıǵınıń páseyiwi - dz, yaǵnıy potencial energiyanıń kemeyiwi, kinetikalıq energiyanıń hám joǵalǵan napordıń artıp barıwına teń. Bul jerde (8.5-súwrette) dz – iymek sızıq AV nıń, yaǵnıy erkin iymek suw qáddi sızıǵınıń uzınlıǵı boyınsha páseyip barıwın belgileydi, sonıń ushın bul jerde *dz* teris. Ulıwma alǵanda *dz* hám teris hám oń bolıwı múmkin, bul erkin iymek suw qáddi sızıǵınıń túrine baylanıslı;

(8.6) teńlemeniń eki tárepin *dz* ke bólip shıqsaq

$$-\frac{dz}{ds} = \frac{dh_v}{ds} + \frac{dh_e}{ds} \qquad (8.7)$$

Ashıq ózenlerde pezometriyalıq sızıq P-P suw qáddi menen bir sızıqta jatadı.

$$-\frac{dz}{ds} = \mathrm{J} \qquad (8.8)$$

Bul jerde *J* – pezometriyalıq uklon.

Gidravlikalıq uklon J_e (8.7) teńlemeden tómendegishe anıqlanadı:

$$\frac{dh_e}{ds} = J_e = i_f \quad \text{dep belgileymiz} \qquad (8.9)$$

bul jerde i_f – súykeliw uklonı. (8.8) hám (8.9) ni (8.7) ge qoysaq:

$$J = \frac{d}{ds}\left(\frac{\alpha V^2}{2g}\right) + i_f \qquad (8.10)$$

Súykeliw uklonı i_f A.SHezi formulası boyınsha anıqlanadı

$$i_f = \frac{V^2}{C^2 R} = \frac{Q^2}{K^2} \qquad (8.11)$$

bul jerde V, C, R, K lar tekte 1-1 boylama kesimge tiyisli. (8.11) di (8.10) teńlemege qoysaq, tómendegi teńlemeni alamız.

(I) $$J = \alpha \frac{d}{ds}\left(\frac{\alpha V^2}{2g}\right) + \frac{V^2}{C^2 R} \tag{8.12}$$

Bul (I) teńleme prizmatik emes ózenlerdegi suyıqlıq ağımınıń tegis emes ilgerilenbe háreketi differencial teńlemesiniń birinshi kórinisi.

Teń qálipsiz hárekettiń differenciyalı teńlemesiniń ekinshi kórinisi.

Tegis emes ilgerilenbe hárekettiń differencial teńlemesi (8.12) ge

Suwdıń tereńligi h ti kiritsek, suwsarpı Q hám ózenniń gidravlikalıq elementleri berilgen dep qabıl etip, (8.12) teńlemeniń hár bir ağzasın bólek- bólek qarap shığamız:

1. Teńlemeniń birinshi ağzası J (pezometriyalıq uklon). Bunıń ushın 8.6-súwrette (ağımınıń uzınlığı boyınsha) 1-1 kesimdi keltiremiz hám onda kórsetilgen belgilerden paydalanamız. Bul súwret boyınsha:

$$z = a - is + h \tag{8.13}$$

bul jerde $a = const$ koordinata basınıń salıstırma tegisligi 0-0ge salıstırıp jaylasqan ornı. Eger (8.13)ti differenciallasaq, ol jağdayda :

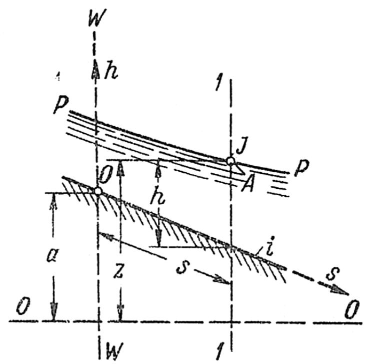
$$dz = dh - ids \tag{8.14}$$

(8.14) teńlemesiniń eki tárepin ds ke bólsek

$$\frac{dz}{ds} = \frac{dh}{ds} - i \tag{8.15}$$

bul jerde $\frac{dz}{ds}$ pvedometriyalıq uklonğa teń:

$$J = -\frac{dz}{ds} \tag{8.16}$$



8.6-súwret. Suyıqlıq ağımınıń tegis emes ilgerilenbe háreketiniń tiykarğı differencial teńlemesin dáliylew sxeması.

(8.16) teńlemesin (8.15) teńlemesine qoyıp, uklon J ushın tómendegini jazamız:

$$J = i - \frac{dh}{ds} \tag{8.17}$$

2. Ekinshi ağzası $\alpha \frac{d}{ds}\left(\frac{V^2}{2g}\right)$ – kinetikalıq napordıń ózgeriwin kórsetedi. Bul jerdegi ortasha tezlikti V nı suw sarpı Q arqalı belgilep tómendegini jazamız:

$$\alpha \frac{d}{ds}\left(\frac{V^2}{2g}\right) = \alpha \frac{d}{ds}\left(\frac{Q^2}{w^2 2g}\right) = \frac{\alpha Q^2}{2g} \cdot \frac{d}{ds}\left(\frac{1}{w^2}\right) = -\frac{\alpha Q^2}{g} \cdot \frac{1}{w^3} \cdot \frac{dw}{ds} \tag{8.18}$$

Bul jerde kese kesim maydanı eki koordinatağa baylanıslı ózgeredi:

h hám s_1 yağnıy $$w = f(h, s) \tag{8.19}$$

Bulardı esapqa alıp

$$\frac{dw}{ds} = \left(\frac{dw}{ds} + \frac{dw}{dh} \cdot \frac{dh}{ds}\right) = \left(\frac{dw}{ds} + B\frac{dh}{ds}\right) \tag{8.20}$$

Bunda (8,7-suwretke qarań) B manisi tomendegishe jaziladi:

$$B = \frac{dw}{dh} \tag{8.21}$$

(8.20) nı (8.18)ge qoyıp tabamız:

$$\alpha \frac{d}{ds}\left(\frac{V^2}{2g}\right) = \frac{\alpha Q^2}{g} \cdot \frac{1}{w^3}\left(\frac{dw}{ds} + B\frac{dh}{ds}\right) \tag{8.22}$$

3.Úshinshi ağza $\frac{V^2}{C^2 R}$. Bul ağzanı tómendegishe jazamız:

$$\frac{V^2}{C^2 R} = \frac{Q^2}{w^2 C^2 R} \tag{8.23}$$

Endi tabılǵan formulalardı (8.17), (8.22), (8.23) lerdi (I) teńlemege qoyamız:

$$i-\frac{dh}{ds}=-\frac{\alpha Q^2}{g}\cdot\frac{1}{w^3}\left(\frac{dw}{ds}+B\frac{dh}{ds}\right)+\frac{Q^2}{w^2C^2R} \qquad (8.24)$$

Bul teńlemeni $\frac{dh}{ds}$ boyınsha sheship tómendegini jazamız:

(II) prizmatik emes. $$\frac{dh}{ds}=\frac{i-\frac{Q^2}{w^2C^2R}\left(1-\frac{\alpha C^2R}{gw}\cdot\frac{dw}{ds}\right)}{1-\frac{\alpha Q^2}{g}\cdot\frac{B}{w^3}} \qquad (8.25)$$

Bul (II) teńleme qálegen formadaǵı prizmatik emes ózenler ushın suyıqlıq aǵımınıń qáliplesken tegis emes ilgerilenbe háreketiniń differencial teńlemesiniń ekinshi kórinisi bolıp esaplanadı.

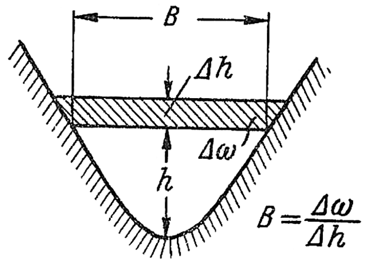
8.3. Tegis emes hárekettegi aǵımınıń kese kesimindegi salıstırma energiyası, kritikalıq tereńligi, normal tereńligi hám kritikalıq qıyaligı(uklonı).

Aǵımınıń kese kesiminiń **salıstırma energiyası** 8.7 – súwrette kórsetilgen ózenniń kese kesimi ushın salıstırma tegislik O_g - O_g ǵa salıstırıp aǵımnıń tolıq salıstırma energiyasınıń, yaǵnıy tolıq energiyanıń suyıqlıqtıń salıstırma salmaǵına qatnasınıń teńlemesin dúzemiz:

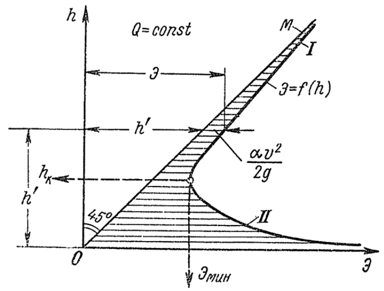
$$H_e=z+\frac{P}{\gamma}+\frac{\alpha V^2}{2g} \qquad (8.26)$$

Kesiminiń salıstırma energiyası E ózenniń kese kesiminiń eń tómengi tochkasınan ótkerilgen salıstırma tegisligi 0-0 ǵa salıstırıp alınadı. (8.8-súwret):

$$\frac{P}{\gamma}+z=h \qquad (8.27)$$



8.7-súwret. (8.17) teńlemesin dáliylew sxeması.



8.8-súwret. Kesimniń salıstırma energiyası E niń grafigi.

Bul jaǵdayda (8.26) teńlemeden aǵım kese kesiminiń salıstırma energiyasın alamız:

$$Э=h+\frac{\alpha V^2}{2g} \qquad (8.28)$$

yamasa $$Эh=+\frac{\alpha Q^2}{2gw^2} \qquad (8.29)$$

Tuwrı múyeshli tórtmúyeshlik formadaǵı ózen ushın

$$Эh=+\frac{\alpha q^2}{2gh^2} \qquad (8.30)$$

Bul jerde $q=\frac{Q}{b}$, sebebi $V=\frac{Q}{b\cdot h}=\frac{q}{h}$ qa teń. (q- salıstırma yamasa birlik suw sarpı dep ataladı, m^2/s).

Málim bolǵanınday, ózgermes suw sarpı $Q=const$ ózenniń berilgen kese kesimi arqalı hár túrli tereńlikte aǵıp ótiwi múmkin. Usı hár túrli tereńlikler ushın (8.30) shı teńlemeden E niń hár túrli shamasın alıwımız múmkin. Ol tómendegishe jazıladı:

$$Э = f(h) \qquad (8.31)$$

(8.31) teńlemeden kóringenindey, E niń shaması tekte tereńlikke baylanıslı ózgeredi: a) $h\to 0$ jaǵdayda, $Э\to\infty$ boladı(sebebi $h\to 0$ ge (8.28) yamasa (8.29) teńlemeniń oń tárepindegi ekinshi aǵza ∞ umtıladı.)

b) $h\to\infty$ jaǵdayda $Э\to\infty$ boladı. Haqıyqattanda funkciya (8.31) grafigin qursaq (8.8-súwret) ol (matematikada belgili teoriyaǵa tiykarlanıp) bir minimumǵa ($Э_{min}\to h_{kp}$) hám eki asimptota (*OM* hám *OE* sızıqlar) ǵa iye bolǵan iymek sızıq formasında boladı.

8.8-súwrette: 1) *OM* tuwrı sızıq, koordinata kósherlerine salıstırıp 45^0 múyesh penen baǵdarlanǵan hám 2) *OE* tuwrı sızıq, koordinatanıń gorizontal kósheri boyınsha baǵdarlanǵan. Grafikte shtrixovkamenen belgilengen maydan bolsa, bizge tezlik naporı $\frac{\alpha V^2}{2g}$ epyurasınıń ózgeriwin kórsetedi.

Tegis ilgerilenbe háreket jaǵdayında (bunda aǵımnıń uzınlıǵı boyınsha tereńlik $h = const$ boladı) H_e diń shaması (joǵalǵan napor esabına) ózenniń uzınlıǵı boyınsha kemeyip baradı; E niń shaması bolsa

tegis ilgerilenbe háreket ushın aǵımnıń uzınlıǵı boyınsha ózgermeydi ($Э = const$ aǵımnıń uzınlıǵı boyınsha), sebebi salıstırma tegisligi 0_g-0_g hár bir kesim ushın ózenniń ultanınan ótkiziledi (8.9-súwret), yaǵnıy:

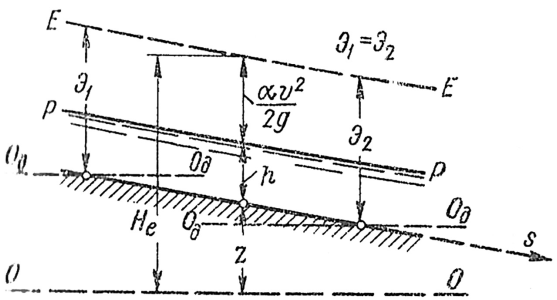
$$\left.\begin{array}{l} H_{e_1} \neq H_{e_2} \neq H_{e_3} \neq .... \\ Э_1 = Э_2 = Э_3 =........... \end{array}\right\} \qquad (8.32)$$

Aǵımınıń kritikalıq tereńligi. 8.8-súwrette kórinip turǵanınday, grafiktegi eń kishi shamaǵa iye bolǵan salıstırma energiya $Э_{min}$ ǵa tiyisli suw tereńligi kritikalıq tereńlik dep ataladı hám h_{kp} belgi menen belgilenedi. Eger ózenniń kese kesimi beti maydanı w berilgen hám suw sarpı Q málim bolsa, ol jaǵdayda

kritikalıq tereńlik tómendegi teńlemeden anıqlanadı:

$$\frac{dЭ}{\mathrm{dh}} = 0 \qquad (8.33)$$

Kritikalıq tereńlik ózenniń kese kesimi formasına baylanıslı boladı. Tómende ózenniń kese kesimi formasınıń bir neshe túrin qarap shıǵamız:



8.9-súwret. Aǵımnıń uzınlıǵı boyınsha N_e shamasınıń ózgeriwi (E=const bolǵanda)

1. Ózenniń kese kesimi forması tuwrı tórtmúyeshli bolsa, onda (8.33) ke

(8.30) ti qoyıp,onı tereńlik *h* qa salıstırıp sheship kritikalıq tereńlikti tabamız

$$\frac{\partial\left(\frac{\alpha q^2}{h^2 2g} + h\right)}{dh} = 0 \qquad (8.34)$$

Yamasa $$\frac{\partial}{\partial h}\left(\frac{\alpha q^2}{2gh^2}\right) + \frac{\partial h}{\partial h} = 0 \qquad (8.35)$$

Bunnan $$\frac{\alpha q^2}{gh^2} - 1 = 0 \qquad (8.36)$$

Bul jerde $h = h_{kp}$ (8.36) teńlemeden

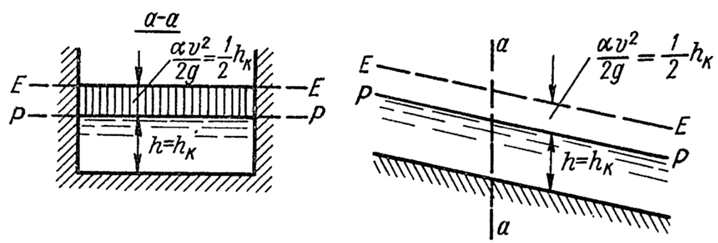
$$\frac{\alpha q^2}{gh_{kp}^3} = 1; \qquad h_{kp}^3 = \frac{\alpha q^2}{g} \qquad (8.37)$$

Bunı tómendegishe jazamız:

$$h_{kp} = \sqrt[3]{\frac{\alpha q^2}{g}} = \sqrt[3]{\frac{\alpha Q^2}{b^2 g}} \qquad (8.38)$$

(1.38) teńlemeni jáne basqasha kóriniste kóshirip jazıw múmkin

$$h_{kp} = \frac{\alpha q^2}{gh_{kp}^2} = \frac{\alpha V^2}{g} \qquad (8.39)$$



8.10-súwret. Kritikalıq tereńliktiń tezlik naporımenen baylanıs grafigi.

yaǵnıy $$\frac{1}{2}h_{kp}=\frac{\alpha V^2}{2g} \qquad (8.40)$$

(8.40) teńlemeni juwmaqlap aytqanımızda tuwrı tórtmúyeshli ózen ushın, kashan $h=h_{kp}$ bolǵan jaǵdayda tezlik naporınıń shaması h_v ózendegi suw tereńliginiń yarımına teń boladı eken, yaǵnıy napor sızıǵı *E-E* bul jaǵdayda kesimdegi suw qáddinen *h/2* biyiklikte jaylasqan boladı. (8.9-súwret)

2. Simmetrik úshmúyesh formadaǵı ózen ushın

$$h_{kp}=\sqrt[3]{\frac{2\alpha Q^2}{m^2 g}} \qquad (8.41)$$

3. Simmetrik trapeciya formasındaǵı hám basqa qálegen formadaǵı ózenler ushın. Bul jaǵdayda kritikalıq tereńlik iteraciya (izbe-iz jakınlasıw) usılında anıqlanadı. Bunıń ushın (8.29) hám (8.21) di názerde tutqan jaǵdayda (8.33) teńlemeni kóshirip jazamız:

$$\frac{\partial Э}{\partial h}=\frac{\partial\left(\frac{\alpha Q^2}{h^2 g 2}+h\right)}{\partial h}=\frac{\alpha Q^2}{2g}\cdot\frac{\partial}{\partial h}\left(\frac{1}{w^3}\right)+1=-2\frac{\alpha Q^2}{2g}\cdot\frac{1}{w^3}\cdot\frac{dw}{dh}+1=-\frac{\alpha Q^2}{g}\cdot\frac{B}{w^3}+1=0 \qquad (8.42)$$

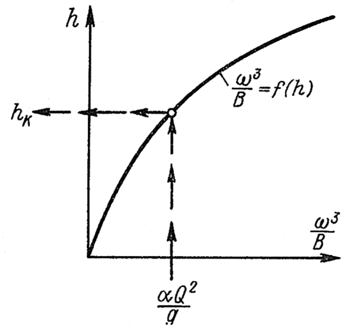
Yamasa $$\frac{\partial Э}{\partial h}=1-\frac{\alpha Q^2}{gw}\cdot\frac{B}{{}^3}=0 \qquad (8.43)$$

Bunda V hám *w* kritikalıq tereńlikke juwap beriwi talap etiledi, sonıń ushın olarǵa da «*kr* » indeksin qoyamız, ol jaǵdayda

$$\frac{w_{kp}^3}{B_{kp}}=\frac{\alpha Q^2}{g} \qquad (8.44)$$

Ózendegi aǵımnıń tereńligi tekte kritikalıq bolǵanda (8.44) teńlik shárti orınlanadı. Basqa jaǵdaylarda (8.44) teńlik shárti orınlanbaydı. (8.44) teńlemeniń joqarıda aytılǵan qásiyetinen paydalanıp kritikalıq tereńlik h_{kp} di anıqlaymız, bunıń ushın *h* qa qatar shamalardı berip baramız, $w^2/B=f(h)$ grafigin dúzemiz (8.9-súwret).

Keyin $\alpha Q^2/g$ niń shamasın esaplap, 8.11-súwrettegi grafikten h_{kp} diń shamasın anıqlaymız.



8.11-súwret. Kritikalıq tereńlikti anıqlaw grafigi.

Bunday usıl járdeminde ózenniń qálegen kese kesiminiń forması ushın h_{kp} anıqlawǵa boladı.

Aǵımnıń normal tereńligi. Ashıq ózenlerde tegis ilgerilenbe háreket bolǵanda, ózenniń kese kesimi berilgen suw sarpın Q ótkize alatuǵın tereńlikke aǵımnıń normal tereńligi dep ataladı. Bul tereńlik h_0 belgi menen belgilenedi. Aǵımnıń usı normal tereńligine tiyisli barlıq gidravlikalıq elementleri «0» indeks penen belgilenedi. Málim bolǵanınday ashıq ózenlerde suwdıń tereńligi normal tereńlikke teń bolsa $h=h_0$, ol jaǵdayda w_0, χ_0, R_0, Q, V_0 hám i_0 lerdi esaplawǵa tegis ilgerilenbe hárekettiń formulalarınan paydalanıladı, mısalı

$$Q=w_0 C_0\sqrt{i_0 R_0}=K_0\sqrt{i_0} \qquad (8.45)$$

bul jerde K_0 – tegis ilgerilenbe hárekettiń (normal tereńligine tiyisli) suw sarpı moduli. Aǵımnıń tegis ilgerilenbe háreketińiń normal tereńligi iteraciya (izbe-iz jakınlasıw) usılında anıqlanadı.

Keyinirek normal tereńlik h_0 hám kritikalıq tereńlik h_{kp} túsiniklerinen keń paydalanamız. Bunıń ushın jáne taza túsiniklerdi qabıl etemiz. Mısalı, K-K tuwrı sızıq, bul sızıq ózenniń ultanı sızıǵına parallel bolıp, onnan kritikalıq tereńlik h_{kp} aralıqtaǵı biyiklikte jaylasqan bolıp, ol kritikalıq tereńlik sızıǵı delinedi.

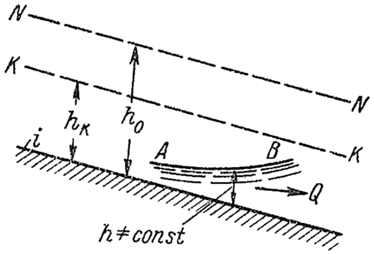
N-N tuwrı sızıǵı bolsa ózen ultanınıń sızıǵına parallel bolıp, onnan tómende h_0 normal tereńligi jaylasqan boladı hám ol normal tereńliktiń sızıǵı deyiledi. (8.12-súwret).

Ózen ultanınıń kritikalıq qıyalıǵı. Ashıq ózenlerde aǵımnıń normal tereńligi h_0 kritikalıq tereńlikke h_{kp} teń bolǵan jaǵdaylarda payda bolǵan qıyalıq kritikalıq qıyalıq dep ataladı. Solay etip, kritikalıq qıyalıq ushın suwdıń tereńligi $h_0=h_{kp}$ bolıp, onda tegis ilgerilenbe háreket boladı, bul jaǵdayda suw sarpın anıqlaw formulası tómendegishe boladı hám barlıq gidravlikalıq elementlerge «kr» indeksi qoyıladı

$$Q = w_{kp} C_{kp} \sqrt{i_{kp} R_{kp}} \qquad (8.46)$$

Bunı (8.44) teńlemege qoysaq,

$$i_{kp} = \frac{g}{\alpha C_{kp}^2} \cdot \frac{w_{kp}}{B_{kp} R_{kp}} \qquad (8.47)$$



8.12-súwret. Normal (N-N) hám kritikalıq (K-K) tereńlik sızıqları.

bul jerde $R_{kp} = \dfrac{w_{kp}}{\chi_{kp}}$ di (8.47) ge qoysaq

$$i_{kp} = \frac{g}{\alpha C_{kp}^2} \cdot \frac{\chi_{kp}}{B_{kp}} \qquad (8.48)$$

bul jerdegi S_{kr}, χ_{kr}, V_{kr} – kritikalıq tereńlikke tiyisli ağımnıń gidravlikalıq elementleri.

Júdá keń bolǵan ózenler ushın $\chi = B$, (8.49) sonlıqtan bunday ózenler ushın (8.48) formula tómendegishe jazıladı:

$$i_{kp} = \frac{g}{\alpha C_{kp}^2} \qquad (8.50)$$

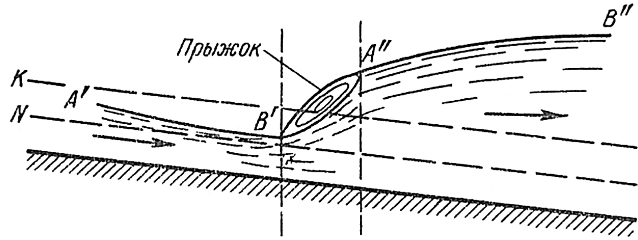
Berilgen ózen ushın haqıyqıy qıyalıq i boladı, biraq ulıwma jaǵdayda oǵan teń emes taǵıda kritikalıq qıyalıq bar ekenligin biliuimiz talap etiledi.

8.4. Ashıq ózenlerde suyıqlıq aǵımnıń erkin, uyurtpa (burnıy) hám kritikalıq halatları.

Ashıq ózenlerde naporsız suyıqlıq aǵımı úsh túrli halatqa ajıraladı:

1. $h > h_{kp}$ bolǵanda, suyıqlıq háreketi erkin halatta boladı.
2. $h < h_{kp}$ bolǵanda, suyıqlıq háreketi uyurtpa halatta boladı.
3. $h = h_{kp}$ bolǵanda bolsa, suyıqlıq háreketi kritikalıq halatta boladı.

8.8-súwrette keltirilgen grafiktegi Э = f(h) iymek sızıqtıń joqarıdaǵı I bólegi erkin háreketke juwap beredi, onı tómendegishe kóriniste jazıw múmkin



8.13-súwret. Aǵımnıń gidravlikalıq sekiriw sxeması.

$$\frac{dЭ}{dh} > 0 \qquad (8.51)$$

hám ol (8.51) teńlemede kórsetilgen shárt penen xarakterlenedi, yaǵnıy suwdıń tereńligi kóbeyiwi menen kesimniń salıstırma energiyası E ósip baradı. 8.8- súwrette keltirilgen grafiktegi Э = f(h) iymek sızıqtıń tómengi II bólegi uyurtpa (burnıy) háreketke juwap beredi hám ol tómendegi kóriniste jazıladı:

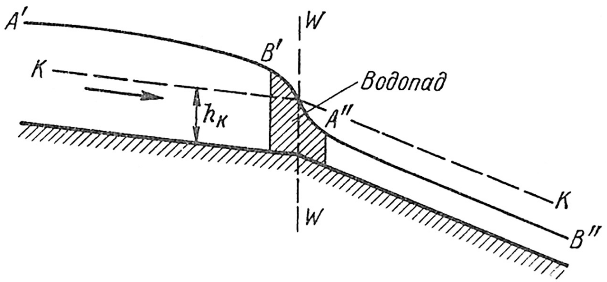
$$\frac{dЭ}{dh} < 0$$

Sonıńmenen birge (8.52) teńlemede kórsetilgen shárt penen xarakterlenedi, yamasa suwdıń tereńligi h kóbeyiwi menen E niń muǵdarı kemeyip baradı. Tájiriybeler natiyjeleri tómendegilerdi kórsetedi:

1. Uyurtpa aǵım A′ B′ dan erkin aǵım A″ B″ǵa ótiw tekte gidravlikalıq sekiriw járdeminde orınlanadı (8.13-súwret).
2. Aǵımnıń A′ B′ erkin háreketinen A″ B″ uyurtpa háreketke ótiw tekte vodopad járdeminde orınlanadı (8.14-súwret).

8.5. Suyıqlıq aǵımınıń tegis emes ilgerilenbe háreketiniń differencial teńlemesin B.A.Baxmetev usılında integrallaw.

<u>Ózen ultanınıń qıyalıǵı $i>0$ bolǵan jaǵday (tuwrı qıyalıqlı ózen)</u>. Tegis emes ilgerilenbe hárekettiń differencial teńlemesin tómendegi kóriniste jazamız:



8.14-súwret. Vodopad.

$$\frac{dh}{dS}=\frac{\kappa^2-1}{\kappa^2-j}j \tag{8.53}$$

(8.53) teńlemeni integrallaw ushın B.A.Baxmetevtıń suw sarpı modullar salıstırmalı teńlemesi

$$\left(\frac{\kappa}{\kappa_0}\right)^2=\left(\frac{h}{h_0}\right)^x \tag{8.54}$$

tómendegishe kóshirip jazamız

$$\kappa^2=\eta^x \tag{8.55}$$

bunda $\eta-$salıstırma tereńlik. (8.55) teńlemeni (8.53) teńlemege qoysaq

$$h_0=\frac{d\eta}{dS}=\frac{\eta^x-1}{\eta^x-j}j \tag{8.56}$$

bunda
$$h_0 d\eta=dh \tag{8.57}$$

(8.56) shı teńlemeni tómendegishe kóshirip jazamız:

$$\frac{i}{h_0}dS=\frac{\eta^x-j}{\eta^x-1}d\eta=\left(1-1+\frac{\eta^x-j}{\eta^x-1}\right)d\eta, \tag{8.58}$$

bunnan tómendegine alamız

$$\frac{i}{h_0}dS=d\eta-\frac{1-j}{1-\eta^x}d\eta \tag{8.59}$$

8.15-súwrette ağımnıń uzınlığı boyınsha kesimi keltirilgen, bunda AV izlenip atırğan erkin iymek suw qáddi sızığı.

Belgili bolğanınday, tegis emes ilgerilenbe hárekettiń differencial teńlemesi ağımnıń qálegen elementar uzınlığı dS ushın dúzilgen edi. 8.15-súwrette ağımnıń 1-1 hám 2-2 kese-kesimlerin belgileymiz, olardıń aralığı l bolsın, 1-1 kesim 2-2 kesimnen suyıqlıq ağımınıń bağdarı boyınsha AB sızığı joqarıda jaylasqan. Bunnan keyin 1-1 kesimge tiyisli gidravlikalıq elementlerdi «1» indeksi menen hám 2-2 kesimge tiyisli gidravlikalıq elementlerdi «2» indeks penen belgileymiz.

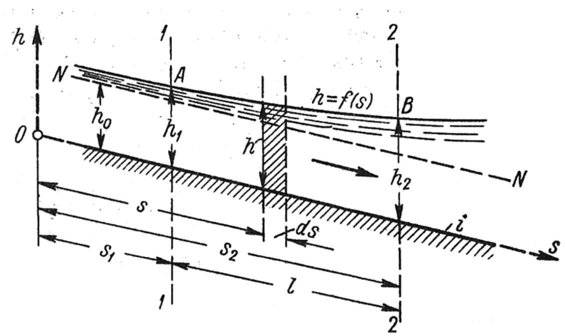
Endi (8.59) teńlemeni 8.15-súwrette kórsetilgenindey 1-1 kesimnen 2-2 kesimge shekem integrallaymız:

$$\frac{i}{h_0}(S_2-S_1)=\eta_2-\eta_1-\int_{\eta_1}^{\eta_2}\frac{1-j}{1-\eta^x}d\eta, \tag{8.60}$$

bul jerde
$$\eta_1=\frac{h_1}{h_0} \text{ hám } \eta_2=\frac{h_2}{h_0} \tag{8.61}$$

Esaplawlarğa qarağanda j suwdıń tereńligi h tıń ózgeriwi menen júdá az ózgeredi eken, sonı názerde tutqan jağdayda *(1-j)* di integraldan sırtqa shığarıwımız múmkin, bul jerde j qandayda ortasha shamağa iye dep qabıl etip, bunnan keyin j di $\bar{j}$ dep belgileymiz. Qosımsha belgi

$$S_1-S_2=l \tag{8.62}$$



8.15-súwret. B.A.Baxmetov (8.59) teńlemeni integrallaw sxeması.

(8.62) teńlemeni názerde tutqan halda (8.60) teńleme ornına tómendegini jazamız

$$\frac{il}{h_0} = \eta_2 - \eta_1 - (1-\overline{j})\int_{\eta_1}^{\eta_2} \frac{d\eta}{1-\eta^x}, \tag{8.63}$$

Qaralıp atırǵan ózen ushın x tı ózgermes dep, yamasa

$$x = const \tag{8.64}$$

dep qabıl etip (8.63) teńlemedegi integral astındaǵı baylanıstı tekte η funkciyası dep, integraldıń ózin tómendegishe jazamız

$$\int \frac{d\eta}{1-\eta^x} = \varphi(\eta) + C, \tag{8.65}$$

bul jerde S – integrallawdıń qálegen ózgermes sanı.

(8.65) teńlemeden paydalanıp (8.63) teńlemeni tómendegishe jazıw múmkin:

$$\frac{il}{h_0} = \eta_2 - \eta_1 - (1-\overline{j})\left[\varphi(\eta_2) - \varphi(\eta_1)\right]_{i>0} \tag{8.66}$$

(8.66) teńleme aǵımnıń AV EISQS nıń teńlemesi, ol aǵımnıń tegis emes ilgerilenbe háreketiniń teńlemesi dep ataladı yamasa B.A.Baxmetev teńlemesi delinedi.

(8.66) teńlemeni paydalanıp tómendegi ámeliy máselelerdi sheshiw múmkin:

a) ózenniń uzınlıǵı boyınsha aralıǵı l bolǵan 1-1 hám 2-2 kesimler belgilengen. Usı kesimlerde aǵımnıń tereńlikleri h_1 hám h_2. Tereńlik h_1 berilgen h_2 ni anıqlaw kerek;

b) aǵımnıń eki tereńligi h_1 hám h_2 berilgen. Eki kesim aralıǵı l anıqlansın.

v) belgilengen aǵımnıń kese kesiminde suwdıń tereńligi h_1 (yamasa h_2) berilgen, AV EISQS nı qurıw kerek.

8.6. Suyıqlıq aǵımınıń tegis emes ilgerilenbe háreketin ámeliy esaplaw úlgisi.

8.1-másele. Dáryada gidrouzel soorujeniesin qurıw joybarlanǵan. Buǵan betonnan hám grunttan qurılǵan plotina kiredi. Dáryaǵa qurılǵan usı plotina tásirinde joqarı befte suw kóteriledi. Suwdıń kóteriliwi nátiyjesinde qurǵaq jerler suwǵa kómiledi. Usı qurǵaqlar dáryanıń hár túrli jerlerinde qanday dárejede kómilgenin biliw ushın AV EISQS ǵın qurıw kerek. Bunnan basqa AV EISQS nıń dáryadaǵı (joqarı beftegi) uzınlıǵı boyınsha aǵımnıń tereńligin biliw kerek. Dáryanıń ózeni mayda qum bólekshelerinen quralǵan hám ol shamalap trapeceidal formasında bolıp, ultanınıń qıyalıǵı $i=0,00020$; ózen ultanınıń keńligi V=200m, AV EISQS aqırındaǵı suwdıń tereńligi $h_f=95m$. Dáryadaǵı suwdıń sarpı $Q=2000m^3/s$.

Sheshimi: 1. Máseleni sheshiw ushın berilgen maǵlıwmatnamadan paydalanıń: a) ózenniń gedir-budırlıǵın belgilewshi koefficientin anıqlaymız, ol mayda qum ushın $n=0,0275$; b) ózen qaptal diywalınıń qıyalıq koefficienti $m=3,0$ lerdi tabamız.

2. Kerekli suw sarpı moduli K nı anıqlaymız

$$K_K = \frac{Q}{\sqrt{i}} = \frac{2000}{\sqrt{0,0002}} = 141421,40\ m^3/s$$

3. Suwdıń bir neshe tereńlikleri h tı qabıl etemiz hám usınıń tiykarında normal tereńlik h_0 di anıqlaymız. Másele interaciya usılında sheshiledi.

4. Hár bir qabıl etilgen h tereńlikler ushın aǵımnıń tiyisli gidravlikalıq elementlerin v, ω, C, x, R hám basqalardı esaplaymız. Aqırında suw sarpı moduli K ni tómendegi formula járdeminde esaplaymız

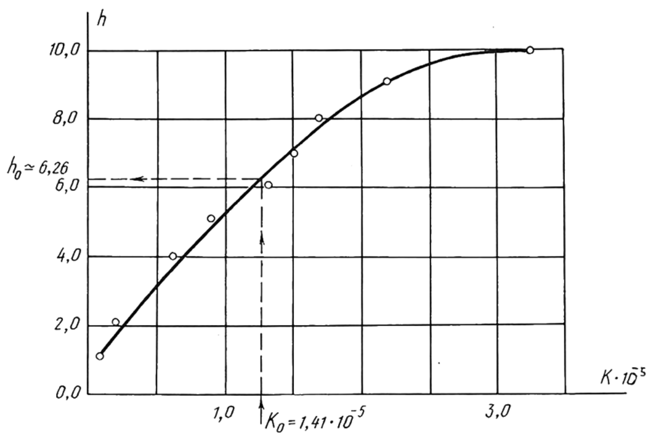
$$K = \omega C\sqrt{R}$$

hám onı tabılǵan K_K shaması menen salıstıramız. Eger $K=K_K$ bolsa, máseleniń sheshimi tabılǵan boladı. Ol jaǵdayda $h=h_0$ boladı. Esaplawdıń keste túrinde alıp baramız (8.2-kestege qarań).

Tártip sanı	*h, m*	*v, m*	*ω, m2*	*x, m*	*R, m*	*S, m0,5/s*	$K=\omega C\sqrt{R}$, m³/s	$K_K=\frac{Q}{\sqrt{i}}$ m³/s
1	1,0	162,5	165,2	162,82	0,98	36,200	5933,13	
2	2,0	162,5	337,0	175,15	1,924	41,870	19574,06	
3	3,0	162,5	514,5	181,47	2,835	45,520	39437,03	
4	4,0	162,5	698,0	187,79	3,717	48,259	64941,30	
5	5,0	162,5	887,5	194,12	4,572	50,462	95760,10	
6	6,0	162,5	1083,6	200,45	5,404	52,313	131689,23	141421,40
7	6,5	162,5	1183,0	203,60	5,810	53,138	151526,66	
8	7,0	162,5	1284,5	206,77	6,212	53,210	172595,90	
9	8,0	162,5	1492,0	213,09	7,001	53,319	218393,43	
10	10,0	162,5	1925,0	225,74	8,527	57,720	324465,65	

Belgili bolǵanınday esaplawlarda barlıq waqıtta $K=K_K$ bola bermeydi, bunıń ushın 8.2-kestege tiykarlanıp $K=f(h)$ grafigin dúzemiz (8.16-súwret).

Bul grafikke $K_K=141421,40$ shamasın qoyıp $K=f(h)$ iymek sızıǵı menen kesisken jerinen ordinata kósherine gorizontal ótkerip kerekli bolǵan h_0 di anıqlaymız, $h_0=6.26m$.



8.16-súwret. *K=f(h)* baylanıs grafigi.

1. Usı aǵımnıń normal tereńligin anıqlaǵannan keyin $h_0=6.26m$ oǵan tiyisli gidravlikalıq elementlerdi esaplaymız:

$$w_0=(b+mh_0)=(16,5+3\cdot 6,26)6,26=1132,7\,m^2$$

$$\chi_0=b+2h_0\sqrt{1+m^2}=162,5+2\cdot 6,25\sqrt{1+3^2}=202,0\,m^2$$

$$R_0=\frac{w_0}{\chi_0}=\frac{1132,7}{202,0}=5,606\,m$$

$$C_0=\frac{1}{n}R_0^{1,3\sqrt{n}}=\frac{1}{0,00275}5,606^{1,3\sqrt{0,00275}}=52,73\,m^{0,5}/s$$

$$v_0=C_0\sqrt{R_0 i}=52,73\sqrt{0,0002\cdot 5,606}=1,766\,m/s$$

$$Q=w_0\cdot v_0=1132,7\cdot 1,766=2000,0\,m^3/s.$$

Demek, máseleniń sheshimi durıs, sebebi berilgen maǵlıwmatlar boyınsha anıqlanılǵan gidravlikalıq elementler boyınsha esaplanılǵan suw sarpı Q, dáryanıń berilgen suw sarpına teń bolıp shıqtı.

Tákirarlaw ushın sorawlar

1. Ashıq ózenlerdegi qáliplesken tegis emes ilgerlenbe háreket qanday túsindiriledi?
2. Tegis emes ilgerlenbe hárekettiń tiykarǵı teńlemesiniń quramı nelerden turadı?
3. Differencial teńlemesiniń ekinshi kórinisi qanday?
4. Kesimniń salıstırma energiyası mánisin túsindirip beriń hám onıń tereńlikke baylanıslı grafigin sızıp kórsetiń?
5. Kritikalıq tereńlik hám kritikalıq qıyalıq túsinikleri hám esaplaw usılları qanday?
6. Aǵımnıń erkin uyurtpa (burnıy) halatların túsindirip beriń?
7. Aǵımnıń erkin beti sızıqlarınıń qanday formaları bar?
8. B.A.Baxmetev teńlemesi qanday jazıladı?
9. V.I.CHirnomskiy teńlemesi qanday jazıladı?
10. Aǵımnıń tegis emes ilgerlenbe háreketin esaplaw usılları qanday?
11. $i‹i_{kr}$ hám $i›i_{kr}$ jaǵdayında aǵımnıń erkin betiniń iymek sızıǵı formulaların payda etiwshi gidrotexnikalıq soorujenieler mısalında kórsetip beriń?

Toǵızınshi bap. GIDRAVLIKALIQ PROCESSLERDIŃ (QUBILISLARDIŃ) FIZIKALIQ MODELLESTIRIW TEORIYASI TIYKARLARI.

Tiykarǵı tusinikler. Kandayda bir gidrotexnikalıq hám basqa qurılmalardı qurıwdı baslawdan aldın injenerler onı joybarlaw dáwirinde barlıq gidravlik processler hám jaǵdaylardı jaqsı uyrenip shıǵıwları kerek, sebebi qurılmanı kurıw hám isletiwde usı gidravlik processlerge dus keliwleri mumkin. Sonıń ushında bul processlerdi hám sapa hám san jaǵınan tolıq bahalaw kerek. Máselen, gidrouzeldi joybarlaw dáwirinde temendegilerdi esapqa alıw kerek: Aǵımnıń gidravlik elementleriniń kalay ózgeriwin, sonday aq, suwdıń tereńligi, tezliklerin hám basımlardıń aǵımnıń kese-kesimi maydanı boyınsha bólistiriliwin, ózenniń keńligin h.t.b; Gidrouzeldiń joqarı befinde, máselen, qıya sızıqlı kóterilme qanday formada boladı; ózen ultanınıń ulıwma hám jergilikli juwılıwı kanday boladı; joqarı befte qansha orındı suw basadı; qurılma astıńan ótip atırǵan jer astı suwı háreketi kanday boladı hám t.b. Ámeliyatta sonday jaǵdaylarda boladı, bazı bir gidravlikalıq processlerdi differencial teńlemeler menen jazıp shıǵıw judá qıyın yamasa ulıwma mumkin emes. Máselen, ulıwma jaǵdayda suyıqlıqtıń turbulent háreketin, ózendegi shógindilerdiń (qum, taslardıń) háreketi, olardıń qurılmalarǵa tásiri x.t.b. Sonlıqtanda gidravlikalıq processlerdi matematik modellestiriw, ásirese, suyıklıqlardıń turbulent háreketin hámde olardaǵı qum-taslar háreketin názerde tutsak, bular gidromexanika páninde ilimiy izleniwlerdiń tiykarı esaplanadı.

Tilekke qarsı kópshilik modellestiriwde kóbinese qoyılǵan máseleniń sheshimin alıw (eń qudiretli EEM járdeminde de), esaplaw dáwirinde birqansha qıyınshılıqlarǵa dus kelip atırǵanlıǵı ushın, mumkin bolmay atırıptı. Bunday jaǵdaylarda gidravlikalıq hádiyselerdi tájiriybe usılında fizikalıq modellestiriw járdeminde laboratoriyada sheshedi.

9.1. Gidravlikaliq processlerdiń (qubılıslardıń) fizikalıq modellestiriw usilları

Ámeliyatta hár qıylı modellestiriw usılları bar. Usılardan tek ǵana gidravlikaga tiyisli bolǵanların qarap shıǵamız.

Fizikalıq modellestiriw turleri. Fizikalıq modellestiriwde tiykarınan geometrik, kinematik hám dinamik parametrler uyreniledi. Bunday processler katarına suyıqlıq aǵımı (yaki onıń kandayda bir bólegi) qattı diywal menen baylanısqan haldaǵı (truba ashıq ózenniń juwılatuǵın túbi hám t.b.) hám ondaǵı qoqımlardıń háreketi hám basqalar kiredi. Eger modelde tiykarǵısına uqsas fizikalıq bir qıylı dene (suyıqlıq hám qum taslar) qollanılsa, ol jaǵdayda bunı fizikalıq modellestiriw dep ataymız. Máselen, tiykarınan suwdıń háreketin názerde tutsaq, modelde de usı suw qollanılıwı lazım. Eger modellestiriwde, modelde tiykarǵısına qaraǵanda basqa dene (material) ler qollanılsa, bunday modellestiriwdi analog usılda modellestiriw dep ataymız. Máselen, tiykarınan jer astıńdaǵı suwdıń háreketi (qurılmanıń astınan ótip turǵan suwdıń háreketi-filtraciya) ni modelde elektr aǵımı menen almastırıladı. Elektr aǵımınıń háreketi Laplas teńlemesi járdeminde orınlanadı). Gruntlar bolsa elektr aǵımın ótkizgish materiallar menen almastırıladı. Sonıń ushın tiykarınan jer astı suwınıń háreketin uyreniwdi modelde elektr togin ótkiziwsheń materiallardan paydalanıp, onda elektr aǵımınıń usınday muǵdarların, máselen tezlik potencialı, aǵım funkciyası hám basqalardı ańsat ǵana ólshew mumkin, olardı tiykarında ólshewdiń ilaji joq. Eger modellestiriw teoriyası jaqsı isenimli islep shıǵılǵan bolsa, ol jaǵdayda, matematikalıq model járdeminde hám tiyisli teńlemelerdiń baslanǵısh hám shegaralıq shártlerin názerde tutkan halda hesh kanday qıyınshılıqsız kóp ǵárejet hám waqıt sarp etpesten máseleni uyreniw hám sheshimin alıw mumkin. Bunday máseleler EEM járdeminde sheshiledi. Aqırǵı waqıtları gidravlikaǵa tiyisli kóplep máselelerdi sheshiwde, máselen, suyıqlıq aǵımınıń tegis ilgerilenbe háreketi hám tegis emes ilgerileme háreketlerin, suw ótkizgish gidrotexnik qurılmalardı gidravlik esaplawda, sheshimlerdiń qolay sheshimin tabıwda, úlken-úlken tablicalar duziwde hámde qatar uqsas esaplardı orınlawda EEM úlken áhmiyetke iye. Avtomatik joybarlaw dizimnde esaplaw mashinalarınıń ayrıqsha ornı bar.

9.2 Gidravlikada uqsaslıq teoriyasınıń tiykarǵı tusinikleri

Gidravlik processlerdi (jaǵdaylardı) modellestiriw tiykarınan eki qıylı: matematikalıq hám fizikalıq modellestiriwler. Matematikalıq modellestiriw usılına joqarıda qısqasha tusinik berip ótildi. Gidravlikada tiykarınan fizikalıq modellestiriw kóbirek qollanılǵanı ushın tómende biz usı usıl ústinde kóbirek toqtalıp ótemiz.

Fizikalıq modellestiriw usılı

Bunday modellestiriwde uyrenilip atırǵan gidravlik processler tiykarında óziniń masshtabı menen parıqlanatuǵın modelde mexanikanıń ulıwma uqsaslıq teoriyasına tiykarlanıp orınlanadı. Gidravlik processler olarda barlıq geometrik elementlerdiń ólshemleri (uzınlıqları), tıǵızlıqları hám suyıqlıqtıń dinamikası (suyıqlıq bólekshelerine tásir etetuǵın kúshler) bir qıylı teńlikte, bir qıylı tochkada, bir qıylı jóneliste tásir etip turǵan halatta bolǵanda mexanikalıq uqsas boladı. *Bul halatta bunday model gidrotexnik hám basqa qurılmalardı, olarda háreket qılıp turǵan suyıqlıqlar menen birge kishireytiriwshi model dep ataladı.* Aǵımnıń tolıq gidrodinamik uqsaslıǵın payda etiw, ushın olarda geometrik, kinematik hám dinamik uqsaslıqlar orınlanǵan bolıwı shárt.á

Geometriyalıq uqsaslıq. Eki suyıqlıq aǵımı geometrik uqsas bolıwı ushın olardıń óz ara uzınlıq ólshem muǵdarları arasında tómendegi ózgermeytuǵın teńlik bar bolıwı shárt.

$$\frac{l_a}{l_M} = \alpha_l = const \qquad (9.1)$$

bul jerde α_l - uzınlıq masshtabı, bul modeldiń uzınlıq ólshemi l_M diń tiykarǵı uzınlıq ólshemi l_a ǵa salıstırǵanda neshe márte kishireytilgenin kórsetedi. Bul geometrik uqsaslıq modelde ózenniń barlıq uzınlıq ólshemleri (h-suwdıń tereńligi; b-ózen túbiniń keńligi; l-onıń uzınlıǵı hám basqalar), $\frac{h_a}{h_M} = \alpha_h = \alpha_l$;

hám usı katarda ózen túbi gedir-budırlıǵınıń geometrik bálentlikleri, (Δ – *gedir-budırlıklardıń balentlikleri,* olardıń ortasha ólshemleri,

$\frac{\Delta_a}{\Delta_M} = \alpha_\Delta = \alpha_l$, ózen túbinde tas-qumlardıń háreketi paytıńda xasıl bolatuǵın qum tolqınlarınıń bálentlikleri yamasa mikro hám makroformalardıń bálentlikleri hám olardıń uzınlıqları) hám tiykarǵı gedir-budırlıqlarǵa qaraǵanda α_l márte kishireytiw kerek boladı.

$$\frac{\Delta_a}{\Delta_M} = \alpha_\Delta = \alpha_l \qquad (9.2)$$

Bunnan kelip shıǵadı, geometrikalıq uqsaslıq orınlansa, ózenlerdegi suyıqlıq aǵımlarında salıstırmalı gedir-budırlıqlar $\frac{\Delta}{h}$ ózgermes bolıp qaladı, yaǵnıy bul qatnas tiykarında qanday bolǵan bolsa (geometrik uqsaslıq saqlanǵan halda), modelde de tap usınday bolıwı shárt. Bunday halat gidrodinamikada tómendegishe sáwlelendiriledi.

$$\frac{\Delta}{h} = idem \qquad (9.3)$$

Aǵım kese-kesimi qatnasındaǵı maydanınıń hám V suw kóleminiń qatnası da sonday ózgermes bolıwı kerek:

$$\frac{\omega_a}{\omega_M} = \alpha_\omega = \alpha_l^2 \qquad (9.4)$$

Kinematikalıq uqsaslıq. Tábiyiy halattaǵı aǵımda hám modeldegi aǵımda tezlik hám tezleniw maydanları uqsas hám usı aǵımlardaǵı (tiykarǵı hám model) bir qıylı tochkalarda tezlikler u hám tezleniwler *a* tiyisli waqıtta bir qıylı qatnasta bolsa, ol jaǵdayda eki suyıqlıq aǵımı kinematik uqsas boladı.

$$\frac{u_a}{u_M} = \frac{\frac{l_a}{t_a}}{\frac{l_M}{t_M}} = \frac{l_a}{l_M}; \qquad \frac{t_M}{t_a} = \frac{\frac{l_a}{l_M}}{\frac{t_a}{t_M}} = \frac{\alpha_l}{\alpha_t} = \alpha_u \qquad (9.6)$$

$$\frac{a_a}{a_M} = \frac{a_l}{a_t^2} = a_a \qquad (9.7)$$

Sonıń menen bir qatarda olar ulıwma kólem boyınsha ózgermes boladı:

a_i - *const* (ulıwma suyıqlıqtıń kólemi boyınsha)

a_a - *const* (ulıwma suyıqlıqtıń kólemi boyınsha)

Kinematik uqsaslıq tek ǵana geometrik uqsaslıq bar bolǵan halda orınlanadı

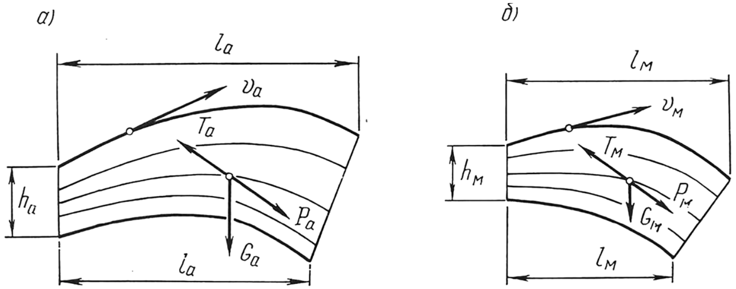
$$\left(\frac{t_a}{t_M} = \alpha_l = const - waqıt\ masshtabı \right)$$

Dinamikalıq uqsaslık. I.Nyutonnıń uqsaslıq nızamı. Modelde hám tiykarında suyıqlıq aǵımınıń uqsas tochkalarında suyıqlıq bólekshelerine tásir etiwshi kúshler bir qıylı hám usı qoyılǵan kúshlerdiń vektorları geometrik uqsas kóp muyeshliklerdi qurasa, bunday kúshler dinamik uqsas kúshler dep ataladı.

9.1-suwrette korsetilgenindey, suyıqlıq aǵımınıń ıqtıyarlı bólekshesine ulıwma tómendegi kúshler tasir etedi.

1. Awırlıq kúshi, ol suyıqlıqtıń ρ tıǵızlıǵı, g erkin túsiw tezleniwi hám V suyıqlıqtıń kólemine tuwrı proporcional (yaki bólekshenıń uzınlıq ólsheminiń uchinshi dárejesi l^3 ǵa teń).

$$G = M_g = \rho g V \sim \rho g l^3 \qquad (9.9)$$



9.1-suwret. Suyıqlıq aǵımınıń qálegen bólekshesine tásir etiwshi kúshlerdi anıqlaw sxeması.

2. Basım kúshi, ol gidrodinamik basım r bolıp, tásir etip turǵan ω maydanǵa (yaki bólekshelerdiń uzınlıq ólsheminiń ekinshi dárejesi l^2 qa) tuwrı proporcional.

$$P = p\omega \sim pl^2 \qquad (9.10)$$

3. Suykeliw kúshi, ol suyıqlıq bólekshesiniń dinamik jabısqaqlıq koefficienti μ ǵa suyıqlıq bólekshelerı tezliklerine u (uzınlıq ólsheminiń birinshi dárejesi l ge) tuwrı proporcional.

$$T = \mu \frac{d_u}{d_h} \omega \sim \mu u l \qquad (9.11)$$

(9.9), (9.10), (9.11) teńlemelerde keltirilgen kúshlerdiń teń tásir etiwshisi F I.Nyutonnıń II nızamı tiykarında, massa M niń tezleniw *a* ǵa kóbeymesine teń.

$$\left|\vec{F}\right| = \left|\vec{G}\right| + \left|\vec{P}\right| + \left|\vec{T}\right| = Ma = \rho V a \sim \rho l^3 \frac{u^2}{l} = \rho l^2 u^2 \qquad (9.12)$$

Bul teń tásir etiwshi kúsh shama kóz qarasınan qaraǵanda inerciya kúshine teń.

$$\left|\vec{F}\right| = \left|\vec{I}\right| \sim \rho l^2 u^2 \qquad (9.13)$$

Uqsaslıq teoriyasına tiykarlanıp barlıq túrdegi qos kúshlerdiń qatnasları negizindegi, yaǵnıy tábiyiy jaǵdaydaǵı (9.1. a-suwret) hám modeldegi (9.1 b-suwret) suyıqlıq aǵımları ushın bir qıylı, yaǵnıy

$$\frac{G_a}{G_M} = \frac{G_a}{G_M} = \frac{G_a}{G_M} = \frac{G_a}{G_M} = \frac{G_a}{G_M} = \alpha_F = const \qquad (9.14)$$

bul jerde α_F – kúshlerdiń masshtab kóbeytpesi, yaǵnıy bul negizindegi tábiyiy aǵımdaǵı ıqtıyarlı bir tochkaǵa qoyılǵan kúshtiń modeldegi tiyisli tochkaǵa qoyılǵan kúsh mugdarınan neshe márte úlken ekenligin kórsetedi. α_l, α_u, α_F muǵdarlar masshtab kóbeytpeleri dep ataladı. Bul masshtab kóbeytpelerin uqsas aǵım ushın tańlaw ıqtıyarıy emes, sebebi olar arasında málim bir baylanıs bar.

$$F = \rho Va \qquad (9.15)$$

(9.15) teńlemege tiykarında negyzinde tábiyiy halatta hám modelde eki uqsas suyıqlıq ağımınıń bólekshelerine qoyılğan kúshlerdiń teń tásir etiwshisi

$$\left.\begin{aligned} F_a &= \rho_a V_a a_a \\ F_M &= \rho_M V_M a_M \end{aligned}\right\} \qquad (9.16)$$

Eger olardıń qatnasın masshtabın kóbeytiw arqalı belgilesek, ol jağdayda

$$\frac{F_a}{F_M} = \frac{\rho_a V_a a_a}{\rho_M V_M a_M} = \alpha_F = \alpha_\rho \alpha_l^3 \alpha_a \qquad (9.17)$$

bunda α_ρ - suw tığızlığınıń masshtab kóbeymesi. Bul jerde (9.7.) teńlemeden

$$\alpha_a = \frac{a_u^2}{a_l} \qquad (9.18)$$

(9.18) teńlemeni (9.17) teńlemege qoysaq

$$\alpha_F = \alpha_\rho \alpha_l^2 \alpha_u^2 \qquad (9.19)$$

yaki

$$\frac{\alpha_F}{\alpha_\rho \alpha_l^2 \alpha_u^2} = 2{,}0 \qquad (9.20)$$

(9.19) hám (9.20) teńlemeler masshtab kóbeymeleri arqalı kórsetip berilgen I.Nyutonnıń uqsaslık nızamı dep ataladı. Masshtab kóbeymeleri ornına olardıń muğdarların qoyıp shıqsaq, ol jağdayda

$$\frac{F_a}{\rho_a l_a^2 u_a^2} = \frac{F_M}{\rho_M l_M^2 u_M^2} \qquad (9.21)$$

yaki

$$Ne_a = Ne_M \qquad (9.22)$$

bunnan kelip shığadı

$$Ne = idem \qquad (9.23)$$

bul jerde

$$Ne = \frac{F}{\rho l^2 u^2} \quad \text{I.Nyuton kriteriyası} \qquad (9.24)$$

I.Nyuton kriteriyasın basqasha kóriniste de jazıw mumkin, bunıń ushın (9.24) teńlemeniń alımın hám bólimin l ge kóbeytsek, ol jağdayda ($M = \rho l^3$ ti názerde tutqan halda)

$$Ne = \frac{Fl}{Mu^2} = idem \qquad (9.25)$$

Bul jağdayda I.Nyutonnıń uqsaslıq nızamı fizikalıq muğdarlarda tómendegishe jazıladı.

$$\frac{F_a l_a}{M_a u_a^2} = \frac{F_M l_M}{M_M u_M^2} \qquad (9.26)$$

Suyıqlıq ağımınıń gidrodinamik uqsaslığı tiykarınan I.Nyuton kriteriyasın, modelde hám negizindegi teńligin táminlew arqalı orınlanadı, yağnıy

$$Ne_a = Ne_M \qquad (9.27)$$

9.3. Dinamikalıq uqsaslıq kriteriyası

Gidravlikalıq process hám xádiyselerdi modellestiriwde gidrodinamikalıq uqsaslıq shárti, bul negizinde hám modelde barlıq kúshler qatnaslarınıń teńligi boladı. I.Nyutonnıń tiykarğı kriteriyası (9.25) nan tábiyattıń hár qıylı fizikalıq kúshleri ushın jeke uqsaslıq kriteriyaların alıw mumkin. Tómende ámeliyatta tez-tez ushırap turatuğın máselelerde tiykarınan tásir etiwshi kúshler ushın uqsaslıq kriteriyasın keltiremiz.

1. V.Frudtıc uqsaslıq kriteriyası. Bul kriteriya qaralıp atırğan suyıqlıq háreketi waqtında ondağı gidravlikalıq processlerde awırlıq kúshi basqa kúshlerge salıstırǵanda ústem bolǵan halda qollanıladı. Onıń ushın (9.14) teńlemeden kelip shıǵatuǵın shártke tiykarlanıp

$$\frac{G_a}{G_M} = \frac{I_a}{I_M}$$

yaki

$$\frac{I_a}{G_a} = \frac{I_M}{G_M} \qquad (9.28)$$

(9.9) hám (9.10) teńlemelerdi názerde tutqan jaǵdayda

$$\frac{u_a^2}{gl_a} = \frac{u_M^2}{gl_M} = Fr \qquad (9.29)$$

bul jerde Fr-B Frud sanı (kriteriyası), Fr sanın masshtab kóbeymesi arqalı túsindirsek

$$\frac{\alpha_a^2}{\alpha_n \alpha_l} = 1,0 \qquad (9.30)$$

Bunnan kelip shıǵadı, V. Frud sanı (kriteriyası) eki aǵımnıń, modelde hám negizinde, uqsas kese-kesimlerinde bir-birine teń bolsa, suyıqlıq aǵımın geometrik hám gidrodinamik uqsas dep esaplaw mumkin, yaǵnıy

$$Fr_a = Fr_M \qquad (9.31)$$

yaki

$$Fr = idem \qquad (9.32)$$

bul jaǵdayda cyw aǵımınıń tezlikleri hám suw sarpları qatnasları tómendegishe

$$\frac{u_a}{u_M} = \alpha_u = \alpha_l^{0,5} \qquad (9.33)$$

$$\frac{Q_a}{Q_M} = \alpha_Q = \alpha_l^{0,5} \qquad (9.34)$$

Waqıt ushın masshtab kóbeymesi tómendegishe

$$\alpha_t = \alpha_l^{0,5} \qquad (9.35)$$

Gidravlik processlerdi V. Frud kriteriyası arqalı modellestiriwde, olardıń gidravlik qıyalıqların teń dep alıw maqsetke muwapıq.

$$J_a = J_M$$

yaki

$$\frac{J_a}{J_M} = 1,0 \qquad (9.36)$$

sebebi bul process aǵımnıń turbulent háreketiniń ekinshi dárejeli qarsılıq oblastına tiyisli.

2. O. Reynoldstıń uqsaslıq kriteriyası. Bul kriteriyada suyıqlıq háreketi paytında ondaǵı suykeliw kúshi basqa kúshlerge salıstırǵanda ústemlik qılǵan jaǵdayda qollanıladı. Bul jerde de (9.14) teńlemeden kelip shıǵatuǵın shártke tiykarlanıp alınadı, ol jagdayda (9.11) di názerde tutıp, tómendegini alamız.

$$\frac{u_a l_a}{\nu_a} = \frac{u_M l_M}{\nu_M} Re \qquad (9.37)$$

solay etip, suyıqlıq aǵımı gidrodinamik uqsas boladı, qashan eki aǵımnıń kese-kesimi ushın

$$Re_a = Re_M \qquad (9.38)$$

yaki

$$Re = idem \qquad (9.39)$$

Eger

$$\frac{\nu_a}{\nu_M} = 1,0 \qquad (9.40)$$

bolǵan jaǵdayda, tómendegi haqıyqıy dep esaplanadı; tezlik

$$\frac{u_a}{u_M} = \alpha_u = \alpha_l^{-1,0} \qquad (9.41)$$

suw sarpı

$$\frac{Q_a}{Q_M}=\alpha_Q=\alpha_l \qquad (9.42)$$

waqıt

$$\frac{t_a}{t_M}=\alpha_t=\alpha_l^{-3} \qquad (9.43)$$

gidravlikalıq qıyalıq

$$\frac{J_a}{J_M}=\alpha_J=\alpha_l^{-3} \qquad (9.44)$$

3. L.Eylerdiń uqsaslıq kriteriyası. Bul kriteriya suyıqlıq bólekshelerine tásir etip turǵan basqa kúshlerge salıstırǵanda basım kúshi ústemlik qılǵan halda, (9.14) teńlemeden alınadı. (9.10) teńlemeni názerde tutqan xalda

$$\frac{\rho_a}{\rho_a u_a^2}=\frac{\rho_M}{\rho_M u_M^2}=Ey \qquad (9.45)$$

Bul jerde Ey - L.Eyler kriteriyası, ol model hám tiykarǵı tábiy hal ushın teń;

$$Ey_a=Ey_M \qquad (9.46)$$

yaki

$$Ey=idem \qquad (9.47)$$

Eger Re kriteriyası shárti orınlansa, ol jaǵdayda L.Eyler kriteriyası shárti óz-ózinen orınlanadı, bunda

$$Ey=\lambda\frac{l}{2d} \qquad (9.48)$$

4. M. Veberdiń uqsaslıq kriteriyası. Bul kriteriya qáddine tartılıw kúshi F=σl ústemlik qılǵan halda alınadı. Bul jerde σ – qáddińe tartılıw koefficienti.

$$\frac{\rho_a u_a^2 l_a}{\text{ó}_a}=\frac{\rho_M u_M^2 l_M}{\text{ó}_M}=We \qquad (9.49)$$

We – M. Veber kriteriyası, ol negizinde hám modelde bir-birine teń bolıwı kerek:

$$We_a=We_M$$

yaki

$$We=idem \qquad (9.50)$$

5. Struxaldıń uqsaslıq kriteriyası. Bul kriteriyada suyıqlıq aǵımınıń turaqsız háreketinde inerciya kúshiniń tásiri joqarı bolsa, tómendegi shárt orınlanıwı kerek.

$$\frac{u_a t_a}{l_a}=\frac{u_M t_M}{l_M}=St \qquad (9.51)$$

bunda St – Struxal kriteriyası, ol, tiykarınan (tábiyiy halda) hám modelde bir qıylı bolıwı kerek.

$$St_a=St_M \qquad (9.52)$$

yaki

$$St=idem \qquad (9.53)$$

Bul jerde waqıt ushın

$$\frac{t_a}{t_M}=\alpha_l^{0,5} \qquad (9.54)$$

6. Maxtıń uqsaslıq kriteriyası. Bul kriteriyada suyıqlıqtıń qısılıwı názerde tutıladı:

$$\frac{u_a}{C_a}=\frac{u_M}{C_M}=M \qquad (9.55)$$

bul jerde S – dawıstıń tarqalıw tezligi; Ma-Max kriteriyası, tiykarınan (tábiygıy hal) hám model ushın bir qıylı

$$Ma_a = Ma_M \qquad (9.56)$$

yaki

$$Ma = idem$$

*7. **Arximedtiń uqsaslıq kriteriyası.*** Bul kriteriyada eki qıylı tıǵızlıqqa iye bolǵan suyıqlıqlar tıǵızlıǵınıń parqı nátiyjesinde $\rho_r - \rho$ payda bolatuǵın Arximed kúshi

$$\frac{ga^1a}{u_a^2}\left(\frac{\rho_1-\rho}{\rho_1}\right)_a = \frac{gM^1M}{u_M^2}\left(\frac{\rho_1-\rho}{\rho_1}\right)_M = Ar \qquad (9.57)$$

bul jerde Ag-Arximed kriteriyası, ol negizinde hám modelde bir qıylı bolıwı kerek.

$$Ar_a = Ar_M \qquad (9.58)$$

yaki

$$Ar = idem \qquad (9.59)$$

*8. **Koshiniń uqsaslıq kriteriyası.*** Bul kriteriya soqqıǵa qarsı kúsh tásiri ústemlik qılǵanda (máselen trubadaǵı gidravlik soqqı) qollanıladı.

$$\frac{u_a^2\rho_a}{E_a} = \frac{u_M^2\rho_M}{E_M} = Co \qquad (9.60)$$

Bul jerde E - materialdıń soqqını qaytarıw qásiyeti (modul uprugosti); So- Koshi kriteriyası

$$Co_a = Co_M \qquad (9.61)$$

yaki

$$Co = idem$$

*9. **J.Lagranjdıń uqsaslıq kriteriyası.*** Bul kriteriya ásten xársketleniwshi, jabısqaqlıǵı joqarı bolǵan suyıqlıqlardıń uqsaslıǵın úyreniwshi kriteriya. Bul kriteriya L.Eyler hám O.Reynolds kriteriyalarınıń kóbeymesine teń.

$$La = Ey\ Re = idem \qquad (9.62)$$

Biz gidravlikalıq processlerdi molellestiriwde tiykarınan, ámeliyatta tez ushırasıp turatuǵın hám qollanılıp atırǵan gidrodinamnkalıq uqsaslıq kriteriyaların keltirdik. Bulardan tısqarı jáne bir neshe kriteriyalar bar, máselen, L.Prandtl sanı, X.Eynshteyn sanı, Richardson sanı, I.I.Levi kriteriyası, S.T.Altunin, G.V. Jeleznyakov, I.V.Egiazarov kriteriyaları hám basqalar. Gidravlikada jiyi ushırasıp turatuǵın gidrodinamikalıq uqsaslıq kriteriyasınıń masshtab kóbeymeleri 9.1-kestede keltirilgen.

9.1-keste

Modellestiriw shárti	**Masshtab kóbeymesi, α**							
	Uzınlıq	Maydan	Kólem	Waqıt	Tezlik	Tezleniw	suw sarpı	kúsh
Fr	α_l	α_l^2	α_l^3	$\alpha_l^{0,5}$	$\alpha_l^{0,5}$	1,0	$\alpha_l^{2,5}$	α_l^3
Re	α_l	α_l^2	α_l^3	α_l^3	α_l^{-1}	α_l^{-3}	α_l	1,0
Ar	α_l	α_l^2	α_l^3	$\alpha_l^{3,5}$	$\alpha_l^{-2,5}$	α_l^{-6}	$\alpha_l^{-0,5}$	α_l^{-3}
We	α_l	α_l^2	α_l^3	$\alpha_l^{1,5}$	$\alpha_l^{-0,5}$	α_l^{-2}	$\alpha_l^{1,5}$	α_l
Co	α_l	α_l^2	α_l^3	α_l	1,0	α_l^{-1}	α_l^2	α_l^2

9.4. Gidravlikalıq processlerdi (qubılıslardı) fizikalıq modellestiriwde tiykarǵı kórsetpeler

Gidrodinamik uqsaslıq kriteriyasına tiykarınan, bolajaq modeldiń masshtabın anıqlawda ulıwma uqsaslıq nızamınan kelip shıǵatuǵın tómendegi bir qatar shártlerdi orınlaw kerek.

1. Eger suyıqlıq aǵımı tiykarında turbulent bolsa, modeldede sonday turbulent háreket bolıwı shárt: $Re_m > (Re_{kr})_m$, bul jaǵdayda modeldiń eń kishi ruhsat etilgen masshtab kóbeymesi tómendegishe bolıwı kerek:

$$\alpha_l = (30-50)\sqrt[3]{(v_a h_a)^2} \qquad (9.63)$$

bul jerde $v_a h_a$ – tiykarındağı suwdıń tezligi hám onıń tereńligi

2. Eger suyıqlıq háreketi tiykarında tábiyatta tınısh halatta Fr<1,0 yaki kúshli jaǵdayda Fr>l,0 bolsa, modelde de tap sonday sharayat ornatılǵan bolıwı shárt.

3. Gidravlik process (xádiyselerdi) modellestiriwde ózen gedir-budırlıǵınıń geometrik uqsaslıǵın támiynlewge háreket kılıw kerek, biraq bunı ámelde orınlaw judá quramalı bolǵanı ushın bul jaǵdayda gedir-budırlıqtı táriyplewshi gidravlik súykeliw koefficientin $\lambda=idem$ shárti arqalı modellestiriw mumkin.

4. Eger modelde kúm-taslar (nanoslar) dıń háreketin uyreniw kerek bolsa, ol jaǵdayda kúm-taslar modelde sonday háreketleniwi kerek, tiykarında tábiyatta kanday háreket qılǵan bolsa, modelde de tap usınday process bolıwı kerek. Eger tiykarında kúm-taslar ózen tubinde háreket qılǵan bolsa hám olar kúm tolqınları formasında, mikro hám makro formasında háreketlense, modelde de ózen túbiniń forması hám ondaǵı kúm-taslardıń háreketi sonday formada bolıwı kerek. Álbette, bul processti modellew judá quramalı, soǵan qaramastan kúm taslar háreketin keń úyreniw ústinde alımlarımız bir talay jumıslar islegen. Kitaptıń kólemi shegaralanǵanlıǵı sebepli bul jerde kúm-taslar háreketlerin modellew usılların keltiriw imkaniyatı bolmadı.

9.5. Gidravlikalıq processlerdi fizikalıq modellestiriwge tiyisli ámeliy shınıǵıwlar

9.1-másele. Trubanıń gedir-budırlıǵı hám ondaǵı aǵımnıń háreketin modellestiriw. Tiykarında betonnan jasalǵan truba berilgen, onıń diametri D_0 = 4,0 m; diywaldıń ishki gedir-budırlıǵınıń bálentligi Δ_a = 0,01 *m* hám λ_a = 0,01; truba Q_a=25 m³/s. suwdı ótkizedi. Usı gidravlik hádiyseni modellestiriw kerek. Modeldegi truba diywalı materialınıń gedir-budırlıǵı Δ_m = 0,00008 m; suwdıń temperaturası T°S=20°S. Suw sarpın anıqlań.

Sheshimi 1. Geometriyalıq uqsaslık teoriyası boyınsha diyualdıń gedir budırlıǵın modellestiriw ushın modeldiń geometrik gedir-budırlıq masshtab kóbeytpesin anıqlaymız.

$$\alpha_l = \alpha_\Delta = \frac{\Delta_a}{\Delta_M} = \frac{0,001}{0,00008} = 12,5$$

Tap usınday modeldegi truba diametrin hám gidravlik radiusınıń shamasın anıqlaymız

$$d_M = \frac{D_a}{\alpha_l} = \frac{4,0}{12,5} = 0,32\,m$$

$$R_M = \frac{d_u}{4,0} = \frac{0,32}{4,0} = 0,08\,m$$

2. $\boldsymbol{\lambda_a = \lambda_m}$ shártin názerde tutqan halda, modelde ekinshi dárejeli qarsılıq tarawı shegarasın I.I.Levi yaki I.Nikuradze formulalarınan anıqlaymız, máselen

$$Re_{shegara} = \frac{14,0}{\Delta_M}\frac{R_M}{\sqrt{\lambda_M}} = \frac{14,5*0,08}{0,00008*\sqrt{0,01}} = 140000$$

hám aǵımnıń tezligi

$$v_a = \frac{Q_a}{\omega_a} = \frac{Q}{\frac{\pi D^2}{4}} = \frac{Q}{\frac{3,14*4^2}{4}} = 1,99\,m/s$$

bolǵan halda, tiykarındaǵı O.Reynolds sanın anıqlaymız

$$Re_a = \frac{v_a R_a}{\nu_a} = \frac{1,99*1,0}{0,01*10^{-4}} = 199000$$

bul jerde R_a - tiykarındaǵı gidravlik radius,

$$R_a = \frac{\omega_a}{\chi_a} = \frac{\frac{\pi D^2}{4}}{2\pi\frac{D}{2}} = \frac{D}{4} = 1.0m$$

3. Masshtab kóbeytpelerin anıqlaymız

$$\alpha_v = \alpha_l^{-1}\frac{Re_a}{Re_M} = \frac{1,0*199000}{12,5*140000} = 1,14$$

hám

$$\alpha_q = \alpha_v \alpha_l^2 = 1,14*12,5^2 = 178,0$$

4. Modeldegi trubada suwdıń tezligi

$$v_a = \frac{v_a}{\alpha_v} = \frac{1,99}{1,14} = 1,75\,m/s$$

suw sarpı bolsa

$$q_M = \frac{Q_a}{\alpha_q} = \frac{25,0}{175} = 0,14\,m^3/s$$

9.2-másele. Ashıq ózenlerde suyıklıq ağımınıń turaqlı tegis ilgerilenbe xáreketin modellestiriw.

Tájiriybe usılında ıqtıyarlı fizikalıq shamanı anıqlaw kriterial teńlemesiniń ulıwma kórinisi tómendegishe:

$$\alpha_l = f\left(Fr, Re, \frac{\Delta}{h}, \ldots\right) \qquad (9.64)$$

Ekinshi dárejeli qarsılıq oblastı ushın $\lambda_a = \lambda_m$ di názerde tutqan jağdayda, gidravlik processlerdi tómendegi shártlerge kóre modellestiriw mumkin:

$$\left.\begin{array}{l} Fr = idem \\ Re = idem \\ Ar = idem \\ \dfrac{\Delta}{h} \end{array}\right\} \qquad (9.65)$$

Ekinshi dárejeli qarsılıq oblastı menen ótiw oblastı shegarasın $Re>(Re_M)_{shegara}$ I.Nikuradze formulasınan:

$$\left(Re_M\right)_{shegara} = \frac{84R_M}{\Delta\sqrt{\lambda_M}} \qquad (9.66)$$

yamasa I.I.Levi formulasınan anıqlaymız:

$$\left(Re_M\right)_{shegara} = \frac{14R_M}{\Delta_M\sqrt{\lambda_M}} \qquad (9.67)$$

Fr=idem bolǵan jaǵdayda (9.1-keste) masshtab kóbeytpesin bir-biri menen salıstırıw nátiyjesi tómendegi kóriniske alıp keledi.

$$\frac{Re_a}{Re_M} = \alpha^{3/2}\alpha_v^{-1,8} \qquad (9.68)$$

yaki α_v =1,0 bolǵanda

$$\frac{Re_a}{Re_M} = \alpha^{3/2} \qquad (9.69)$$

Re_M=(Re_M) bolǵan halda $\lambda_a = \lambda_m$ shártin orınlasaq modeldiń eń kishi masshtabın alıw mumkin, yaǵnıy

$$\alpha_{l_{min}} = \left(\frac{v\Delta_M\sqrt{\lambda_M}}{14v}\right)^2 \qquad (9.70)$$

Máselede kanal berilgen t_a=80 c, onda suw sarpı Q=42 m^3/s boladı, aǵım tezligi v_a*=1,3 m/s,* tereńligi h_0=3,2m. Usı kanaldıń gedir-budırlıǵın hám suw háreketin modellestiriw kerek (álbette, bul jerde tegis ilgerilenbe háreket názerde tutıladı). Modeldegi kanal betonlanǵan, onıń gedir-budırlıǵınıń bálentligi Δ_m=0,001m hám λ_m =0,01. Modeldiń mumkin bolǵan eń kishi masshtabın anıqlaw hám modelde tájiriybe ótkiziw jolı menen tómendegi (modelden alınǵan) gidravlik elementlerdi esaplań.

Sheshimi. 1. Mumkin bolǵan eń kishi modeldiń ruhsat etilgen masshtabı temendegishe anıqlanadı:

$$\alpha_{l_{min}} = \left(\frac{v\Delta_M\sqrt{\lambda_M}}{14v}\right)^2 = \left(\frac{1,3*0,001\sqrt{0,01}}{14*0,01*10^{-4}}\right)^2 = 86,5$$

$\alpha_{l_{min}} = 80$ dep qabıl etemiz.

2. V.Frudtıń uqsaslıq kriteriyası arqalı (9.1-keste) gidravlik processlerdi modellep, tómendegi gidravlik elementlerdiń shamaların anıqlaymız:

$$h_M = \frac{h_a}{\alpha_l} = \frac{3,20}{80} = 0,04 \text{ m}; \quad f_M = \frac{f_a}{\alpha_f} = \frac{80}{\alpha_l^{0,5}} = \frac{80}{\sqrt{80}} = 8,95 \text{ s}$$

$$v_M = \frac{v_a}{\alpha_v} = \frac{v_a}{\sqrt{\alpha_l}} = \frac{1,30}{\sqrt{80}} = 0,145 \ m/s$$

$$q_M = \frac{Q_a}{\alpha_l^{2,5}} = \frac{Q_a}{\alpha_l\sqrt{\alpha_l}} = \frac{1,30}{\sqrt{80}} = \frac{42}{80\sqrt{80}} = 0,000735 \ m^3/s$$

yamasa modelde suw sarpı 0,734 l/s.

3. Háreket tártibin anıqlaw ushın G.Reynolds sanın esaplawımız kerek

$$Re_a = \frac{v_a h_a}{\nu_a} = \frac{1,3*3,2}{0,01*10^{-4}} = 4160000$$

$$Re_M = \frac{v_M h_M}{\nu_M} = \frac{0,145*0,04}{0,01*10^{-4}} = 5800$$

$$(Re_M)_{shegara} = \frac{14R_M}{\Delta_M\sqrt{\lambda_M}} = \frac{14*0,04}{0,001*\sqrt{0,01}} = 5600$$

modelde

$$\mathrm{Re}_M > (\mathrm{Re}_M)_{shegara}$$

bunnan kórinip turǵanınday, másele shárti ushın qabıl qılınǵan ekinshi dárejeli qarsılıq oblastı dálillenedi.

4. Endi qabıl qılınǵan modeldiń masshtabın tekserip keremiz.

$$\alpha_l = \left(\frac{Re_a}{Re_M}\right)^{2/3} = \left(\frac{4160000}{5800}\right)^{2/3} \approx 80$$

Bunnan kórinip turıptı, qabıl etilgen modeldiń masshtabı dálillendi, demek, ashıq ózende aǵımnıń tegis ilgerilenbe háreketi tuwrı modellestirilgen.

Tákirarlaw ushın sorawlar

9.1 Gidravlik processlerdi fizikalıq hám matematikalıq usıllarda modellestiriwdi tusindirip beriń.

9.2 Geometrik, kinematik hám dinamik uqsaslıqlar. Masshtab kóbeytpeleri kalay anıqlanadı.

9.3 Nyutonnıń uqsaslıq nızamı (masshtab kóbeytpeleri kerinisinde) kalay sáwlelendiriledi ?

9.4 Gidrodinamik uqsaslıq kriteriyası (Frud, Reynolde, Eyler, Veber, Struxal, Max, Koshi, Arximed hám Richardson) kriteriyaları hám olardı qollanıw shártlerin aytıń.

Onınshi bap. SUW TASLAMALAR HÁM PLOTINA BEFLERIN TUTASTIRIWLAR.

10.1 Tiykarǵı túsinikler hám suw taslamalardıń klassifikaciyası.

Suw hár qanday tosıq aldında toplanadı hám onıń qáddiniń biyikligi tosıqtan úlken bolǵanında onnan tasıp aǵıp túsedi. Egerde tosıq diwalında naporsız jasalma tesik bolsa, onnan suw aǵıp shıǵadı. Aǵımǵa qurılǵan tosıqtan suwdıń asırılıp aǵıp ótiwi suw taslama dep ataladı. Suwdıń retlestirilip aǵıwına arnalǵan injenerlik soorujenie yamasa qurılma suw taslama soorujeniesi yamasa ápiuayı suw taslama dep ataladı. Gidrotexnikada hám melioraciyada suw taslamalar kóp muǵdardaǵı suw sarpın ótkeriwde, al gidrometriyada az muǵdardaǵı suw sarpın ólshewde keń qollanıladı.

Suw tasıp aǵıp ótetuǵın diwal suw taslama diwalı dep ataladı. Suw taslama diwalǵa shekemgi bolǵan suw qáddi joqarǵı bef, onnan tómendegi suw qáddi bolsa tómengi bef dep ataladı (10.1 – súwret). Suw qáddi ózgermeytuǵın () vertikal *B-B* sızıqtan suw taslama diwalınan shekemgi bolǵan aralıq tájiriybe tiykarında l_{so}=(3 – 5)H átirapında boladı. Bul jerdegi *v – v* kesiminde ólshenetuǵın *N* tıń shaması suw taslamınıń geometriyalıq naporı dep ataladı (10.1-súwret).

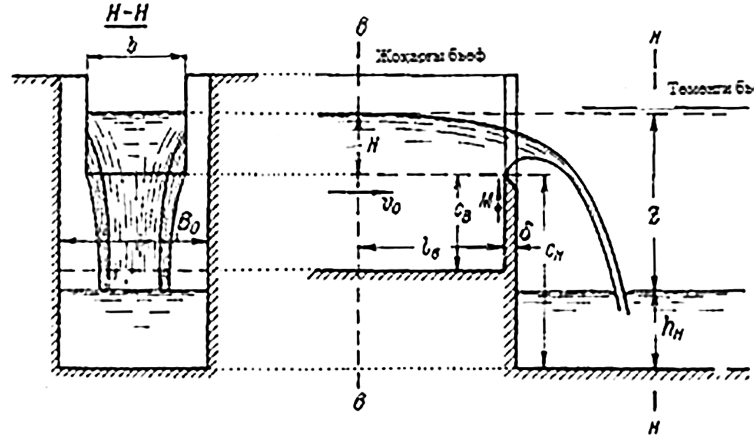
Demek, suw taslamadaǵı geometriyalıq napor bul tosıq diwalı bosaǵasınan (greben) suwdıń erkin ózgermeytuǵın qáddine shekem bolǵan suw qatlamı. Taǵıda tómendegi belgilerdi keltiremiz:

v – suw taslamanıń eni, yaǵnıy suw taslama tesiginiń eni;

δ – suw taslama diualınıń qalıńlıǵı;

C_B hám C_H – suw taslama diualınıń joqarı hám tómengi beflerindegi biyikligi, egerde $C_B = C_H$ bolsa, bul biyiklik *C* arqalı belgilenedi;

V_0 – suw taslama qurılǵan ózenniń eni;



10.1-súwret. Juqa diwallı suw taslamadan suyıqlıqtıń aǵıw sxeması.

Ƶ – suw taslamanıń geometriyalıq qáddi (joqarǵı hám tómengi beflerindegi suw qáddiniń ayırması;

ϑ_0 – suw taslamaǵa kiriw tezligi, *B-B* kesiminen joqarıda ólshenedi.

Suw diwalǵa aǵıp keliw processinde óziniń tezligin ózgertedi. Sonıń ushın esaplarda *v-v* sızıqtaǵı ortasha tezlik shamasınan paydalanadı.

Suw taslamanıń tolıq naporı hám onıń beflerindegi suw qáddi ayırması tómendegishe anıqlanadı:

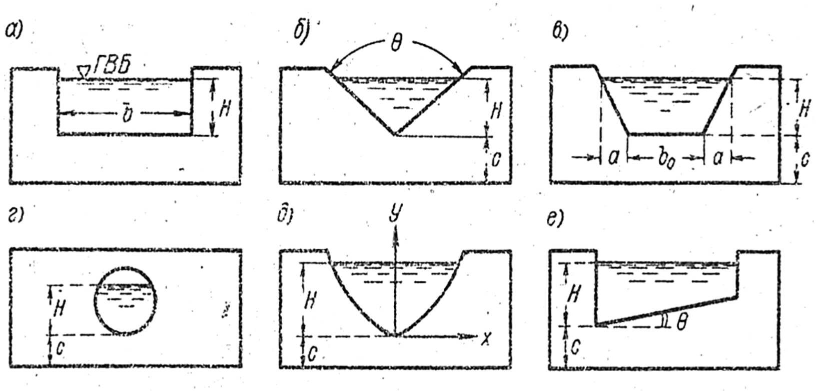
$$H_0 = H + \alpha\frac{\vartheta_0^2}{2g} \quad \text{hám} \quad Z_0 = Z + \alpha\frac{\vartheta_0^2}{2g} \qquad (10.1)$$

Bunda N_0 hám Z_0 – suw taslamadaǵı tolıq napor hám suwtaslama befleriniń suw qáddi ayırması;

H hám *Z* – suw taslamadaǵı geometriyalıq hám pezometriyalıq naporlar.

Suwtaslamalar belgili shárt hám talaplarǵa qaray bes túrde táriyplenedi:

1) **Birinshi túrine** suw ótkizgish tesikleriniń geometriyalıq formasına qaray, tuwrı múyeshli túrleri bolıp ajıraladı (10.2-súwret).



10.2 – Súwret. Suwtaslama formalarınıń hárqıylı kese kesimleri:
a) tuwrıtórtmúyeshli b) úshmúyeshli; v) trapeciya; g) dóńgelek;
d) parabola; e) ultanı qıya múyeshli.

2) **Ekinshi túri** suw taslama diwalınıń kese-kesim formasına hám ólshemlerine qarap tómendegishe ajıraladı, ҳәм бул классификация ең әҳмийетли болып есапланады:

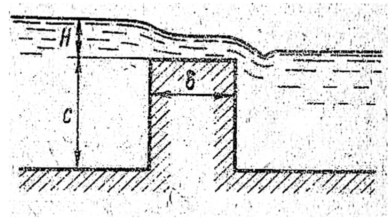
a) juqa diwallı suw taslama (10.1-súwret) yamasa ultanı ushqır qırlı bosaǵalı soorujenie bolıp, suw taslama diwalı arqalı taralıp túsip atırǵan suw struyasınıń formasına diwaldıń qalıńlıǵı tásir etpeydi. Juqa diwallı suw taslama δ/H qatınasına baylanıslı tómendegi shegarada boladı:

$$\delta \leq (0,1 \div 0,5)\ N ; \qquad (10.2)$$

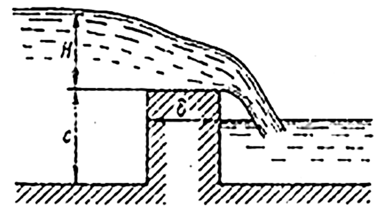
b) keń bosaǵalı suw taslama (10.3-súwret), bul jaǵdayda suw taslama diwalınıń gorizontal órkeshiniń uzınlıǵı $L \geq 2,5H$ bolıp, suwdıń aǵıp túsiwinde iymek sızıqlı ózgeriwsheń háreket payda etedi. Keń ultanlı suw taslamalardıń diwalınıń qalıńlıǵı δ tómendegi shártti qanaatlandarıwı talap etiledi:

$$2H < \delta < 8H \qquad (10.3)$$

egerde $\delta > 8H$ bolsa, onda suw taslama emes al gorizontal ultanlı kanalǵa iye bolamız;



10.3-Súwret. Keń bosaǵalı suwtaslama.



10.4-Súwret. Praktikalıq profilli suwtaslama.

egerde $\delta < 2H$ bolsa, onda δ nıń uzınlıǵı boylap iymek sızıqlı ózgeriwsheń háreketke iye bola almaymız.

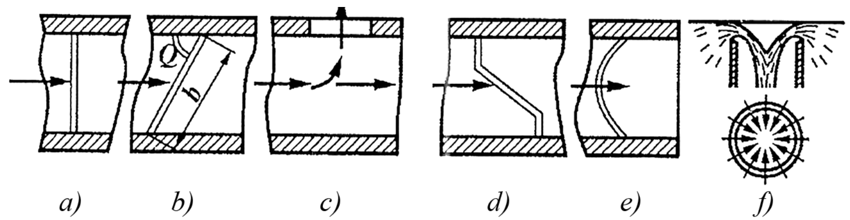
b) praktikalıq profilli suw taslamalar (10.4-súwret), bunday suw taslamalarǵa, olardıń suw taslama diwalı qalıńlıǵı δ tómendegi aralıqta bolǵan:

$$0,5 < \delta < 2H \qquad (10.4)$$

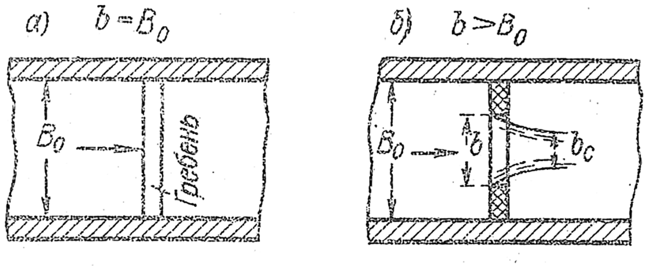
qálegen suw taslamalardı kirigiziwge boladı.

3) **Úshinshi klassifikaciyasına** suw taslama diwalı ultanı bosaǵasınıń jobadaǵı ornalasıw túrleri kiredi. Olar tómendegishe ajıraladı:

- jobada ultanı, tuwrı sızıqlı bosaǵa suw taslamalar (10.5.a,b,v-súwret): a) tuwrı, b) qıysıq betli, v) qaptallı
- jobada ultanı tuwrı sızıqlı emes bosaǵa suw taslamalar (10.5.g,d,e-súwret): g) sınıq betli; d) iymek betli; e) jabıq, dóńgelek sıyaqlı.



10.5-Súwret. Tuwrı sızıqlı hám tegis emes tuwrı bosaǵalı suwtaslamalar (jobada): a) tuwrı; b) qıysıq betli; c) qaptallı; d) sınıq betli; e) iymek betli; f) jabıq, dóńgelek sıyaqlı.



10.6 – Súwret. a) Qaptaldan qısılmaǵan suwtaslama hám
b) Qaptaldan qısılǵan suwtaslama

4) **Tórtinshi túrine** aǵımǵa suw qáddiniń tómengi befiniń tásirine baylanıslı jaǵdaydalar, yainıy Q hám H shamaları suw tereńligi h_H ge baylanıslı bolǵan taslamalar kiredi: a) kómilgen; b) kómilmegen

5) **Besinshi túrine** tekte tuwrı tórt múyesh formasındaǵı suw taslamalar kiredi. Olar v hám B_0 qatınasına baylanıslı tómendegishe ajıraladı:

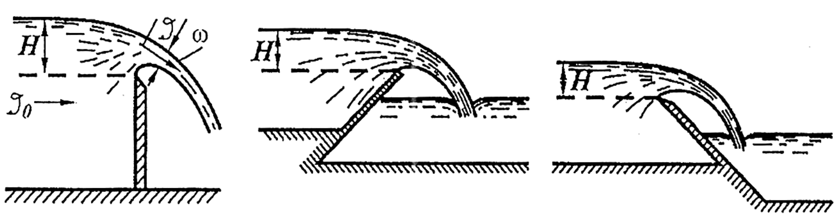
a) qaptalınan qısılmaǵan suw taslamalar, bunda $v = B_0$ boladı (10.6,a-súwret);

b) qaptalınan qısılǵan suw taslamalar, bunda $v < B_0$ boladı (10.6,b-súwret);

6) **Altınshı túrine** suw taslama diwalınıń qanday ornalasıwına baylanıslı:

a) vertikal diwallı suw taslamalar (10.7,a-súwret)

b) qıya diwallı suw taslamalar (aǵıs boyınsha yamasa aǵısqa qarsı) (10.7,b,c-súwret).



a) b) c)

10.7 – Súwret. Tik hám qıya ornalasqan suwtaslamalar:
a) tik ornalasqan; b) aǵım boyınsha qıya; c) aǵımǵa qarsı qıya ornalasqan;

7) **Jetinshi túri** erkin hám erkin emes aǵımlı suwtaslamalarǵa tiyisli. Erkin aǵım payda etiwshi suwtaslamalar sarqıraması astına olardıń qaptal tárepindegi boslıǵınan atmosfera hawası erkin kire aladı.

Kerisinshe, erkin emes aǵım payda etiwshi suwtaslamalar sarqıraması astına hawa aǵımı erkin kire almaydı yamasa kiriwi biraz qıyın boladı.

Suwtaslamalar arqalı ótken suyıqlıq aǵımın esaplaǵanda tómendegi túsinikler qollanıladı:

- joqarǵı beftegi suw qáddi – suwtaslamanıń aldıńǵı betindegi joqarǵı biyikliktegi aǵımnıń erkin suw qáddi uchastkası (∇UVB).
- tómengi beftegi suw qáddi – suwtaslamanıń arıtqı betindegi suw agımı uchastkası (∇UNB).
- suwtaslamanıń bosaǵası (greben) – suwtaslamanıń joqarǵı suw ótetuǵın bosaǵası, biyiklik belgisi $\nabla_{gr.v.}$ ózenniń ultanına salıstırıp biyikligin kórsetedi.
- P hám P′ - suwtaslama diwalınıń joqarǵı hám tómengi befler tárepindegi biyiklikleri;
- T hám t – joqarǵı hám tómengi beflerdegi aǵımnıń tereńligi;

B hám в – joqarǵı beftegi aǵımnıń eni hám suwtaslamanıń eni;

H – suwtaslamadaǵı napor – joqarǵı beftegi erkin suw qáddiniń hám suwtaslamanıń bosaǵasınıń biyikliksleriniń ayırmasına teń.

- Z – cuwtaslamadaǵı suw qáddileriniń ayırması (perepad) – joqarǵı hám tómengi beflerdegi suw qáddi ayırmasına teń;
- Q – cuw sarpı, suwtaslama arqalı aǵıp ótken suw sarpı;
- $\vartheta_0 = Q / (B\ T)$ – kiriw tezligi, joqarǵı beftegi aǵımnıń ortasha tezligine teń;
- $H_0 = H + \vartheta_0^2 / 2g$ – suwtaslamadaǵı kiriw tezligin esapqa alıp tolıq napor;
- h_n – tómengi beftiń kómilgen biyikligi (vısota podtopleniya);
- v_0 – qaptaldaǵı qısılıwdı esapqa alıp struyanıń effektiv eni.

10.2 Suwtaslamalar ushın suw sarpın esaplaw.

Suwtókkishlerdi esapllawlardaǵı tiykarǵı maqset, suw sarpın belgili sharayatqa qarap tańlaw hám retlestiriwden ibarat bolıp ǵana qamastan, zárúrli gidroqurılıslardı qurıwdı tuwrı shólkemlestiriw arqalı ekonomikalıq nátiyjege erisiw bolıp esaplanadı.

Олардың мəселелерин шешиўэпиўайы matematikalıq formulalardı пайдаланып гидравликалық есаплаў усылларын қолланыў болып табылады.

Eger suwtaslamadan asırılıp túsip atırǵan aǵımnıń kese kesimin *w*, tezligin ϑ, suw taslama keńligin *v*, suw sarpın *Q*, joqarı hám tómengi beflerdegi suw qáddi biyikliklerin H hám h_H ózenniń erkin B_0 dep belgilesek, onda suwtaslamalar ushın tómendegi bir qatar qatnaslardı jazıwǵa boladı:

$$\begin{aligned} &1)\ Q = w \cdot \vartheta \\ &2)\ w = v \cdot H \\ &3)\ \vartheta = \sqrt{2gH} \\ &4)\ Q = (v \cdot H)\sqrt{2gH} \\ &5)\ Q = mvH\sqrt{2gH} \end{aligned} \qquad (10.4)$$

bul jerde *m* – suw sarpı proporcionallıq koefficienti (10.4) teńlemeniń aqırǵı formulasın tómendegishe kóshirip jazıw múmkin:

$$Q = mv\sqrt{2g}H^{3/2} \qquad (10.5)$$

Ámeliyatta ańsat qollanıw ьўькиншилигине ийе болыў maqsetinde (10.5) formula tómendegi kóriniste jazıladı:

$$Q = mv\sqrt{2g}H_0^{3/2} \qquad (10.6)$$

Kórinip turǵanınday (10.5) formuladaǵı geometriyalıq napor *H* tı tolıq napor H_0 ge almastırıp biz sarp muǵdarı *Q* dıń shamasına kiriw tezligi ϑ niń tásirin esapqa alǵan bolamız.

(10.6) formuladaǵı ólshemsiz koefficient suwtaslamanıń suw sarpı koefficienti dep ataladı.

(10.6) formula suwtaslamanıń geometriyalıq formasına hám onıń jaylasıwına qarap, túrlishe jazılıwı múmkin. Bul formulalardaǵı proporcionallıq koefficienti *m* túrlishe kóriniste jazıladı. Máselen juqa diwallı vertikal jaylasqan batırılmaǵan suw taslamalar ushın R.R.CHugaevtıń formulası qollanıladı:

$$m_{0H} = 0,40 + 0,05\frac{H}{S_v} \qquad (10.7)$$

bul formuladan $S_v \geq 0,5\ N$ hám $N \geq 0,1\ m$ bolǵan jaǵdayda qollanıladı.

Normal suwtaslamalarınıń suw sarpın anıqlaw formulalarınıń anıqlıǵı júdá joqarı bolǵanlıqtan olardı kanallardıń suw sarpın ólshew ushın keń qollanıladı. Qaptalları qısılǵan kómilmegen suwtaslamalar ushın (10.6) formuladaǵı m_{0H} koefficientiniń ornına m_0' koefficienti qoyılıp, ol tómendegishe anıqlanadı:

$$m_0' = A_1 \cdot A_2, \qquad (10.8)$$

bul jerdegi

$$A_1 = 0,40 - 0,03\frac{B_0 - v}{B_0}$$

$$A_2 = 1 + 0,55\left(\frac{v}{B_0}\frac{H}{H + C_0}\right)^2 \qquad (10.9)$$

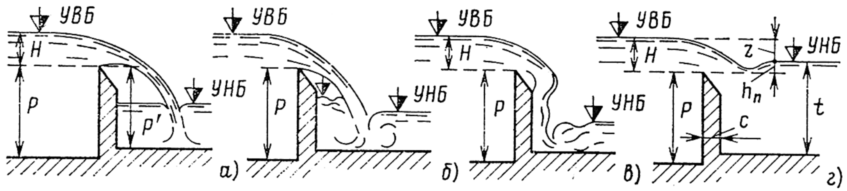
Qaptalları qısılmaǵan kómilgen suwtaslamalar ushın suw sarpı koefficienti $m_0 = \delta_n \cdot m_{0H}$ teń bolıp tómendegishe anıqlanadı:

$$\delta_n = 1,05\ (1 + 0,2)\sqrt[3]{\frac{z}{H}} \qquad (10.10)$$

bul formula boyınsha R.R.CHugaev. Gidravlika. Energoizdat, 1982, degen kitabta 647 betinde tablica dúzilgen.

10.3 Juqa diyuallı (qırlı bosaǵalı) suwtaslamalar.

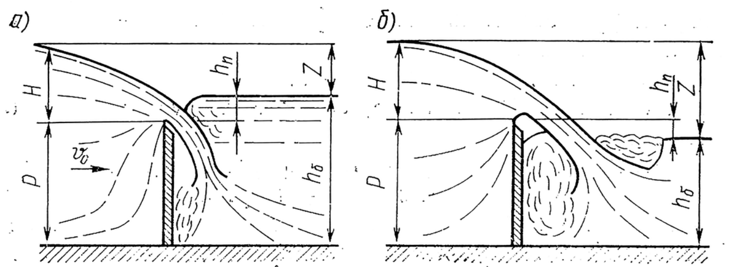
Juqa diuallı suwtaslamalar hárqıylı gidrotexnikalıq soorujenielerde (suwǵarıw kanallarında, gidravlikalıq stendlerde hám soǵan usaǵanlarda) suw sarpın ólshew ushın qollanıladı, sonlıqtan olardı suw ólshegishler depte ataydı. Olardan tuwrı tortmúyeshli hám úshmúyeshli formadaǵı erkin struyalı suwtaslamalar eń kóp qollanıladı. Bunday turaqlı rejım suwdıń suwtaslama tesiginen atmosferaǵa ótiwinde, qashan struya astındaǵı hawanıń basımı atmosferalıq basımǵa teń bolǵanda payda boladı.



10.8-Súwret. Suwtaslama struyasınıń formaları.

Erkin struya, qashan onıń astındaǵı boslıqta atmosfera basımı bolǵan jaǵdayda payda boladı (10.8,a – súwret). Qısılıńqıraǵan struya, qashan struyanıń astında vakuum bolsa, struya suwtaslama diualı betke qısılǵan jaǵdayda payda etedi (10. 8,b – súwret). Tómennen kómilgen struya, qashan struya astındaǵı vakuum boslıǵı tolıq suwmenen tolıp ketken jaǵdayda payda boladı (10.8,g – súwret). Suwtaslama diualına jabısıp aqqan struya, qashan suwtaslamadaǵı napordıń júdá pás kóteriliwinde, salıstırma suw sarpınıń kem bolǵan jaǵdayında payda boladı (10.8,v – súwret). Bunday struya júdá kem turaqlılıqqa iye boladı.

Juqa diuallı suwtaslamalardıń suw ótkeriw uqıplılıǵı suwdıń tómengi befke aǵıp túsiwine baylanıslı boladı. Egerde tómengi beftegi suw qáddi (suw taslamaǵa jaqın jerdegi) bosaǵanıń qáddinen joqarı bolsa hám tómengi bfte erkin suw háreketi rejimi baqlansa, onda suw taslama kómilgen jaǵdayda dep esaplanadı (10.9,a – súwret). Bul jaǵdayda tómengi beftegi suw qáddi, suw sarpı muǵdarına tásir etip, suwtaslamanıń suw ótkeriw uqıplıǵın kemeyitiredi.



10.9-Súwret. Juqa diyuallı suwtaslama: a) kómilgen; b) kómilmegen.

Suw háreketiniń uyurtpa (burnıy) rejiminde suwtaslamanıń tómengi befinde keyinge qashqan gidravlikalıq sekiriw payda bolıp, suwtaslama kómilmegen jaǵdayda boladı hám tómengi beftegi suw qáddi, suwtaslama bosaǵasınıń qáddinen tómen boladı (10.9,b – súwret). Bul jaǵdayda tómengi beftegi suw qáddi, suw taslamanıń suw ótkeriw uqıplıǵına tásir etpeydi.

Eni suwtaslamanıń enine teń bolǵan tuwrımúyeshli kesimdegi ózenlerde, salıstırma perepad (suw túsirgish) $Z / P < 0,75$ bolǵanda tómengi befte aǵımnıń erkin rejimi baqlanadı. Bul jaǵdayda tómengi beftegi suw qáddi suwtaslamanıń suw ótkeriw uqıplıǵına tásir etpeydi. Kómilgen suwtaslama arqalı aǵıp ótken suw sarpı tómendegi formulamenen anıqlanadı:

$$Q = m\sigma_n b\sqrt{2g}h^{3/2}, \tag{10.11}$$

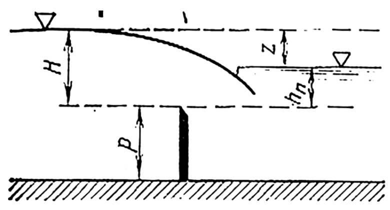
Bul jerde b – suwtaslamanıń eni; H – bosaǵa ústindegi napor; P – cuwtaslama bosaǵasınıń biyikligi.

Kómiliw koefficienti σ_n Bazenniń usınıs etken empirik formulasımenen anıqlanadı:

$$\sigma_n = 1,05\left(1 + 0,2\frac{h_n}{P}\right)\sqrt[3]{\frac{Z}{H}} \tag{10.12}$$

Tómengi beftegi suw qáddiniń, suwtaslama bosaǵasınıń qáddine ($t - P$) yamasa ($H - Z$) kóp bolıwı suwtaslamanıń kómiliw biyikligi dep ataladı h_n.

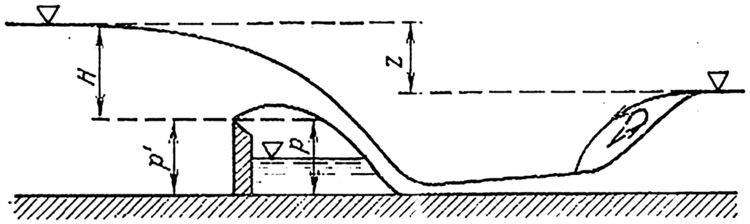
Egerde perepad $Z < H$ yamasa kómiliw tereńligi $h_n > 0$ bolsa (10.10 – súwret), onda suwtaslama kómilgen jaǵdayda bolıp esaplanadı.



10.10-Súwret. Kómilgen suwtaslamanıń sxeması.

Biraq usı jaǵdayda gidravlikalıq sekiriwdiń uzaqlasqan halatı ushırasıwı múmkin (10.11 – súwret).

Bazenniń izertlewleri boyınsha suwtaslama kómilgen boladı, egerde tómendegi shárt orınlansa



10.11-Súwret. Juqa diyuallı suwtaslamalarda gidravlikalıq sekiriwdiń uzaqlasqan halatınıń sxeması.

$$\left(\frac{Z}{P}\right) < \left(\frac{Z}{P}\right)_{kp}., \qquad (10.13)$$

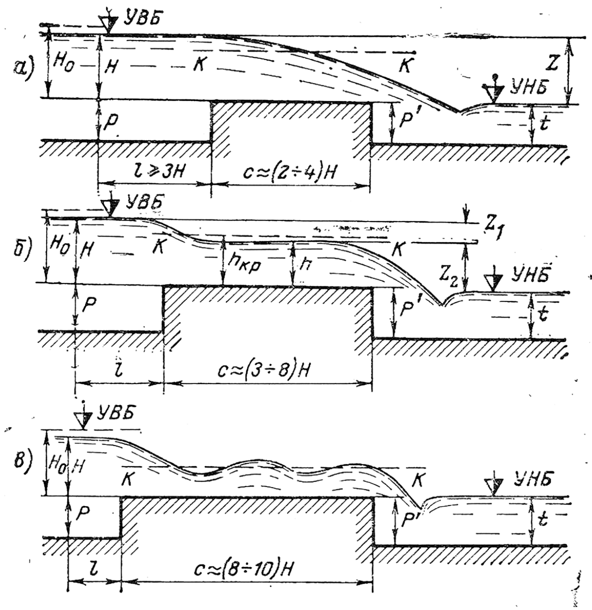
salıstırma perepadtıń kritikalıq shaması $(Z/P)_{kp} = 0,75$ ke teń.

Kómiliw koefficientiniń σ_n sanlıq shaması spravochniklerde keltirilgen boladı [12,14].

10.4. Keń bosaǵalı suwtaslamalar.

Keń bosaǵalı suwtaslamalardıń tiykarǵı sxeması boyınsha suyıqlıq háreketi olardıń eniniń uzınlıǵı *s* ǵa baylanıslı tómendegishe jaǵdayda aǵadı: egerde suwtaslamanıń eni $c = (2 \div 4)N$ bolsa, onda joqarǵı hám tómengi befler arasında bir perepad *Z* payda boladı (10.12,a – súwret); egerde $c = (3 \div 8)H$ qa teń bolsa, onda *Z* eki perepadqa bólinedi, sebebi suwtaslama bosaǵasınıń ústinde $h < H$ tereńlik payda boladı (10.12,b – súwret). Suwtaslamanıń gorizontal bosaǵasınıń ústinde aǵım parallel – struyalı háreketpenen xarakterlenedi, biraq $c \approx (8 \div 10)N$ bolǵan jaǵdayda turaqsız tolqın túrindegi háreket payda bolıwı múmkin (10.12,v – súwret).

Bunda tiykarınan suwtaslamanıń bosaǵasındaǵı suwdıń tereńligin anıqlaw úlken áhmiyetke iye. Eń az salıstırma energiya gipotezasına tiykarlanıp dúzilgen Baxmetevtiń teoriyası boyınsha suwtaslamanıń bosaǵasındaǵı tereńlik *h* sonday tereńlikke iye bolıwı kerek, bul tereńlikte aǵımnıń salıstırma energiyası eń az shamanı iyelewi lazım. Bunday tereńlik kritikalıq tereńlik dep ataladı.



10.12-Súwret. Keń bosaǵalı suwtaslamalardıń sxeması.

Suwtaslama bosaǵasınan ótiwshi aǵımnıń salıstırma energiyasın tómendegishe jazamız:

$$E = z + h + \frac{\alpha \vartheta^2}{2g} = z + h + \frac{\alpha Q^2}{2gb^2h^2} \qquad (10.14)$$

Bul teńlemeni differenciallap, tabamız

$$\frac{dE}{dh} = 1 - \frac{\alpha Q^2}{gh^2b^2} = 0 \qquad (10.15)$$

bunnan kritikalıq tereńlik

$$h_{kp} = \sqrt[3]{\frac{\alpha Q^2}{gb^2}} \qquad (10.16)$$

Usı tereńlik Baxmetevtiń teoriyası boyınsha suwtaslamanıń bosaǵasındaǵı tereńlik bolıp esaplanadı. Bul teńlemedegi $Q / b = q$ dep belgilep tómendegishe jazamız

$$h = h_{kp} = \sqrt[3]{\frac{\alpha Q^2}{g b^2}} \qquad (10.17)$$

bul jerde α = *1,1* – kinetikalıq energiya koefficienti; *q* – suwtaslamanıń bir birlik enindegi salıstırma suw sarpı; *g* – erkin túsiw tezleniwi.

Eksperimentallıq izzertlewlerdiń nátiyjesinde tómendegiler anıqlanǵan:

$$h \leq 2/3\, H_0 \text{ hám } h < h_{kp}, \qquad (10.18)$$

bunda $H_0 = H_0 + \alpha_0\, \vartheta_0^2 / 2g$ - kiriw tezligi esapqa alınǵan napor. Keń bosaǵalı suwtaslamalar arqalı suw sarpı (10.5) hám (10.11) formula menen anıqlanadı. Biraq suw sarpın anıqlawda kiriu tezligin, qaptaldan qısılıwın hám kómiliw jaǵdayların esapqa alıw talap etiledi.

Suwtaslamalardıń tiykarǵı formulasındaǵı (10.5) suw sarpı koefficienti *m* di keń bosaǵalı suwtaslamalarǵa qollanıw jaǵdayın qarap shıǵamız. Eki kesim ushın Bernulli teńlemesin dúzemiz (suwtaslamanıń aldınan hám bosaǵadan):

$$H + \frac{\alpha_0 \vartheta_0^2}{2g} = h + \frac{\alpha \vartheta^2}{2g} + \Sigma\xi\, \frac{\vartheta^2}{2g} \qquad (10.19)$$

dep belgilep, suwtaslama bosaǵasındaǵı tezlikti tabamız:

$$\vartheta = \varphi\sqrt{2g\left(H_0 - h\right)}, \qquad (10.20)$$

bul jerde φ – tezlik koefficienti.

Tuwrı múyeshli kesim ushın ($w = b \cdot h$) suw sarpın anıqlaymız

$$Q = \vartheta \cdot w = \varphi b h\sqrt{2g\left(H_0 - h\right)}, \qquad (10.21)$$

bul jerdegi qatınastı $h / H_0 = K$ dep belgilep hám (10.21) menen (10.5) ti teńlestirip, tabamız:

$$Q = \varphi K\sqrt{1 - Kb}\sqrt{2g}\, H_0^{3/2} = mb\sqrt{2g}\, H_0^{3/2}, \qquad (10.22)$$

Bul formulada kórinip turǵanınday suw sarpı koefficienti *m* tómendegishe anıklanadı:

$$m = \varphi K\sqrt{1 - K} \qquad (10.23)$$

Keń bosaǵalı suwtaslamalardıń suw ótkeriw uqıplılıǵı suwtaslamaǵa kirerliktegi qarsılıqqa baylanıslı boladı. (10.19) formulanı esapqa alıp keń bosaǵa ushın (φ = *1,0*) suw sarpı koefficienti *m* di anıqlaymız:

$$m = 1{,}0 \cdot \frac{2}{3}\sqrt{1 - \frac{2}{3}} = 0{,}385$$

Keń bosaǵalı suwtaslamalar ushın suw sarpı koefficientiniń ortasha shaması ($R / N \geq 3$) bolǵanda: aylanba kiriw qabırǵasında – *m = 0,36;* tuwrımúyeshli kiriw qabırǵasında – *m* = 0,32 ge teń.

Aǵımnıń qaptaldan qısılıwın esapqa alıw ushın A.R.Berezinniń universal formulasınan paydalanıp anıqlaw múmkin [14]:

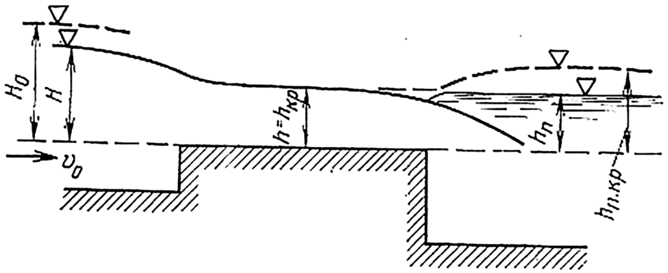
$$\varepsilon = \left[1 - \frac{\alpha}{\sqrt[3]{0{,}2 + \frac{P}{H}}}\sqrt[4]{\frac{nb}{B}}\left(1 - \frac{nb}{B}\right)\right], \qquad (10.24)$$

bul jerde *B* – suwtaslamanıń aldındaǵı joqarı beftiń eni; α – aǵıp ótiw koefficienti, tuwrımúyeshli qabırǵa ushın α = 0,10; *n* – bólek tesiklerdiń sanı.

Tájiriybelerde alınǵan maǵlıwmatlar boyınsha keń bosaǵalı suwtaslamanıń kómiliw shárti (10.13 – súwret):

$$h_n > 0{,}8\, H_0;\ h_n > h_{kp}; \qquad (10.25)$$

P.G.Kiselev kómiliw tereńliginiń kritikalıq shamasın anıqlaw ushın tómendegi formulanı usınıs etken:



10.13-súwret. Kómilgen halattaǵı keń bosaǵalı suwtaslamanıń sxeması.

$$h_n = 1{,}25\ h_{kp} \qquad (10.26)$$

egerde $h_n > 1{,}25\ h_{kp}$ bolsa, onda suwtaslama kómilgen halatta boladı (bul formula teoriyalıq jolmenen alınǵan).

Bul jaǵdayda aǵımnıń háreket tezligi hám suw sarpı tómendegi formulamenen anıqlanadı:

$$\vartheta = \varphi\sqrt{2g\left(H_0 - h_n\right)} \qquad (10.27)$$

$$Q = \varphi b h_n \sqrt{2g\left(H_0 - h_n\right)} \qquad (10.28)$$

10.5. Praktikalıq profilli suwtaslamalar.

Praktikalıq profilli suwtaslamalar suwtaslama diualınıń qálegen kese kesim profilinde ushırasıwı múmkin, atap ayıtqanda olar poligonal, iymek sızıqlı yamasa aralas túrlerde boladı. Olardın kóplegen suwtaslama diyualınıń variantlarınıń ishinde ayırıqsha ámeliy áhmiyetke iye bolǵanları iymek sızıqlı túrdegi vakuumlı hám vakuumsız profillerdegi suwtaslamalar bolıp esaplanadı: 1) vakuumlı suwtaslamalar, suwtaslama diyualınıń betinde aǵım struyası astında vakuum payda bolıwımenen xarakterlenedi ($P < P_{at}$); 2) vakuumsız suwtaslamar, olardıń diyualı betinde aǵım struya astında oń belgidegi basım

atmosfera basımınan kóp ayırmashılıqqa iye bolıwımenen xarakterlenedi ($P \geq P_{at}$).

Vakuumsız praktikalıq profilli suwtaslamalardıń bosaǵasınıń eni $0{,}5H < c < 2H$ aralıǵında bolıp, iymek sızıqlı profilli (10.14,a – súwret) yamasa poligonal profilli (10.14,b,v,g – súwret) túrlerinde bolıwı múmkin. Poligonal profilli suwtaslamalar tuwrımúyeshli (10.14,b – súwret) hám trepencendil (10.14,v,g – súwret) formalarda ushırasadı.

Praktikalıq profilli iymek sızıqlı suwtaslamalardı joybarlawda olardıń suwdıń sızılıp aǵıp túsetuǵın qaptal qırınıń forması esaplı naporǵa baylanıslı Kriger – Oficerovtıń 10.1 – kestede $N = 1\ m$ napor ushın dúzilgen koordinatları boyınsha anıqlasa boladı.

10.1 – keste

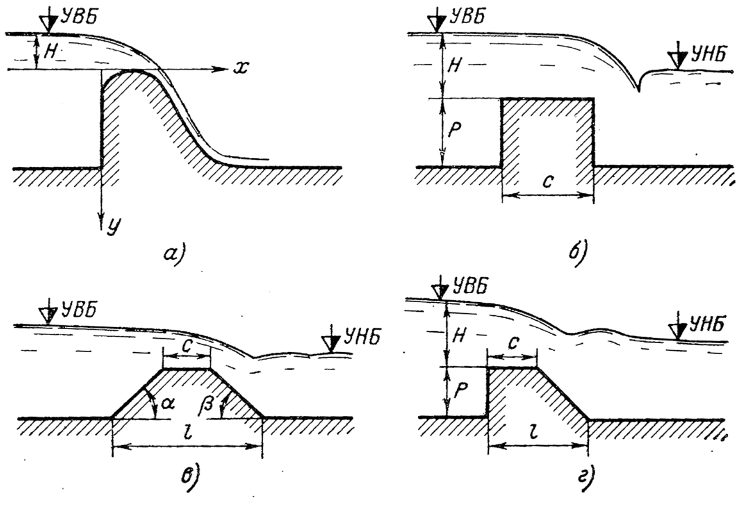
Kriger – Oficerov boyınsha suwtaslama profiliniń koordinat shamaları

x	y	x	y	x	y	x	y
0	0,126	1,1	0,321	2,1	1,306	3,2	3,207
0,1	0,036	1,2	0,394	2,2	1,508	3,3	3,405
0,2	0,007	1,3	0,475	2,3	1,653	3,4	3,609
0,3	0,00	1,4	0,564	2,4	1,804	3,5	3,818
0,4	0,006	1,5	0,661	2,5	1,960	3,6	4,031
0,5	0,025	1,6	0,764	2,6	2,122	3,7	4,249
0,6	0,06	1,7	0,873	2,7	2,289	3,8	4,471
0,7	0,100	1,8	0,987	2,8	2,462	3,9	4,698
0,8	0,146	1,9	1,108	2,9	2,640	4,0	4,930
0,9	0,198	2,0	1,235	3,0	2,824	4,5	6,22
1,0	0,256			3,1	3,013		

Suwtaslamanıń haqıyqıy qaptal betiniń profilin qurıwda 10.1 – kestede keltirilgen koordinatalardıń shamasın berilgen esaplı naporǵa H_p kóbeytiriledi, yani:

$$x = x\,H_p\,; \qquad y = y\,H_p\,; \qquad (10.29)$$

Ulıwma jaǵdayda praktikalıq profilli suwtaslamalar arqalı aǵıp ótip atırǵan suw sarpı tómendegi formulamenen anıqlanadı:



10.14-Súwret. Praktik profilli suwtaslamalardıń túrleri.

$$Q = \sigma_n \varepsilon m B \sqrt{2g}\, H_0^{3/2}, \tag{10.30}$$

bul jerde B – suwtaslama frontınıń eni $V = \Sigma v$; v – bólek suwtaslama tesiginiń eni; σ_n – kómiliw koefficienti, suwtaslamanıń tómengi befiniń kómiliw nátiyjesinde suw sarpınıń kemiyiuin esapqa alıwshı koefficient (kómilmegen suwtaslamalar ushın $\sigma_n = 1$); ε – qaptaldan qısılıw koefficienti; m – suw sarpı koefficienti.

Kómiliw koefficientiniń σ_n shaması h_n / H_0 qatınasına hám suw sarpı koefficientine m baylanıslı bolıp, onı G.K.Deryuginniń formulasımenen anıqlaǵan maqsetke muapıq boladı:

$$\sigma_n = \sqrt{1 - \left[1 - \left(1 - \frac{h_n}{H_0}\right) \frac{1}{1 - (1 - \dfrac{m}{0,59})^{2/5}}\right]} \tag{10.31}$$

Qaptaldan qısılıw koefficienti – ε:

$$\varepsilon = B_c / B, \tag{10.32}$$

bunda B_s – haqıyqıy, yamasa suwtaslama frontınıń effektiv eni: $B_s = \Sigma v_s$ (v_s – bólek struyanıń qısılǵan eni). Praktikalıq profilli suwtaslamalar ushın aǵımnıń qaptaldan qısılıw koefficienti A.R.Berezinskiydiń (10.24) formulasımenen anıklanadı.

Praktikalıq profilli poligonal túrindegi suwtaslamalardı esaplawda suw sarpı koefficienti m N.N.Pavlovskiydiń formulasımenen anıqlanadı:

$$m = \left(0,405 + \frac{0,0027}{H}\right)\left(0,7 + 0,185\frac{H}{L}\right) \tag{10.33}$$

Bul jerde L hám H – diyual qalıńlıǵı hám onıń ústindegi napor.

Iymek sızıklı praktikalıq profilli suwtaslamalar ushın suw sarpı koefficienti m plotinanıń ogolovka formasına, naporǵa, tómengi beftegi suw qáddi jaǵdayına baylanıslı anıqlanadı. N.N.Pavlovskiy bul jaǵdaylardı esapqa alıp praktikalıq profilli suwtaslamalardıń suw sarpı koefficientin tómendegi formulamenen anıqlawdı usınıs etti:

$$m = m_{np} \sigma_f \sigma_H \sigma_n ., \tag{10.34}$$

bul jerde m_{np} – keltirilgen suw sarpı koefficienti;
σ_f – ogolovka formasın esapqa alıwshı koefficient;
σ_H – napordın tolıqlıq koefficienti;
σ_n – kómiliw koefficienti.

Suwtaslama plotina ogolovkalarınıń tipleri hám joqarıda kórsetilgen koefficientlerdiń shaması spravochniklerde berilgen boladı.

Vakuumsız praktikalıq profilli suwtaslamalardıń kómiliw shárti tómendegishe:

$$Z < H \text{ hám } Z / P' < 0,7 \tag{10.35}$$

Kómiliw koefficientiniń $\sigma_n = f\,(h_n / H_0)$ shaması 10.2 – kestede keltirilgen. Kórinip turǵanınday, praktikalıq profilli suwtaslamalarda kómiliw nátiyjesinde suw sarpınıń shamasına tásiri $h_n / H_0 \geq 0,4$ ten de baslanadı hám $h_n / H_0 \geq 0,8$ bolǵanda kómiliw anıq suwtaslamanıń suw sarpın kemeyitiredi.

10.2-keste

Vakuumsız praktikalıq profilli suwtaslamalar ushın $\sigma_n = f\,(h_n / H_0)$ koefficientiniń shamaları.

h_n / H_0	σ_n	h_n / H_0	σ_n	h_n / H_0	σ_n	h_n / H_0	σ_n
0,00	1,000	0,30	0,991	0,55	0,965	0,80	0,76
0,05	0,999	0,35	0,988	0,60	0,937	0,85	0,70
0,10	0,998	0,40	0,983	0,65	0,947	0,90	0,59
0,15	0,997	0,45	0,978	0,70	0,933	0,95	0,41
0,20	0,996	0,50	0,972	0,75	0,91	1,00	0,00

Vakuumlı praktikalıq profilli suwtaslamalar vakuumsız suwtaslamalarǵa salıstırǵanda biraz joqarı shamadaǵı suw sarpı koefficientine iye boladı:

$$m = 0{,}55 \div 0{,}57 \qquad (10.36)$$

N.P.Rozanovtıń maǵlıwmatları boyınsha struya astındaǵı vakuumnıń maksimal shaması tómendegishe boladı:

dóńgelek ogolovkalı suwtaslamalar ushın

$$h_{vak} = (1{,}39 \div 1{,}58)\ H_0\,; \qquad (10.37)$$

elliptik ogolovkalı suwtaslamalar ushın

$$h_{vak} = (1{,}30 \div 1{,}60)\ H_0\,. \qquad (10.38)$$

Vakuumlı suwtaslamalardıń kómiliw shárti:

$$Z \le H_0 + 0{,}15\ H_0\,;\ Z_0 / P' < 0{,}7 \qquad (10.39)$$

Vakuumlı ogolovkalar ushın kómiliw koefficientiniń shamaları 10.3 – kestede keltirilgen.

10.3 – keste

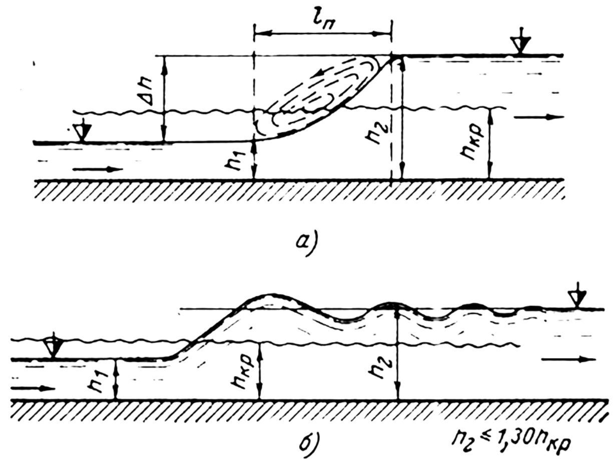
Vakuumlı suwtaslamalar ushın $\sigma_n = f\,(h_n / H_0)$ koefficientiniń shamaları

h_n / H_0	σ_n	h_n / H_0	σ_n	h_n / H_0	σ_n	h_n / H_0	σ_n
-0,15	1,000	0,20	0,940	0,50	0,788	0,80	0,538
-0,10	0,999	0,30	0,895	0,60	0,723	0,90	0,390
0,00	0,990	0,40	0,845	0,70	0,642	1,00	0,000
0,10	0,971						

10.6. Gidravlikalıq sekiriw.

10.6.1. Ulıwma túsinikler.

Aǵımnıń tereńliginiń kritikalıq tereńlikten kishi halatınan keskin túrde kritikalıq tereńliginen úlken halatına ótiwi gidravlikalıq sekiriw dep ataladı (11.15 – súwret). Gidravlikalıq sekiriw 11.15 – súwrette kórsetilgendey, sırtqı uyurma ellifs (poverxnostnogo valca) payda bolıwımenen yamasa uyurmasız tolqınlı sırt túrinde ushırasadı. Birinshi jaǵdaydaǵı gidravlikalıq sekiriw qáliplesken sekiriw dep ataladı.



10.15-Súwret. Gidravlikalıq sekiriwdiń sxeması.

Qáliplesken gidravlikalıq sekiriwdiń tiykarǵı geometriyalıq elementleri:

h_1 hám h_2 tereńlikler – sekiriwdiń aldıńǵı hám keyingi ólshengen tereńlikleri, olardı tutastırıw tereńligi dep ataydı:

$\Delta h = h_2 - h_1$ – sekiriwdiń biyikligi (tutastırıw tereńliginiń ayırması);

l_n – sekiriwdiń uzınlıǵı (sırtqı uyurmanıń gorizontal proekciyasınıń uzınlıǵı) (11.15,a – súwret)

l_{nn} – sekiriwden keyingi uchastkanıń uzınlıǵı; M tochkası aǵımdı bóliw tochkası dep ataladı. Gidravlikalıq sekiriw aǵımnıń uyurtpa halatınan erkin halatına ótiwinde payda boladı. Gidravlikalıq sekiriwde tekte jergilikli joǵalǵan napor esapqa alınadı.

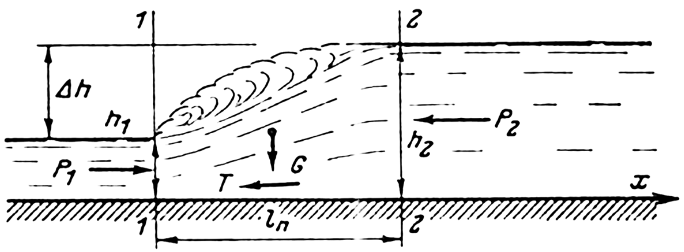
10.6.2. Gidravlikalıq sekiriwdiń tiykarǵı teńlemesi.

Jeterli uzınlıqqa iye cilindr túrindegi ózende payda bolǵan gidravlikalıq sekiriw jaǵdayın qarap shıǵamız. Sekiriw aralıǵındaǵı ózenniń ultanın gorizontal halatta ($i = 0$) dep qabıl etemiz (1 – esletpe).

Sekiriwdiń boylama kesimin 10.16 – súwrette kórsetilgenindey etip alamız.

Bunda aǵım 1 – 1 kesimge shekem tegis ózgeriwsheń emes halatta boladı, birak teńlemeni keltirip shıǵarıwda biz bunı tegis ózgeriwsheń háreket dep qabıl etemiz (ekinshi esletpe).

Biziń uazıypamız h_1 hám h_2 tutastırıw tereńlikleriniń analitik baylanısın tabıw bolıp esaplanadı.



10.16-Súwret. Gidravlikalıq sekiriwdiń tiykarǵı teńlemesin anıqlaw sxeması.

Bul máseleni sheshiw ushın aǵımnıń 1 – 1 hám 2 – 2 kese kesiminen shegaralanǵan aralıq ushın úshinshi bapta keltirilgen háreket muǵdarı teńlemesin jazamız:

$$\alpha_0 \rho Q (\vartheta_2 - \vartheta_1) = T_{ox} + G_x + R_x + P_x \qquad (10.40)$$

bul jerde ϑ_1 hám ϑ_2 – 1 – 1 hám 2 – 2 kesimlerdegi ortasha tezlik; T_{ox} – ózen túbindegi súykeliw kúshiniń x kósherine proekciyası; basqa kúshlerge salıstırǵanda T_o kúshiniń júdá az bolıwına baylanıslı taslap ketemiz (úshinshi esletpe).

$$T_{os} = 0\,; \qquad (10.41)$$

G_x – qaralıp atırǵan aralıqtaǵı suwdıń salmaǵınıń x kósherine proekciyası;

R_x - ultannıń reakciya kúshiniń x kósherine proekciyası;

$$G_x = 0\,; \quad R_x = 0; \qquad (10.42)$$

P_x - qaralıp atırǵan aralıqqa, shegaralanǵan suyıqlıq tárepinen tásir etiwshi basım kúshiniń x kósherine proekciyası. Gidrostatikalıq nızamǵa tiykarlanıp 2 – 2 kesimdegi basımnıń taralıwındaǵı P_x tiń shaması tómendegishe anıqlıwı múmkin;

$$P_x = P_1 - P_2 = w_1 y_1 \gamma - w_2 y_2 \gamma \qquad (10.43)$$

Bul jerde P_1 hám P_2 - súwrette kórsetilgen kúshler, olar kesimlerdiń basım orayında qoyılǵan; w_1 hám w_2 - 1 – 1 hám 2 – 2 kesimlerdiń maydanı; y_1 hám y_2 – 1 – 1 hám 2 – 2 kesimlerdegi awırlıq orayınıń suyıqlıq qáddi astındaǵı tereńlikleri; $y_1\gamma$ hám $y_2\gamma$ – 1 -1 hám 2-2 kesimlerdegi awırlıq orayındaǵı gidrodinamikalıq basımlar.

(10.41), (10.42) hám 10.43) formulalardı esapqa alıp (10.40) teńlemeniń ornına tómendegi teńlemeni jazamız:

$$\alpha_0 \frac{P}{\gamma} Q\left(\frac{Q}{\omega_2} - \frac{Q}{\omega_1}\right) = \omega_1 \cdot y_1 - \omega_2 \cdot y_2 \qquad (10.44)$$

yamasa $\frac{P}{\gamma}=\frac{1}{g}$ teń ekenligin esapqa alıp

$$\frac{\alpha_0 Q^2}{g\omega_2}+\omega_2\cdot y_2=\frac{\alpha_0 Q^2}{g\omega_1}+\omega_1\cdot y_1 \qquad (10.45)$$

(10.45) teńleme gidravlikalıq sekiriwdiń tiykarǵı teńlemesi dep ataladı.

10.6.3. Gidravlikalıq sekiriw funkciyası. Prizmatik ózenlerde tutastırıw tereńligin anıqlaw.

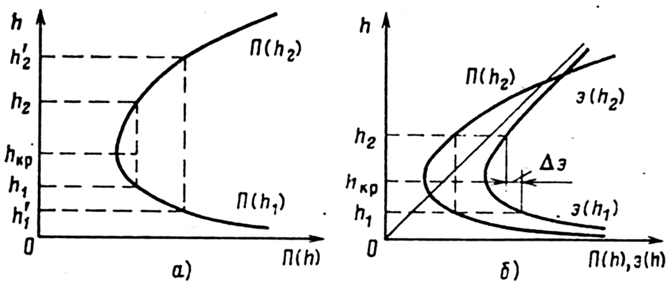
Aytayıq, bizge ózen hám suw sarpı berilgen bolsın (10.17 – súwret). Bul jaǵdayda (10.45) teńlemeniń shep tárepi tekte qandayda bir h_2 tereńliktiń funkciyası ekenligin kórsetedi, bul teńlemeniń oń tárepi bolsa usınday usınday funkciya bolıp tekte h_1 tereńligine baylanıslı ekenligin kórsetedi.

Joqarıda aytılǵanlardı esapqa alıp tómendegishe belgilerdi kiritemiz:

$$\frac{\alpha_0 Q^2}{g\omega}+y\omega=P(h) \qquad (10.46)$$

Bul jerde h – berilgen kesimdegi tereńlik; w hám y – usı tereńlikke durıs keletuǵın kórsetkishler.

Funkciya P (h) sekiriw funkciyası dep ataladı. Onıń ólshem birligi, L^3 (m^3).



10.17-Súwret. Sekiriw funkciyasınıń P (h) grafigi.

Gidravlikalıq sekiriwdiń tiykarǵı teńlemesin tómendegishe jazıw múmkin:

$$\Pi(h_1)=P(h_2) \qquad (10.47)$$

bul jerde П (h_1) - h_1 tereńligine durıs keletuǵın sekiriw funkciyasınıń shaması; П (h_2) – h_2 tereńligine durıs keletuǵın sekiriw funkciyasınıń shaması.

Ádebiyatlarda P (h) funkciyasın izzertlewler nátiyjeleri kóp-lep keltirilgen. Bul izzertlewlerdiń maǵlıwmatları boyınsha П (h) funkciyası 10.17 – súwrette kórsetilgenindey iymek sızıqlı baylanısqa iye bolıp, onnan tómendegishe qásiyetler kelip shıǵadı:

a) П (h) tıń minimum iymek sızıǵı (egerde $\alpha=\alpha_0$), kesimniń salıstırma energiyasınıń E (h) minimum iymek sızıǵına teń boladı hám $h=h_k$ tereńlikke durıs keledi.

b) tereńlik $h\to 0$ umtılǵanda, П (h) sheksizlikke umtıladı

c) tereńlik $h\to\infty$ umtılǵanda, П (h) sheksizlikke umtıladı.

Bul iymek sızıq baylanısın paydalanıp: h_1 tereńlik berilgen bolsa, h_2 tereńlikti, kerisinshe h_2 tereńlik berilgen bolsa, h_1 tereńlikti tabıwǵa boladı.

Prizmatik ózenlerde gidravlikalıq sekiriwdiń tutastırıw tereńligin anıqlaw ushın suw sarpı, forması hám ózenniń kese kesimi ólshem-leri hám basqa tereńligi berilgen bolıp, tómendegi formulamenen anıqlanadı:

$$h_1=\frac{h_2}{2}\left[\sqrt{1+8\left(\frac{h_k}{h_2}\right)^3}-1\right], \qquad (10.48)$$

$$h_2=\frac{h_1}{2}\left[\sqrt{1+8\left(\frac{h_k}{h_1}\right)^3}-1\right] \qquad (10.49)$$

Egerde h_2 biyiklik h_1 biyiklikten kóp parq etetuǵın bolsa, onda ekinshi tutastırıw tereńligin shamalap tómendegi formulamenen anık-lasa boladı:

$$h_2=0,45q/\sqrt{h_1} \qquad (10.50)$$

Gidravlikalıq sekiriwdiń tutastırıw tereńligin ózenniń hártúrli kese kesimlerinde esaplaw ushın spravochniklerde keltirilgen.

Gidravlikalıq sekiriwdiń uzınlıǵı izzertlewler nátiyjesinde anıqlanadı. Kóplegen ilimpazlar tárepinen kóp sanlı formulalar usınıs etilgen. Tómende olardan eń kóp qollanılatuǵın formulalardı keltiremiz:

N.N.Pavlovskiydiń formulası:

$$l_n = 2,5\ (1,9h_2 - h_1); \tag{10.51}$$

V.A.Shaumyannıń formulası

$$l_n = 3,6h_2\left(1-\frac{h_1}{h_2}\right)(1+\frac{h_1}{h_2})^2; \tag{10.52}$$

M.D.Chertousovtıń formulası

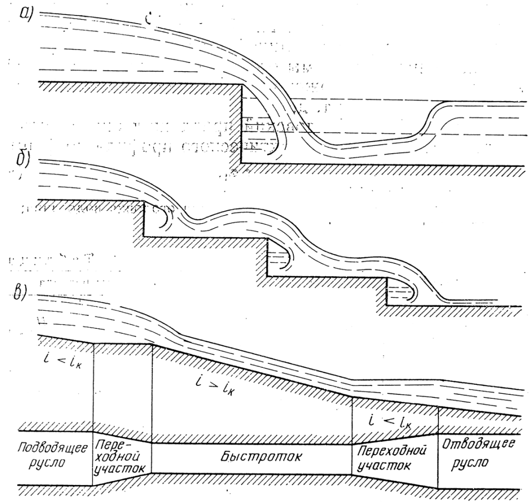
$$l_n = 10,3h_1[\sqrt{(\frac{h_{kp}}{h_1})^2-1}]^{0,81} \tag{10.53}$$

Suwtaslama plotinalardıń kinetikalıq energiyasın sonliriw ushın qollanılatuǵın soorujenielerdi hám tómengi beftegi aǵımlardı tutastırıw halatların esaplaw ushın gidravlikalıq sekiriwdiń uzınlıǵın anıqlıw talap etiledi.

10.7. Plotina beflerin tutastırıw.

Darya hám kanallarǵa qurılǵan podporlı soorujenieler eki uchastkaǵa bólinedi: joqarǵı hám tómengi bef. Aǵım háreketiniń joqarı beften tómengi befke ótiwin beflerdi tutastırıw dep ataydı. Ámeliyatta eki túrli tutastırıw bolıp ajıraladı: keskin qıyalıqlardı ózgertiw hám podporlı soorujenielerdi tutastırıw.

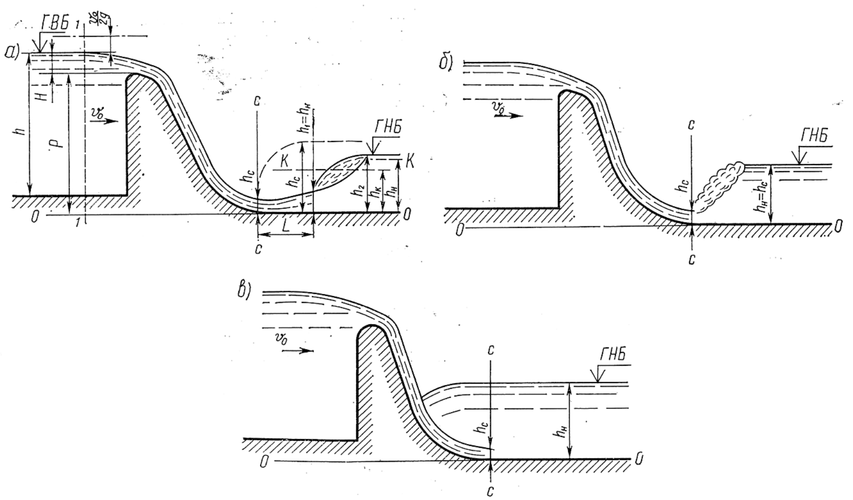
Qıyalıqları kritikalıq qıyalıqtan kishi bolǵan ($i<i_{kp}$) ózenniń uchastkasın qıyalıǵı kritikalıq qıyalıqtan júdá úlken bolǵan ($i>i_{kp}$) uchastkasımenen tutastırıw maqsetinde tutastırıw soorujenieleri qollanıladı. Olarǵa bir teksheli hám kóp teksheli perepadlar hám basqa soorujenieler kiredi (10.18 – súwret).



10.18-Súwret. Beflerdi tutastırıwshı soorujenieler:
a) bir teksheli perepad; b) kóp teksheli perepad; v) bıstrotok.

Aǵım úlken biyiklikten túsip, suwtaslama plotinanıń tómengi befinde yamasa perepad soorujenielerdiń tómeninde úlken tezlikpenen háreket etedi, al onıń kese kesimi maydanı kishi bolǵanlıqtan ol jerde uyurtpa halat baqlanadı.

Bul kesimde ólshengen aǵımnıń tereńligi qısılǵan tereńlik h_c dep ataladı (10.19 – súwret). Qısılǵan tereńlik h_c kritikalıq tereńlikten h_{kr} kishi bolıp hám aǵım uyurtpa halatında baqlanıp úlken kinetikalıq energiyaǵa iye boladı, sonlıqtan aǵım ózendi tez juwıwshı uqıplıqqa iye boladı. Bunday aǵım ózenmenen birgelikte háreketlenip aytarlıqtay deformaciyaǵa iye bolıp soorujenieniń ózin qulatıwǵa alıp keledi. Kópshilik jaǵdaylarda tómengi beftegi ózen ultanınıń qıyalıǵı kritikalıqtan $i < i_k$ kishi boladı, al óziniń dáslepki (bıtovoy) tereńligi kritikalıqtan kóp $i > i_k$ boladı, sonlıqtan aǵım erkin halatta boladı. Aǵımnıń uyurtpa halatınan (tereńligi $h_c = h_1 < h_k$) erkin halatına (tereńligi $h_N > h_k$) ótiwi gidravlikalıq sekiriw nátiyjesinde ámelge asırıladı, bunda aǵımnıń erkin suw beti kritikalıq tereńliktiń *K-K* sızıǵımenen kesisedi (10.19 – súwretke qarań).



10.19-Súwret. Beflerdi tutastırıwdıń tipleri: a) uzaqlasıp qashqan sekiriw; b) normal sekiriw; v) kómilgen halattaǵı sekiriw.

Tutastırıw tereńliginiń qatınasına baylanıslı taǵıda tutastırıw menen qısılıw tereńliklerine h_c hám bıtovoy tereńliklerge h_N baylanıslı úsh tiptegi tutastırıw befleri ushırasadı: uzaqlasıp qashqan sekiriw; qısılǵan kesimdegi normal sekiriw hám kómilgen halattaǵı sekiriw.

Uzaqlasıp qashqan sekiriw, qashan suwtaslamanıń túbindegi qısılǵan eń kishi tereńlikpenen h_c tutasqan h_c' tereńlik, tómengi beftegi bıtovoy tereńlik h_N úlken bolsa payda boladı (10.19,a – súwret). Bunda qısılǵan kesimnen tómende tereńligi h_c dan h_1 tereńlikke shekem, yaǵnıy $h_2 = h_H$ tutasqan jerge shekem podpor iymek sızıǵı payda boladı hám onıń aqırında uzıklasıp qashqan gidravlikalıq sekiriw payda boladı. Iymek podpor sızıǵınıń ornalasqan h_c tereńlikten h_1 tereńlikke shekemgi aralıq l uzaqlasıp qashqan sekiriwdiń uzınlıǵı dep ataladı. Bul uzınlıqtaǵı ózenniń kese kesimin temirbetonlap bekkemlew talap etiledi, biraq gidrotexnikalıq soorujenielerdi qurıw ámeliyatında bul túrdegi beflerdi tutastırıw keń qollanıwdı tappadı.

Normal sekiriw yamasa qısılǵan kesimdegi sekiriw, qashan qısılǵan tereńlikpenen $h_c = h_c'$ tutasqan h_c'' tereńlik, tómengi beftegi bıtovoy

tereńlikke teń bolsa payda boladı (10.19,b – súwret). Bul jaǵdayda sekiriw qısılǵan kesimniń ózinde baslanadı. Bunday túrdegi beflerdi tutastırıw turaqsız esaplanadı, sebebi suw sarpınıń kóbeyuimenen normal sekiriw uzaqlasıp qashqan sekiriwge ótip ketiwi múmkin.

Egerde qısılǵan tereńlikpenen h_c tutasqan h_c'' tereńlik, tómengi beftiń tereńligi h_N nen kishi bolsa, onda sekiriw plotinanıń suwtaslama qaptalına qarap jılısıp qısılǵan tereńliktegi h_c kesimdegi suwıqlıqpenen kómedi (10.19,v – súwret). Bunday sekiriw kómilgen gidravlikalıq sekiriw dep ataladı. Bunday túrdegi beflerdiń tutastırılıwı qáwipsiz bolıp esaplanadı hám onıń gidrotexnika qurılısı ámeliyatında qollanılıwı eń áhmiyetli esaplanadı.

Beflerdi tutastırıwdı esaplawda birinshi bolıp tutastırıwdıń xarakterin, yani qaralıp atırǵan jaǵday ushın keltirilgen úsh tiptegi beflerdi tutastırıwdıń qaysısı durıs keletuǵının anıqlaw talap etiledi. Egerde esaplawlardıń nátiyjesinde, beflerdi tutastırıw uzaqlasıp qashqan sekiriw jərdeminde əmelge asirilatug'in bolsa, onda uziqlasip qashqan sekiriódiń uzınlıǵın hám ózenniń bekkemliytuǵın uzınlıǵın anıqlaw kerek boladı. Onnan keyin energiyanı sóndirgishler esaplanılıp, olardıń artıqsha energiyanı sóndiriwdi támiinleytuǵınlıǵı hám kómilgen sekiriw tipin payda etealatuǵınlıǵı tolıq esaplanılıp kórsetiledi.

Beflerdi tutastırıwdı esaplaw tómendegi izbe – izlikpenen orınlanadı:

1) qısılǵan kesimdegi aǵımnıń tereńligi $h_c = h_1$ anıqlanadı;

2) qısılǵan kesimdegi tereńlikpenen tutasqan $h_c'' = h_2$ tereńligi esaplanadı;

3) $h_c'' = h_2$ tereńligin tómengi beftegi bıtovoy tereńlikpenen h_N salıstırıladı.

Egerde: $h_H < h_c''$ bolsa, onda beflerdi tutastırıw uzaqlasıp qashqan sekiriw arqalı ámelge asırıladı.

Egerde: $h_H = h_c''$ bolsa, onda beflerdi tutastırıw qısılǵan kesimdegi normal sekiriw járdeminde ámelge asırıladı;

Egerde: $h_H > h_c''$ bolsa, onda beflerdi tutastırıw kómilgen sekiriw arqalı ámelge asırıladı.

Qısılǵan kesimdegi h_c tereńligin anıqlaw ushın Bernulli teńlemesinen paydalanıladı. Bul maqset ushın joqarǵı beften 1-1 kesim hám S-S tómengi kesim belgilenedi (10.19 – súwretke qarań). Salıstırma tegisligi etip tómengi beftiń ultanı qáddinen ótkerilgen O-O sızıǵı tańlanadı. 1-1 hám 2-2 kesimler ushın Bernulli teńlemesi tómendegishe jazıladı:

$$H+\frac{\alpha\vartheta_0^2}{2g}+P=h_c+\frac{\alpha\vartheta_c^2}{2g}+h_w, \qquad (10.54)$$

Bul jerde H – joqarı beftegi suwtaslama basaǵası ústindegi aǵımnıń biyikligi;

ϑ_0 – joqarǵı beften aǵımnıń ortasha kiriw tezligi;

P – aǵımnıń túsiw biyikligi;

ϑ_c – qısılǵan kesimdegi aǵımnıń ortasha tezligi;

$h_w=\xi\frac{\vartheta_s^2}{2g}$ – aǵımnıń pásiyuindegi joǵalǵan napor;

ξ – qarsılıq koefficienti.

Qısılıǵan kesimdegi aǵım tezligi

$$\vartheta_s=\frac{Q}{bh_c}=\frac{q}{h_c} \qquad (10.55)$$

Bul jerde Q – suw sarpı; b – ózenniń eni.

1-1 kesimdegi tolıq napor:

$$H_0=H+P+\frac{\alpha\vartheta_0^2}{2g}, \qquad (10.56)$$

teń bolsa, onda (10.54) teńleme tómendegi túrge iye boladı

$$H_0=h_c+\frac{\vartheta_c^2}{2g}(\alpha+\xi) \qquad (10.57)$$

yamasa

$$\vartheta_s=\frac{1}{\sqrt{\alpha+\xi}}\sqrt{2g(H_0-h_c)} \qquad (10.58)$$

Bul jerdegi = φ dep belgilesek, ol joǵalǵan napordı esapqa alıwshı tezlik koefficienti dep ataladı.

(10.58) teńlemege (10.55) dan ϑ_s nıń shamasın qoyıp tómendegini tabamız:

$$H_0=h_c+\frac{q^2}{2gh_c^2\varphi^2} \qquad (10.59)$$

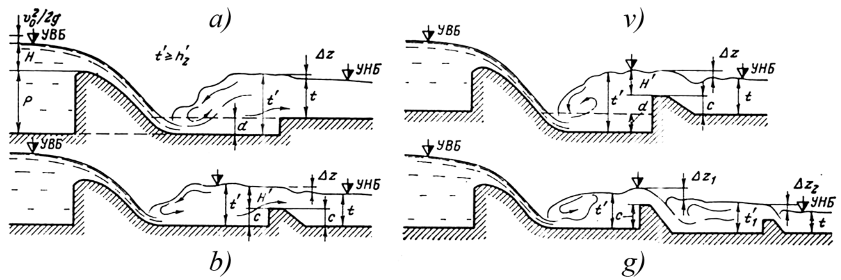
(10.59) teńleme tuwrımúyeshli ózenlerdegi beflerdi tutastırıwdaǵı qısılǵan tereńlik h_c nı anıqlaw ushın paydalanıladı. Bul teńleme tańlaw usılı menen sheshiledi.

Qısılǵan kesimdegi tereńlik h_c menen tutastırıwshı tereńlik h_c' ulıwma jaǵdayda (10.58) teńlememenen, al tuwrımúyeshli ózenler ushın (10.59) formulamenen anıqlanadı.

Beflerdi tutastırıwda uzaqlasıp qashqan sekiriw halatı baqlanǵan jaǵdaylarda, tómengi beftegi kúshli energiyanı óshiriw maqsetinde tómendegi soorujenieler qollanıladı (10.20 – súwret):

- suw urılma qudıǵı (vodoboynıe kolodcı), gidrotexnikalıq soorujenieniń artındaǵı ultanınıń páske túsiwi esabınan tomengi beftiń tereńliginiń kóbeyiuin támiyinlewshi qurılma (10.20,a,b – súwret);
- suw urılma diyual (vodoboynıe stenki), tómengi befke ornatılǵan diyualdıń tásirinde payda bolǵan podpordıń esabınan tómengi beftiń tereńligin kóbeytiwshi qurılma (10.20,v – súwret):
- aralas (kombinirovannıy) tiptegi suw urılma qudıqları, tómengi befte ornatılǵan suw urılma qudıǵı hám diyualı esabınan payda bolǵan podpordan ózenniń tómen túsip, tómengi beftiń tereńlilik kóbeytiwshi qurılma (10.20,g – súwret).

Tutastırıwshı soorujenielerdi hám aǵımnıń energiyasın óndiriwshi qurılmalardı gidravlikalıq esaplawlar texnikalıq ádebiyatlarda hám spravochniklerde tolıq keltirilgen [4,12,14,26,30].



10.20-Súwret. Soorujenielerdiń tómengi befindegi aǵımnıń kinetikalıq energiyasın sóndiriwshi qurılmalar.

10.8. Onınshı baptıń temaları boyınsha ámeliy máseleler.

10.1-másele. Gidravlikalıq elementleri Q = 132 l / s, H = 0,3 m, R' = 0,4 m, h_2 = 0,2 m, b = B bolǵan juqa diyuallı tuwrımúyeshli suwtaslama berilgen. Onıń enin anıqlań?

Sheshimi: Suwtaslama kómilmegen (h_2 < P') bolǵanlıqtan σ_n = 1,0 hám suw sarpı koefficienti juqa diyuallı suwtaslama ushın Bazenniń formulasımenen anıqlanadı.

$$m_0 = \left(0,405 + \frac{0,0027}{H}\right)\left[1 + 0,55\left(\frac{H}{H+P}\right)^2\right] =$$

$$= \left(0,405 + \frac{0,0027}{0,3}\right)\left[1 + 0,55\left(\frac{0,3}{0,3+0,4}\right)^2\right] = 0,46$$

(10.5) formula boyınsha

$$v = \frac{Q}{m_0\sqrt{2g}\cdot H^{3/2}} = \frac{0,132}{0,46\cdot 4,43\cdot 0,3^{3/2}} = 0,39\,m$$

10.2 – másele. Kanalizaciya stanciyasına kelip túsiwshi shıǵındı suwlardı qadaǵalap barıw ushın tuwrımúyeshli kesimdegi eni = 2,0 m lik suw alıp barıwshı kanalǵa juqa diyuallı suwtaslama ornatılǵan, onıń diyualınıń biyikligi p = 1,0 m. Egerde suwtaslamadaǵı napor H = 0,65 m hám tómengi beftegi suwdıń tereńligi h_H = 1,2 m bolsa, kanaldıń suw sarpın anıqlań?

Sheshimi: Bul jaǵdayda tómengi beftegi suw qáddi suwtaslamanıń bosaǵasınan joqarıda jaylasqan ($Z < H$) hám

$$\frac{Z}{P_H} = \frac{(P_H + H) - P_H}{P_H} = \frac{(1+0,65)-1,2}{1,0} = 0,45 < \left(\frac{Z}{P_H}\right)_{kp} \approx 0,75$$

onda bul shárt boyınsha suwtaslama kómilgen halatta boladı [12,62.b].

(10.11) formulamenen suw sarpın anıklaymız

$$Q = m\sigma_n b\sqrt{2g}h^{3/2}$$

Suwtaslamanıń suw sarpı koefficientin Bazenniń formulası boyınsha anıqlaymız:

$$m = \left(0,405 + \frac{0,0027}{0,65}\right)\left[1 + 0,55\left(\frac{0,65}{0,65+1}\right)^2\right] = 0,444.$$

Kómiliw koefficientin tómendegi formulamenen [12,62.b] anıqlaymız

$$\sigma_n = 1,05\left(1 + 0,2\frac{h_p}{P_H}\right)\sqrt[3]{\frac{Z}{H}},$$

bul jerde P_H – suwtaslama diyualınıń tómengi bef bettegi biyikligi; $h_p = h_H - P_H$ – kómiliw tereńligi; Z – joqarǵı hám tómengi beflerdiń suw qáddi arasındaǵı perepad.

Berilgen shamalardı esapqa alıp

$$\sigma_n = 1,05\left(1 + 0,2\frac{1,2-1}{1}\right)\sqrt[3]{\frac{0,45}{0,65}} = 0,966$$

endi suw sarpın anıqlaymız:

$$Q = 0,444\cdot 0,966\cdot 2\sqrt{2\cdot 9,81}\cdot 0,65^{3/2} = 1,99\,m^3/s.$$

10.3 – másele. Juqa diyuallı kómilgen tuwrımúyeshli suwtaslama, eni B = 2,8 m, suw sarpı Q = 0,95 m³/s bolǵan kanalǵa ornatılǵan. Suwtaslamanıń eni b = 0,7 m, biyikligi P = 0,4 m. Usı suwtaslamanıń bosaǵasındaǵı napor H tı anıqlań?

Sheshimi: Suwtaslamanıń tiykarǵı teńlemesinen (10.5)

$$H = \sqrt[3]{\frac{Q^2}{2gm^2b^2}}$$

Birinshi esaplawǵa m = 0,42 etip qabıllap, napordı anıqlaymız:

$$H = \sqrt[3]{\frac{0,95^2}{2\cdot 9,81\cdot 0,42^2\cdot 0,7^2}} = 0,81\,m.$$

Suw sarpı koefficienti shamasınıń durıs alınǵanın kórip shıǵamız, bunıń ushın P.G.Kiselev kitabında [12.62.b.] keltirilgen kiriw tezliginiń hám qaptaldan qısılıwdıń tásirin esapqa alıwshı formulanı qollanıp m di anıqlaymız:

$$m = \left(0,405 + \frac{0,0027}{H} - 0,003\frac{B-b}{B}\right)\left[1 + 0,65\left(\frac{b}{B}\right)^2 \left(\frac{H}{H+P}\right)^2\right] =$$

$$= \left(0,405 + \frac{0,0027}{0,81} - 0,03\frac{2,8-0,7}{2,8}\right)\left[1 + 0,55\left(\frac{0,7}{2,8}\right)^2 \left(\frac{0,81}{0,81+0,4}\right)^2 = 0,392\right.$$

Bul tabılǵan m niń shaması boyınsha napordı ekinshi márte anıqlaymız:

$$H = \sqrt[3]{\frac{0,95^2}{2 \cdot 9,81 \cdot 0,392^2 \cdot 0,7^2}} = 0,85\,m.$$

Úshinshi márte esaplaǵanımızdada usı nátiyjeni beredi.

10.4 – másele. Kanalda ornatılǵan juqa diyuallı úshmúyeshli ($\alpha = 90^0$) suwtaslamadan, Q = 0,25 m^3/s suw sarpın ótkeriw ushın onıń bosaǵasındaǵı napordı anıqlań?

Sheshimi: Úshmúyeshli suwtaslama arqalı ótetuǵın suw sarpın tómendegi formulamenen anıklaymız [12.74 b]:

$$Q = 1,343\, H^{2,47}$$

bunnan

$$H = \left(\frac{Q}{1,343}\right)^{1/2,47} = \left(\frac{0,25}{1,343}\right)^{0,405} = 0,505\,m$$

10.5 – Másele. Berilgen maǵlıwmatlar: Q = 30 m^3/s ; $p = 1,0$ m; $H = 2,0$ m; $h_{n.b.}$ = 2,7 m; B = 30 m, boyınsha keń bosaǵalı suwtaslamanıń kiriw bosaǵası sıypak aylanba túrinde, ε = 0,965.

Sheshimi: Kiriw tezligin anıqlaymız:

$$\vartheta_0 = \frac{Q}{w} = \frac{30}{30(1,0+2,0)} = 0,33\,m/s.$$

Kiriw tezligi júdá kishi bolǵanlıqtan onı esapqa almasaqta boladı, onda tolık napor $H_0 = H = 2,0$ m.

Kómiliw jaǵdayın tekseremiz:

$$h_n = h_{n.b.} - P = 2,7 - 1,0 = 1,7 \text{ m}$$

$$h_n / H_0 = 1,7 / 2,0 = 0,85 > 0,80,$$

bul sharttiń orınlanıwı boyınsha suwtaslama kómilgen esaplanadı.

Suw sarpı koefficienti m di A.R.Berezinskiydiń formulasımenen anıklaymız:

$$m = 0,36 + 0,001\frac{3 - P/H}{1,2 + 1,5P/H} = 0,36 + 0,01\frac{2,5}{1,95} = 0,378$$

h_n / H_0 = 0,85 ke teń bolǵanda, σ_n = 0,96 (10.2 – keste boyınsha).

Suw sarpın (10.22) formula boyınsha anıqlaymız:

$$Q = m \cdot b \cdot \dot{o} \cdot \sigma_n \sqrt{2g}\, H_0^{3/2},$$

bunnan

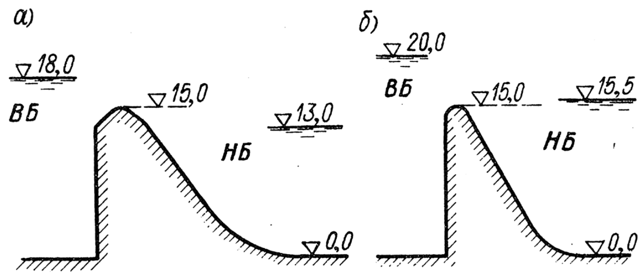
$$b = \frac{30}{0,378 \cdot 0,965 \cdot 0,96 \cdot 4 \cdot 43 \cdot 2,83} = 6,85\,m.$$

10.6 – másele. 10.21 – súwrette normal formadaǵı (Kriger – Oficerov) praktik profilli suwtaslaması keltirilgen: 10.21,a – súwrette vakuumsız profillisi hám 10.21,b – súwrette vakuumlı profillisi. Olar bir suwtaslama tesiginen turadı $B = b$. Bul suwtaslamalardıń qaysısı kómilgen hám qaysısı kómilmegen halatta ekenligin anıqlań?

10.7 – másele. Altı aralıqlı iymeksızıqlı vakuumsız aralıqları qalıńlıǵı δ = 1,5 m bolǵan temirbeton diyuallarmenen bólingen, biyikligi 11 m bolǵan plotina berilgen. Onnan ótip atırǵan suwdıń sarp muǵdarı Q = 241 m^3/s, al ruxsat etilgen naporı H = 1,85 m. Usı plotinanıń enin anıqlań?

Sheshimi: Praktik profilli suwtaslama plotinası arqalı ótetuǵın suw sarpı (10.30) formulamenen anıqlanadı

$$Q = m \cdot \varepsilon \cdot b \sqrt{2g}\, H_0^{3/2}$$



10.21-Súwret. 6-máselege tiyisli sxema.

Suwtaslamanıń suw sarpı koefficientin m = 0,49 etip qabıllaymız. Birinshi mártebe kiriw tezligin $\vartheta_0 < 0,75$ m/s hám $H_0 \approx H$ teń etip alamız.

Qısılıw eni $b_{sj} = \varepsilon\, b$ ekenligin esapqa alıp

$$b_{sj} = \frac{Q}{m\sqrt{2g}H_0^{3/2}} = \frac{241}{0,49\sqrt{2\cdot 9,81}\cdot 1,85^{3/2}} = 44,21m.$$

Tómendegi formulamenen qısılıw koefficientin anıqlaymız

$$\varepsilon = b_{sj} / b = 1 - 0,1n\xi\frac{H_0}{b},$$

bunnan

$$b = b_{sj} + 0,1 \cdot n \cdot \xi \cdot H_0$$

Iymek formadaǵı diyuallar ushın $\xi = 0,7$ den qabıllaymız. Sonda

$$b = 44,2 + 0,1 \cdot 12 \cdot 0,7 \cdot 1,85 = 45,76 \text{ m}.$$

Endi hár bir aralıqtıń enin anıqlaymız

$$b_1 = b/6 = 45,76/6 = 7,62 \text{ m}$$

Ortadaǵı diyuallardıń qalıńlıǵın esapqa alıp plotinanıń ulıwma enin tabamız

$$B = 45,76 + 5 \cdot 1,5 = 53,26 \text{ m}$$

Kiriw tezligin tekserip kóremiz

$$\vartheta_0 = \frac{Q}{B(p+H)} = \frac{241}{53,26(11+1,85)} = 0,35 \text{m/s}.$$

Demek, $\vartheta_0 = 0,35$ m/s < 0,75 m/s bolǵanlıqtan kiriw tezligin esapqa alıp tekseriw talap etilmeydi.

10.8 – másele. Esaplı suw sarpı $Q = 3320$ m^3/s, naporı $N = 6$ m hám $R = 12$ m; tómengi beftegi (bıtovoy,burıńǵı halattaǵı) tereńligi $h_n = t = 5,6$ m bolǵan praktik profilli suwtaslamanıń artında payda bolatuǵın gidravlikalıq sekiriwdiń kómiliw halatın anıqlań? Suwtaslama aldındaǵı kiriw tezligi $\vartheta_0 = 1,88$ m/s.

Sheshimi: Qısılıw tereńligi h_c nı esaplaw ushın kiriw tezligin esapqa alıp napordı anıqlaw kerek

$$H_0 = H + \frac{\vartheta_0^2}{2g} = 6 + \frac{1,88^2}{19,62} = 6,18m,$$

hám suwtaslamanıń 1m enindegi salıstırma suw sarpın

$$q = m\sqrt{2g}H_0^{3/2} = 0,49\cdot\sqrt{19,62} \div 6,18^{3/2} = 33,3m^3/(s.m)$$

Suw sarpın anıqlaǵannan keyin, (10.60) formula boyınsha aǵımnıń qısılǵan kesimindegi tereńlikti anıqlawǵa kirisemiz:

$$h_c^{'} = \frac{q}{\varphi\sqrt{2g(P+H_0)}} = \frac{33,3}{0,9\sqrt{19,62(12+6,18)}} = 1,96m$$

$$h_c^{''} = \frac{q}{\varphi\sqrt{2g(P+H_0-h_c^{'})}} = \frac{33,3}{0,9\sqrt{19,62(12+6,18-1,96)}} = 2,07m$$

$$h_c^{'''} = \frac{q}{\varphi\sqrt{2g(P+H_0-h_c^{''})}} = \frac{33,3}{0,9\sqrt{19,62(12+6,18-2,07)}} = 2,08m$$

Qısılǵan kesimdegi aǵımnıń halatın anıqlaw ushın kritikalıq tereńlikti esaplaymız:

$$h_{kp} = \sqrt[3]{\frac{q^2}{g}} = \sqrt[3]{\frac{33,3^2}{9,81}} = 4,83m$$

Demek, $h_H > h_{kp} > h_c$ bolǵan jaǵdayda gidravlikalıq sekiriw payda boladı.

Birinshi tutastırıw tereńligi $h_1 = h_c = 2,08$ m joqarıda anıqlanǵannan keyin, endi (10.50) formula arqalı ekinshi tutastırıw tereńligin anıqlaymız

$$h_2 = \frac{2,08}{2}\left(\sqrt{1+(\frac{4,83}{2,08})^3} - 1\right) = 9,44 \text{ m}.$$

Juwmaq jasaymız: anıqlanǵan ekinshi tutastırıw tereńligi tómengi beftiń tereńliginen kóp bolıp shıqtı $h_2 > h_H$, demek suwtaslama plotinanıń artında sekiriw uzaqlasıp qashqan halatında boladı hám onıń kómiliwi ushın jasalma túrde plotinanıń tómengi befiniń tereńligin $h_H' = 9,44$ m ge shekem kóbeytiriw talap etiledi.

Plotinanıń tómengi befindegi tereńlikti bunday etip kóbeyittiriw suw urılma qudıq (vodoboynıy kolodec) qurıw arqalı ámelge asırıladı.

Takirarlaw ushın sorawlar.

1. Suwtaslama dep nege aytıladı? Qanday suwtaslamalar boladı?
2. Suwtaslamalardıń tiykarǵı profilleri qanday?
3. Suwtaslamanıń suw sarpı formulasın jazıń hám onıń quramın túsindirip beriń?
4. Hárqıylı profildegi suwtaslama soorujenieler ushın suw sarpı koefficientiniń shamaları qanday ózgeredi.
5. Vakuumsız hám vakuumlı suwtaslamalar suwtaslamalar qanday profilli suwtaslamada ushırasadı?
6. Suwtaslama soorujenieleriniń suw sarpı koefficientleri shamasına tásir etiwshi faktorlardı kórsetiń?
7. Qanday suwtaslama soorujenieleri suw sarpın ólshew ushın qollanıladı?
8. Gidravlikalıq sekiriw dep nege aytıladı?
9. Gidravlikalıq sekiriwdiń tutastırıw tereńligin, biyikligin hám uzınlıǵın anıqlawdı túsindirip beriń?
10. Sekiriw – tolqını qanday jaǵdayda payda boladı?
11. Gidravlikalıq sekiriwdiń tiykarǵı teńlemesin hám xarakterli ózgesheliklerin túsindirip beriń?
12. Gidravlikalıq sekiriwde energiyanıń joǵalıwı qanday anıqlanadı?
13. Soorujenielerdiń tómengi befindegi aǵımlardı tutastırıw formulaların túsindirip beriń?
14. Soorujenielerdiń tómengi befindegi aǵımnıń kinetikalıq energiyasın sóndiriw ushın qanday tiptegi suw urılma qudıqları qollanıladı?
15. Suwtaslama plotinası artında payda bolatuǵın qısılǵan kesimdegi tereńlik qanday anıqlanadı?

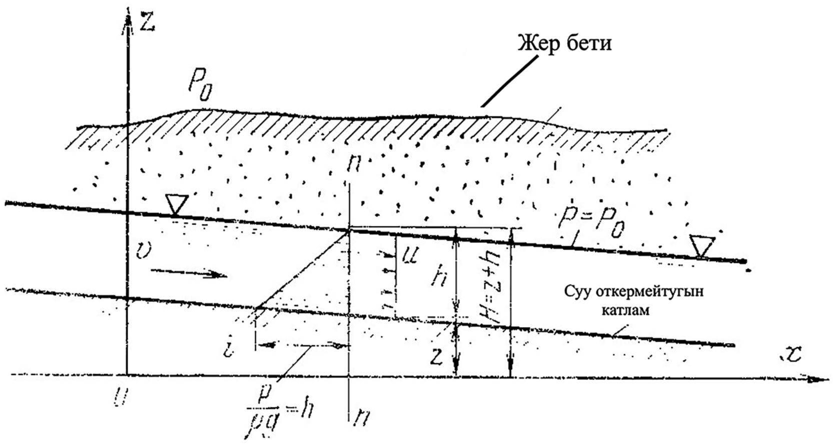
Onbirinshi bap. JER ASTI SUWLARINIŃ HÁREKETI

11.1. Jer astı suwları háreketi teoriyası haqqında túsinikler.

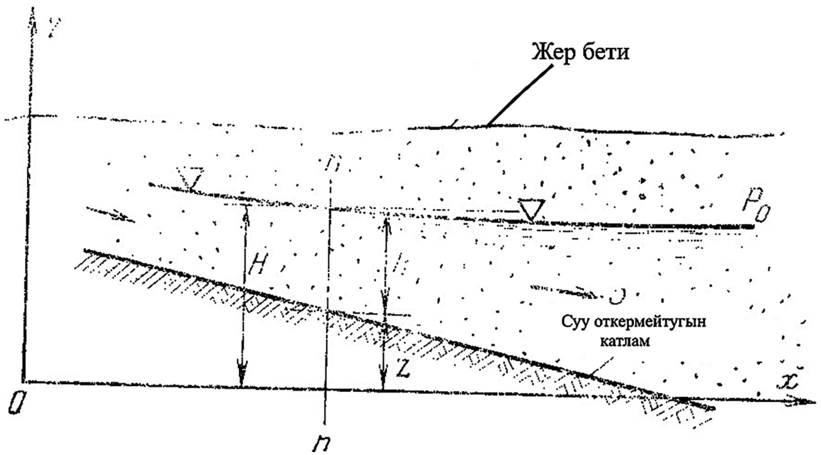
Grunt boslıqların toltırıp turıwshı suwlar grunt suwları dep atalıp, bárqulla hárekette boladı. Boslıq ortalıqtaǵı suwlardıń hám gazdıń háreketin jer astı gidravlikası úyrenedi.

Suw ótkeriwshi grunt ayırım bólekshelerden ibarat bolıp, olardıń arası boslıqlardan turadı. Ámeliyatta bul boslıqlar kólemleriniń jıyındısı ulıwma barlıq grunt kóleminiń (35-40)% tin quraydı. Usı grunt boslıqlarında suwdıń háreketleniw hádiyseleri filtraciya dep ataladı. Bul boslıqlarda suwdıń payda bolıw sebepleri hár túrli, mısalı, jer betine jawǵan jamǵırdan payda bolǵan suwlar jer astına sińedi. Sonıń nátiyjesinde suw birar bir tereńlikte, suw ótkermeytuǵın grunt qatlamı (bul taw jınısları hám soǵan uqsaǵan qattı tıǵız qatlamlarda) uslanıp qalıp, sol tıǵız qatlam sırtınıń qıyalıǵı boyınsha háreket etedi. Suw ótkermeytuǵın tıǵız qatlam jer astı suw aǵımı ushın ózen wazıypasın orınlaydı. Bul ózende jer astı suwı háreket etedi, bul jerde erkin suw qáddindegi jer astı suyıqlıq (filtraciya) aǵımı boladı. Bunday jer astı suw aǵımı naporsız aǵım dep ataladı. Ondaǵı erkin iymek suw qáddi sızıǵına atmosfera basımı tásir etedi. Bunday jer astı suw aǵımı naporsız aǵım dep ataladı.

Grunt qumlardan quralǵan bolsa, ondaǵı jer astı suwlarınıń háreketi, tiykarınan laminar hárekette boladı. Eger grunt iri qum taslardan quralǵan bolsa, turbulent hárekette boladı. Bul bapta jer astı suwlarınıń: a) naporsız qáliplesken tegis ilgerilenbe háreketi (11.1-súwret); b) tegis emes ilgerilenbe háreketlerin (11.2-súwret) qarap shıǵamız. Jer astı suwları tegis emes ilgerilenbe hárekette bolsa, onıń erkin iymek suw qáddi EISQ dipressiya qáddi dep ataladı; erkin iymek suw qáddi sızıǵı EISQS bolsa, dipressiya iymek sızıǵı dep ataladı.



11.1-súwret. Jer astı suwlarınıń tegis ilgerilenbe háreketi.



11.2-súwret. Jer astı suwlarınıń tegis emes ilgerilenbe háreketi.

Málim bolǵanınday, ashıq ózenler (máselen kanal hám dáryalar) daǵı suyıqlıq háreketin gidravlikalıq esaplawda tómendegishe jumıs alıp barǵan edik:

a) Joǵatǵan napordı A.Shezi formulası menen anıqlaǵan edik

$$\upsilon = C\sqrt{RJ} \qquad (11.1)$$

onda υ nı $J^{0,5}$ ke tuwrı proporcional dep alǵan edik;

b) tezlik naporı $\upsilon^2/2g$ nıń shamasın esapqa alǵan edik, sebebi ashıq ózenlerdegi aǵımnıń tezligi υ nıń shamasına salıstırǵanda úlken edi. Sonı ataylap aytıp ótiw kerek laminar háretettegi jer astı suwların gidravlikalıq esaplawda:

a) A.SHezi formulası ornına X.Darsi formulasınan paydalanıladı, ol tómendegishe jazıladı

$$U = KJ \qquad (11.2)$$

Bul jerde tezlik U uklon J dıń birinshi dárejesine tuwrı proporcional;

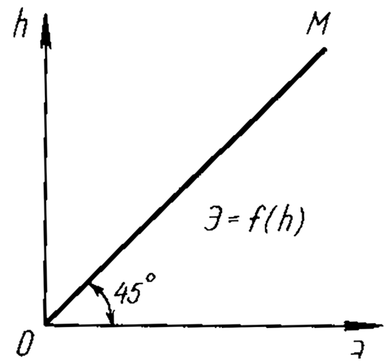
b) jer astı suwları háreketiniń tezlikleri júdá az bolǵanı ushın, tezliktiń naporı $\frac{V^2}{2g}$ esapqa alınbaydı, yaǵnıy $\frac{V^2}{2g} = 0$ dep qabıl etiledi. Bunnan kórinedi, jer astı suwların úyrenip atırǵanda E-E napor sızıǵı hám R-R pezometr sızıǵı bir-biriniń ústine túsedi (bir sızıqta jatadı). Bul jaǵdayda gidravlikalıq hám pezometriyalıq uklonlar bir-birine teń boladı.

$$J_e = J \qquad (11.3)$$

Bul jaǵdayda potencial hám tolıq naporda bir-biri menen teńlesedi, yaǵnıy

$$Ne = N = Z + P/\gamma \qquad (11.4)$$

Eger jer astı suw háreketleri ushın kesimniń salıstırma energiyası grafigin qarap shıqsaq, ol 11.3-súwrettegi kóriniste boladı, sebebi jer astı suwı háreketi ushın $\frac{V^2}{2g} = 0$ hám olardaǵı



11.3-súwret. Kesimniń salıstırma energiyanıń filtraciya agımınıń tereńligine baylanısı.

suw sarpı júdá kishi bolǵanı sebepli grafiktegi E = f(h) iymek sızıq súwrette jer astı suw háreketi ushın OM tuwrı sızıǵına aylanıp qaladı. Bunnan áhmiyetli juwmaq kelip shıǵadı, jer astı suwları háreketi ushın ámeliyatta kritikalıq tereńlik bolmawı, yaǵnıy

$$h_{kr} = 0 \tag{11.5}$$

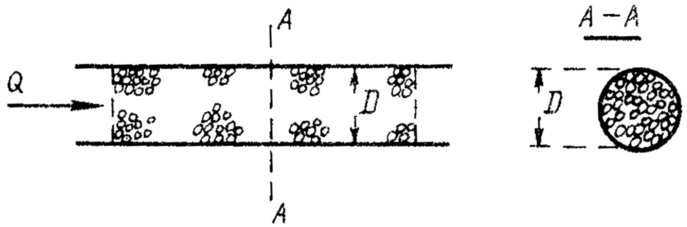
Sonıń ushın bizge málim bolǵan K-K sızıǵı (suwdıń kritikalıq tereńligi h_{kr} di belgilewshi tuwrı sızıq) jer astı suw háreketi ushın ámeliyatta ózen túbiniń sızıǵı (suw ótkerilmeytuǵın qatlam sızıǵı) menen bir sızıqta jatadı. Bul jaǵdayda kritikalıq uklon bolıwı múmkin emes. Sonıń ushın naporsız jer astı suw háreketleri tekte erkin hárekette boladı.

11.2. Jer astı suw aǵımınıń tezligi. X.Darsi formulası.

Jer astı suwları aǵımınıń (filtraciya) tezligin úyreniw ushın 11.4-súwrette kórsetilgenindey diametrin D bolǵan, onı qum menen toltırılǵan, temirden jasalǵan trubanı alamız. Truba ishindegi qumlar arasındaǵı boslıqlardı toltırılǵan suw trubanıń bası hám aqırındaǵı kesimlerdegi basımlar ayırması tásirinde bul boslıqlarda laminar túrde háreket etpekte.

Trubanıń A-A kese kesimin alsaq, bunda kesim betiniń maydanı úsh túrli:

a) kesimdegi grunt boslıqlarınıń maydanı: ω_{bosl}; bul maydandı haqıyqıy aǵım kese kesiminiń maydanı dep qaraw múmkin.



11.4-súwret. Darsi formulasın túsindiriw sxeması.

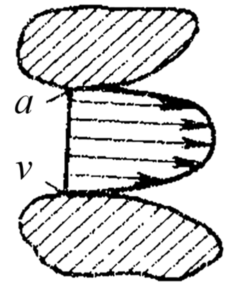
b) kesimdegi grunt bólekshheleriniń maydanı $\omega_{bólek}$ bólekshheleri haqıyqattan bul maydan arqalı suw ótpesligi kerek.

v) trubanıń kese kesimi betiniń maydanı – ω_{geom}. tómendegishe boladı:

$$\omega_{geom} = \frac{\pi D^2}{4}$$

yamasa

$$\omega_{geom} = \omega_{bosl} + \omega_{bólek} \tag{11.6}$$



11.5-súwret. Grunt boslıǵındaǵı keńislikte tezliklerdiń taralıw epyurası.

Eger qandayda bir bóleksheler arasındaǵı boslıqtaǵı suwdıń háreketin qarap shıqsaq, ondaǵı a-v elementar kese kesiminiń tezlik epyurası 11.5-súwrette keltirilgen. Usı tártipte tolıq kese kesim ushın tekte boslıqlardıń qosındısın alsaq, ol jaǵdayda «haqıyqıy» jer astı suwları aǵımınıń tezligi tómendegishe boladı:

$$U'_{bosl} = \frac{Q}{\omega_{bosl}} \tag{11.7}$$

Usınıń menen bir qatarda trubadaǵı tezlikti ω_{geom} arqalı belgilep, jer astı suwları aǵımınıń (filtraciya) tezligi u túsinigi kiritiledi:

$$u = \frac{Q}{\omega_{geom}} = \frac{Q}{\omega_{bosl} + \omega_{bólek}} \tag{11.8}$$

(9.7) teńlemeden kóringenindey, der astı suwları aǵımınıń (filtraciya) tezligi <u>u</u> ideal tezlik bolıp, onda suw tekte boslıqta háreketlenbesten, bálkim «grunt dáneshesiniń ishinen» hám ótedi degen teoriya qabıl etilgen, biraq oǵan qaramastan bul jerdegi suw sarpı trubadan haqıyqıy ótip atırǵan suw sarpına teń. Joqarıda keltirilgen haqıyqıy tezlik hám filtraciya tezligi túsiniklerinen keyin, olar ortasındaǵı baylanıslardı ornatamız. Onıń ushın jańa belgiler qabıl etemiz.

a) grunt dánesheleri arasındaǵı boslıqlardıń kólem koefficientin <u>n</u> dep belgilesek, ol tómendegishe anıqlanadı:

$$n = \frac{\text{grunt boslıqlarınıń kólemi}}{\textit{grunt boslıqlarınıń kólemi + grunt bóleksheleriniń kólemi}} < 1$$

b) grunttıń qáddi boslıqları koefficientin n_0 dep belgilesek:

$$n_0 = \frac{\omega_{boslıq}}{\omega_{geom}} < 1{,}0 \qquad (11.10)$$

Bunnan sonday juwmaq kelip shıǵadı, grunt bóleksheleri teń ólshemli bir qıylı tártipli qumlardan quralǵan bolsa,

$$n = n_0 \qquad (11.11)$$

ge teń boladı.

Eger (11.8) teńlemeniń (11.7) teńlemege qatnasın alsaq, teń ólshemli grunt bóleksheleri (qumlar) ushın

$$\frac{U}{U'} = \frac{\omega_{boslıq}}{\omega_{geom}} = n_0 = n \qquad (11.12)$$

Bunnan

$$U = n\, U` \qquad (11.13)$$

Bul jerde sonı aytıw kerek boladı, n<1,0 bolǵanı ushın jer astı suwları aǵımınıń (filtraciya) tezligi $\underline{u}$ óziniń muǵdarı boyınsha barlıq waqıtta «haqıyqıy» jer astı suwı háreketiniń tezligi $\underline{u}'$ dan kishi boladı.

Qumlarda suwdıń sińiwin úyrenip, jer astı suwları aǵımınıń (filtraciya) tezligin esaplaw formulası islep shıǵılǵan. Bul formula laminar hárekettegi filtraciyanıń tiykarǵı nızamın bildiredi. Ol X.Darsi formulası dep ataladı hám tómendegishe jazıladı:

$$u = kJ \qquad (11.14)$$

Bul jerde u –jer astı suw aǵımı háreketiniń berilgen málim bir tochkadaǵı filtraciya tezligi; J-usı tochkadaǵı pezometriyalıq uklon; k – proporcionallıq koefficienti, ol filtraciya koefficienti dep ataladı.

(11.14) formuladan kóringenindey, filtraciya koefficienti K tezlik ólshem birligine iye bolıp (sebebi J ólshem birligine iye emes), ol pezometriyalıq uklon J =1,0 teń bolǵandaǵı filtraciya tezligin bildiredi.

Filtraciya koefficienti K grunttıń quramına baylanıslı. Jer astı suwlarınıń aǵımınıń suw sarpı (tiykarınan laminar hárekettegi filtraciya ushın)

$$Q = \omega\, k\, J \qquad (11.15)$$

(11.15) teńleme X.Darsi formulası dep ataladı. Bul laminar háreketine tiyisli (11.14) hám (11.15) formulalar málim qollanıw shegarasına iye. Eger

$$ud < (0{,}01 \div 0{,}07)\cdot 10^{-2}\ m^2/s, \qquad (11.16)$$

bolsa, jer astı suwları aǵımı (filtraciya) laminar hárekette boladı, ol jaǵdayda (11.14) hám (11.15) formulaların qollanıw múmkin.

Eger (11.16) shárti orınlanbasa, ol jaǵdayda jer astı suwları aǵımı (filtraciya) turbulent hárekette boladı, ol jaǵdayda X.Darsi formulası (11.14), (11.15) teńlemeni qollanıw múmkin emes. Jer astı suwları aǵımı (filtraciya) turbulent hárekette bolsa, onıń tezligi tómendegi formuladan anıqlanadı:

$$u = kJ^{1/m} \qquad (11.17)$$

yamasa

$$J = \frac{1}{K^m}\cdot u^m \qquad (11.18)$$

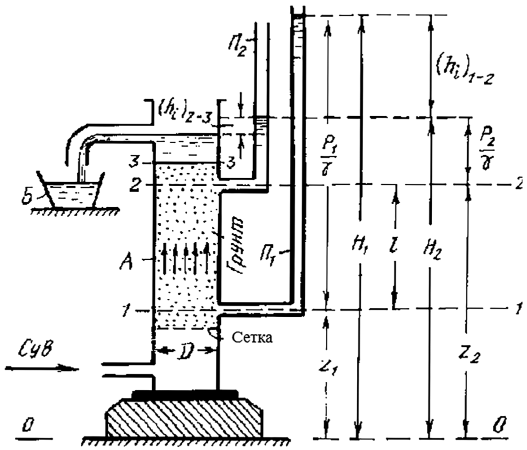
Bul jerde m- dáreje kórsetkishi, tájiriybeden alınadı : $1{,}0 \le m \le 2{,}0$

m – ekinshi dárejeli qarsılıq oblastı ushın $m = 2{,}0$ ge teń.

11.3. Jer astı suwları háreketiniń (filtraciya) koefficientin anıqlaw usılları.

Jer astı suwları háreketiniń (filtraciya) koefficientin anıqlawdıń úsh usılı bar:

1. Laboratoriya usılı: k – filtraciya koefficientin laboratoriyada arnawlı ásbap (X.Darsi ásbabı) járdeminde anıqlanadı. X.Darsi ásbabı



11.6-Suwret. Filtraciya koefficientiniń anıklaw ushın Darsi áspabı.

metalldan jasalǵan A cilindr túrinde bolıp (11.6-súwret), túbine jaqın jerde sım setka menen úskenelengen. Sım setkanıń ústine tájiriybe ótkeriletuǵın grunt-qum tóselgen.

Tiyisli napor tásirinde suw usı qum ishinen cilindr A boylap tómennen joqarıǵa qarap háreketlenedi. Usı qum toltırılǵan A cilindr ıdıstıń (ásbaptıń) biyikligi boyınsha 1-1 hám 2-2 kesim alamız, olardıń aralıǵın L menen belgileymiz. 1-1 hám 2-2 kesimlerde P_1 hám P_2 pezometrler ornatıladı, olar járdeminde usı kesimlerdegi N_1 hám N_2 naporları ólshenedi. Usı grunt (qum) tóselgen A ıdıstan ótken suw B ıdısqa quyıladı, bul jerde kólem usılında suw sarpı anıqlanadı. Bul suw sarpı filtraciya suw sarpı dep ataladı:

$$Q = \frac{W}{t} \tag{11.19}$$

Bunda W – suwdıń t waqıt ishinde 1-1 hám 2-2 kesimlerden ótken kólemi.

Darsi formulası (11.15) ti K ǵa salıstırıp sheshsek

$$K = \frac{Q}{\omega \cdot J} \tag{11.20}$$

(11.20) formula járdeminde berilgen grunt ushın K nıń shamasın anıqlaw múmkin. Bunda ω – A cilindr ıdıstıń kese kesimi betiniń maydanı

$$\omega = \frac{\pi D^2}{4}$$

bul jerde D – cilindr A ıdıstıń diametri. Uklon J tómendegishe anıqlanadı

$$J = \frac{h_{1-2}}{l},$$

Bul jerde – eki kesimniń aralıǵı (uzınlıǵı) boyınsha joǵatılǵan napor

$$h_{1-2} = N_1 - N_2 \tag{11.21}$$

2. Esaplaw usılı: k – filtraciya koefficienti empirikalıq formulalardan paydalanıp esaplanadı. Mısalı A.Xazen formulasın keltiremiz (bul formula grunt bóleksheleri teń ólshemsiz bolǵan hár túrli quramǵa iye qumlar ushın). A.Xazen formulası

$$K = Ac\tau d^{2}_{10\%} \tag{11.22}$$

Bul jerde A – koefficient, ol K nıń ólshem birligin názerde tutıwshı koefficient, eger K m/qún birlikte berilse, ol jaǵdayda A=1,0 boladı. c – qumnıń pataslanıw koefficienti, qumnıń «pataslanıw» dárejesi artıwı menen s nıń shaması

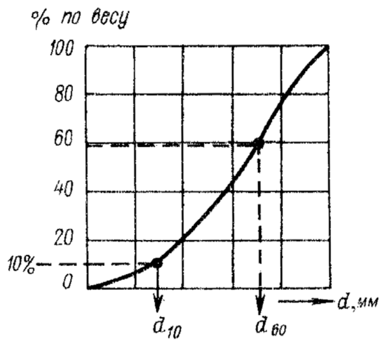
$$C = 500 \div 1000,$$

τ – jer astı suwınıń temperaturasına baylanıslı koefficient

$$\tau = 0{,}70 + 0{,}03\ T^0C,$$

T^0C – suwdıń temperaturası.

d_{qum} – grunttıń iymek granulometriyalıq quramınıń grafigi (11.7-súwret) boyınsha 10% li muǵdarǵa tiyisli diametri.



11.7-Suwret. Grunt bóleksheleriniń granulometriya quramı grafiginiń sxeması

11.7-suwrettegi grafikten alınǵan $d_{60\%}$ hám $d_{10\%}$ lardıń qatnası grunttıń teń ólshemsiz hár túrli quramın kórsetiwshi koefficient (koefficient raznozernistosti) dep ataladı, ol tómendegishe jazıladı:

$$\mathcal{E} = \frac{d_{60\%}}{d_{10\%}}$$

Eger $\mathcal{E}$ > (7…..10) bolsa, ol jaǵdayda V.S.Kneroz teoriyasına tiykarlanıp bunday grunt teń ólshemsiz hár túrli quramdaǵı grunt esaplanadı.

Eger < 5 bolsa, ol jaǵdayda bunday grunt teń ólshemli bir túrli quramdaǵı grunt esaplanadı. A.Xazen formulasında bolsa, bul koefficient $\mathcal{E}$ >5 ekenligi anıqlanǵan. Demek A.Xazen formulası, tiykarınan teń ólshemli bir túrli quramdaǵı qumlar ushın qollanıladı. Aqırǵı waqıtları ámelde K nı anıqlawda empirik formulalardan az paydalanıladı. Olardıń ornına joqarıda keltirilgen, X.Darsi ásbabı járdeminde K nı anıqlaw usılı keń qollanıladı, sebebi X.Darsi ásbabı járdeminde ólshep alınǵan muǵdarlar kóbirek haqıyqatqa jaqınıraq (empirikalıq formulalardan alınǵan muǵdarlarǵa salıstırǵanda).

3. Dala usılı. Bul usılda dalada jerdiń betinde kishi dóńgelek maydan tayarlanılıp, oǵan anıq bir waqıt ishinde suw quyıp turıladı. Natiyjede (sol grunttıń túrine qarap) qanday waqıt ishinde qansha suw grunta sińgenligi ólshenedi, keyin arnawlı formulalar járdeminde K nıń shamasın esaplaw múmkin. 11.1-kestede tiykarınan ámelde tez-tez ushıraytugın hár qıylı túrdegi gruntlar ushın K nıń shamaları keltirilgen.

11.1-keste

Hár qıylı gruntlar ushın filtraciya koefficientiniń shamaları

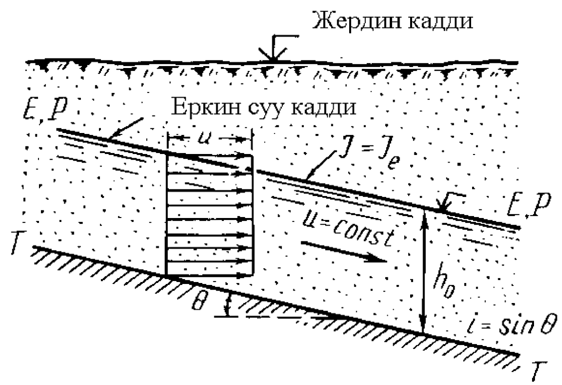
Grunt	*Filtraciya koefficienti, k*	
	sm/s	*m/kún*
Shaǵal	10-0,1	1000-100
Iri qum	0,1-0,01	100-10
Mayda qum	0,01-0,001	10-1,0
Supes(tıǵız topıraq)	0,001-0,0001	1,0-0,1
Suglinok (saz topıraq)	0,0001-0,00001	0,1-0,01
Glina (ılay)	0,00001-0,00001	0,01-0,001

11.4. Jer astı suwlarınıń naporsız tegis hám tegis emes ilgerilenbe háreketi.

Naporsız tegis ilgerilenbe háreket. Jer astı suwlarınıń jer astı háreketi, gruntlar quramına hám olardıń túrlerine qarap eki kóriniste boladı: a) tegis ilgerilenbe háreket hám b) tegis emes ilgerilenbe háreket.

Naporsız tegis ilgerilenbe háreketti úyrenip atırǵanda, tezlik naporın $\upsilon^2/2g$ =0 dep qabıl etemiz, sonıń ushın E-E napor sızıǵı R-R pezometriyalıq sızıqtıń ústine túsedi. R-R pezometriyalıq sızıq bolsa óz náwbetinde erkin suw qáddi sızıǵı menen bir sızıqta jatadı. Erkin suw qáddi sızıǵı, aǵım tegis ilgerilenbe hárekette bolǵanda ózen ultanı sızıǵı T-T ǵa parallel boladı (11.8-súwret).

Solay etip, jer astı suwlarınıń aǵımı tegis ilgerilenbe háreketke bolǵanda E-E sızıǵı, P-P sızıǵı hám erkin suw qáddi sızıǵı bir sızıqta jatadı eken hámde olar ózen sızıǵı T-T ǵa parallel boladı.



11.8-súwret. Grunt suwı aǵımınıń naporsiz tegis ilgerilenbe háreketi.

$$J_0 = J = J_{eisq} = i \qquad (11.23)$$

Jer astı suw ağımı naporsız tegis ilgerilenbe bolsa, X.Darsi formulası (11.13) ti tómendegishe jazıw múmkin

$$u = ki \qquad (11.24)$$

ol jağdayda suw sarpı

$$Q = \omega ki \qquad (11.25)$$

Bunnan ağımnıń birlik keńligi ushın v=1,0 m (11.24) teńlemeniń ornına salıstırma suw sarpın alamız

$$q = \frac{Q}{B} = h.k.i \qquad (11.26)$$

(11.26) teńlemeden jer astı suw ağımınıń tegis ilgerilenbe háreketiniń normal tereńligin jazamız

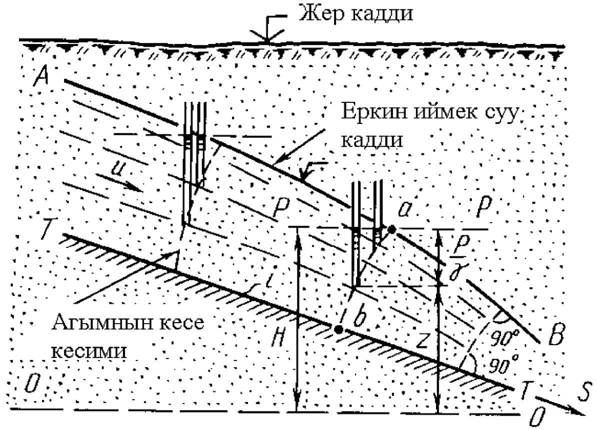
$$h_0 = \frac{q}{Ki} \qquad (11.27)$$

(11.27) teńleme naporsız ağımınıń birlik keńligi ushın tegis ilgerilenbe háreket teńlemesi bolıp esaplanadı.

Naporsız tegis emes ilgerilenbe háreket. Jer astı suwlarınıń naporsız tegis emes ilgerilenbe háreketin úyreniwde J.Dyupyui formulası tiykarğı formula etip alınadı. Bunıń ushın 11.9-súwrette haqıyqıy filtraciya ağımınıń barlıq gidravlikalıq elementlerin keltiremiz.

11.9-súwrette T-T sızığı – ózen ultanınıń sızığı AV sızığı – erkin iymek suw qáddi sızığı. Jer astı suwlarınıń háreketi qaralıp atırğanda AV sızığı iymek depressiya sızığı dep ataladı. Bul jerde ağımnıń kese kesimi sızığı a-v, AV, T-T hám ağım sızıqları ortogonal (tik) jóneliste bolıwı kerek. 11.9-súwretten napor tómendegishe jazıladı

$$N = Z + \frac{R}{\gamma} \qquad (11.28)$$



11.9-súwret. Tegis emes ilgerilenbe hárekettegi haqıyqıy filtraciya ağımınıń sxeması.

Ağımnıń kese kesimi a-v boyınsha qálegen tochkada ornatılğan pezometrlerdegi suw qáddileri birdey gorizontal tegislikte (R-R tegisliginde) jaylasadı. R-R tegisligi salıstırma tegisligi O-O den napor biyikliginde jaylasqan (yağnıy ağımnıń a-v kese kesimine juwap beriwshi napor), ol jağdayda

$$N = Z + \frac{R}{\gamma} = \text{const (ağımnıń berilgen kese kesimi ushın)} \qquad (11.29)$$

Qaralıp atırğan jağday ushın ağımnıń berilgen kese kesimleri onıń teń naporlı sızıqları esaplanadı, yağnıy N= const

Jer astı suwları tegis ózgeriwsheń tegis emes ilgerilenbe hárekette ağımnıń kese kesimi (a-v sızığı) teń naporlı sızıq bolıp, ağım sızığına ortogonal (tik) jónelgen boladı.

Naporsız jer astı suwınıń tegis emes ilgerilenbe háreketin úyreniwde tómendegi ápiwayılastırıwdı qabıl etemiz:

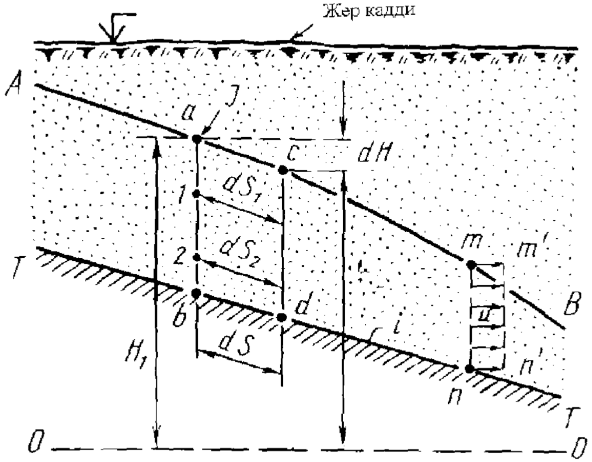
a) ağımnıń kese kesimin tegis dep qabıl etemiz, sebei onıń iymekligi júdá úlken emes;

b) ağımnıń kese kesimin tik (vertikal) dep qabıl etemiz, sebebi ózen últanınıń qiyalığı júdá kishi. Usı ápiwayılastırıwğa tiykarlanıp háqiyqıy jer astı suwları (filtraciya) ağımınıń esaplaw modelin alamız. Bul jağdayda 11.9-súwrettegi halat, model túrinde 11.10-súwretke kóshirilip alınadı. Bul modeled ağımnıń kese kesimi tegis hám tik (vertikal) boladı, ağımnıń sızıqları kese kesim sızıqlarına biraz ortogonal bolmaydı. Soǵan qaramastan biz usınday halatqa kóniwimiz lazım. 11.10-súwrette (yaǵnıy modeldi) qarap shıǵıp, onda eki kese kesim, a-v hám s-d kesimlerin belgileymiz. a-v nıń biyikligi boyınsha 1,2 ……. hám taǵıda basqa toshkalarında birdey hám ds ke teń ds_1, ds_2… ds_n lerdi tayarlaymız. Bul kesimlerdiń naporları: a-v kesimde $–N_1$; c-d kesimde $–N_2$; olardaǵı joǵalǵan napor bolsa a-v kesimnen s-d kesimge shekem ds aralıǵında tómendegishe

$$-dH = H_1 - H_2 \qquad (11.30)$$

Bul jaǵdayda, aǵımnıń berilgen kese kesiminiń (mısalı,a-v kese kesiminde) barlıq tochkalarında pezometriyalıq qiyalıq birdey bolıp erkin suw qáddiniń qiyalıgına teń

$$J = \frac{dH}{dS} = \text{const} \quad \text{(aǵımnıń kese kesimi boyınsha)} \qquad (11.31)$$



11.10-súwret. Dyupyui boyınsha filtraciya aǵımın esaplaw modeli.

Bunı X.Darsi teoriyasına tiykarlanıp tómendegishe jazıw múmkin:

$$u = kJ = -K\frac{dH}{dS} = \text{const} \quad \text{(aǵımnıń kese kesimi boyınsha)} \qquad (11.32)$$

Juwmaq: aǵımnıń kese kesimi boyınsha qálegen tochkalarda filtraciya tezlikleriniń taralıwı (mısalı m-n kesimi ushın) tuwrı tórtmúyesh m-m'–n'–n túrinde boladı. Bul jerde ortasha tezlik aǵımnıń berilgen kese kesimi ushın qálegen tochkadaǵı tezligine teń:

$$\upsilon = u \qquad (11.33)$$

bunda u –qaralıp atırǵan kese kesiminiń qálegen tochkasındaǵı tezlik.

(11.32) teńleme hám (11.33) teńlemeni názerde tutsaq

$$\upsilon = -K\frac{dH}{dS} \qquad (11.34)$$

bul jerde / - depressiya iymek sızıǵı tochkasındaǵı qiyalıq (berilgen kesimge tiyisli).

(11.34) teńleme J.Dyupyui teńlemesi dep ataladı.

Jer astı suwları aǵımınıń tegis emes ilgerilenbe háreketiniń differencial teńlemesi (prizmatik ózen ushın). Málim bolǵanınday, naporsız ashıq ózenlerdegi suyıqlıq aǵımınıń tegis emes ilgerilenbe háreketiniń EISQ qiyalıǵı J (11.11-súwret) tómendegi eki túrli teńleme menen belgileniwi múmkin (8.23 hám 11.31 teńlemelerine qarań).

$$J = i - \frac{dH}{dS} \qquad (11.35)$$

$$J = \frac{dH}{dS} \qquad (11.36)$$

(11.35) hám (11.36) teńlemelerin názerde tutqan halda (11.34) teńlemeni, yaǵnıy J.Dyupyui formulasın tómendegishe kóshirip jazıw múmkin

$$J = K\left(i - \frac{dH}{dS}\right) \qquad (11.37)$$

Ortasha tezlikti anıqlaǵannan keyin suw sarpınıń úzliksizlik teńlemesin tómendegishe jazıw múmkin:

$$Q = \omega \cdot \upsilon = \omega\, K(i - \frac{dH}{dS}) \qquad (11.38)$$

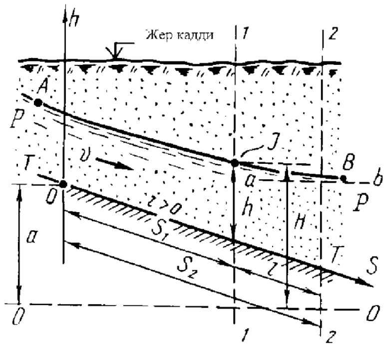
Alınǵan (11.38) teńleme naporsız jer astı suw aǵımınıń tegis emes ilgerilenbe háreketiniń tiykarǵı differencial teńlemesi (ultan qiyalıǵı i> 0 bolǵan prizmatik ózen ushın). Ózenniń birlik keńligi ushın salıstırma suw sarpı:

a) ózen ultanı qiyalıǵı i> 0 bolǵan jaǵday ushın (10.10-súwret)

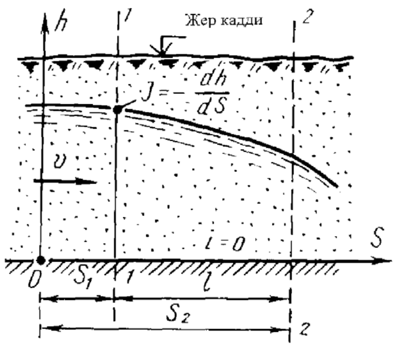
$$q = h\, K\ (i - \frac{dH}{dS}) \qquad (11.39)$$

b) ózen ultanı qiyalıǵı i= 0 bolǵan jaǵday ushın (11.12-súwret)

$$q = -h\, K \frac{dH}{dS} \qquad (11.40)$$



11.11-súwret. Tegis emes ilgerilenbe hárekettiń (i>0) jaǵdayı ushın differensial teńlemesin keltirip shıǵarıw sxeması.



11.12-súwret. Tegis emes ilgerilenbe hárekettiń (i=0) jaǵdayı ushın differensial teńlemesin keltirip shıǵarıw sxeması.

11.5. Jer astı suwlarınıń suw jıynawshı qudıqlarǵa hám drenajlarǵa aǵıp keliwi.

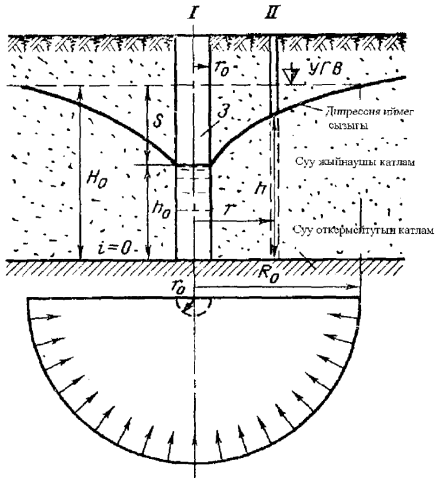
Egerde suw jıynawshı qatlam suw ótkermeytugın (vodoupor) qatlamınıń ústinde jaylasqan bolsa hám barlıq tereńligi boyınsha cilindrlik skvajina ótkerilgen bolsa, bunday skvajinalar qáliplesken qudıqlar dep ataladı (11.13-súwret). Qudıqtan suwdı tartıp alıw jaǵdayında jer astı suwınıń tereńligi N_0 dep h_0-ge shekem yaǵnıy S biyiklikte tómen túsedi. Qudıqtıń átirapındaǵı grunttıń erkin betindegi suw qáddi jer astı suwınıń qaddinen baslap voronka túrindegi depressiya sızıgın payda etip, iymek sızıqta tómen túsedi (voronka radiusı R_0 – qudıqtıń tásir etiw radiusı). Jer astı suwınıń tómen túsiw uchastkasındaǵı qáddi depressiya iymek sızıq penen xarakterlenedi. Bunday qudıqlarǵa suw jıynawshı qatlamnıń qiyalıǵında suwdıń aǵıp keliw muǵdarı (debit), grunttıń filtraciya koefficientine K, suw jıynawshı qatlamnıń tereńligine N_0, qudıqtaǵı suwdıń tereńligine h_0, baylanıslı Dyupyudiń formulası menen anıqlanadı:

$$Q = 1,36 \frac{R\left(H_{0-}^{2} h_0^{2}\right)}{lg\frac{R_0}{r_0}} \qquad (11.41)$$

Egerde qudıqqa grunt suwınıń aǵıp keliwine jer astı grunt suwı qáddiniń páseyiwin S arqalı belgilesek, onda

$$Q = 1,36 \frac{K\left(2N_0 - S\right)S}{lg\frac{R_0}{r_0}} \qquad (11.42)$$

Bul formula qurılıs transheyalarına hám kotlovanlarına grunt suwınıń páseyiwi tereńligin esaplawda hám suwdıń filtraciyalanıp aǵıp keliwin esaplawda keń qollanıladı. (11.42) formula quramındaǵı barlıq shamalar 11.13-súwrette belgilenip kórsetilgen. Esaplawlarda qudıqlardıń tásir etiw radiusı R_0 di tómendegishe qabıl etiw múmkin:



11.13-súwret. Qáliplesken suw shıǵarıp beriwshi qudıqtıń sxeması.

Mayda bóleksheli grunlar ushın………………..100-200

Orta bóleksheli gruntlar ushın………………….200-500

Iri bóleksheli gruntlar ushın……………………700-1000.

(11.41) formuladaǵı N_0 di h qa hám R_0 di r ge ózgertip depressiya iymek sızıǵınıń teńlemesin tabamız:

$$h2-h_0^2=0,73\frac{Q}{K}lg\frac{r}{r_0} \qquad (11.43)$$

(11.43) teńleme dala jaǵdayında suwdı tartıp shıǵarıw usılında koefficient filtraciyanı anıqlaw ushın qollanıladı. Bul koefficient filtraciyanı anıqlawda eń anıq usıl bolıp esaplanadı, sebebi jer astı grunt suwları tábiiy halatında jaylasqan boladı.

11.1-mısal. Diametri d_0 =300 mm bolǵan skvajinalarǵa grunt suwınıń aǵıp keliwin (debitin) anıqlań. Suwlı qatlamnıń filtraciya koefficienti K=0,0002 m/s; suwlı qatlamnıń tereńligi N_0 =14m; qudıqtaǵı suwdıń tereńligi $h_0=10m$. Suwlı qatlam mayda bóleksheli qumnan quralǵan.

Sheshimi: Joqarıda keltirilgen R_0 diń shamasın suw qatlamı grunttıń iriligine baylanıslı R_0=120m etip qabıl etemiz. Skvajinanıń radiusı $Z_0=d_0/2$ =150mm = 0,15m.

(11.41) formula boyınsha Q dı anıqlaymız:

$$Q=1,36\frac{0,0002\left(14^2-10^2\right)}{lg\frac{120}{0,15}}=0,009\ m^3/s.$$

Artezian qudıǵı. Egerde suw jiynawshı qatlam suw ótkermeytuǵın qatlamlardıń arasında (ortasında) ornalasqan bolsa, onda bul jerdegi basım atmosfera basımnan kóp bolıp barlıq boslıqlar suw menen tolǵan boladı. Bunday qatlam naporlı dep ataladı, al qurılǵan skvajinalar bolsa – artezian qudıqları dep ataladı (11.14-súwret). Artezian qudıqlardaǵı suw qáddi N_0 biyikliginde qáliplesip, suwlı qatlamdaǵı E-E pezometriyalıq basım sızıǵına durıs keletugın tábiiy napor menen xarakterlenedi.

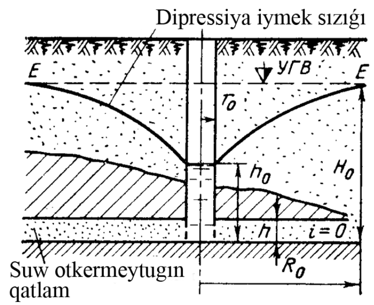
Qudıqtan suwdı tartıp alıw nátiyjesinde onıń átirapında depressiya iymek sızıǵı payda bolıp, R_0 ge teń bolǵan aralıqta tarqaladı. Artezian qudıǵına grunt suwınıń aǵıp keliwi (debiti) tómendegi formula menen anıqlanadı

$$Q=2,73\frac{kh\left(H_{0-}h_0\right)}{lg\frac{R_0}{r_0}} \qquad (11.44)$$

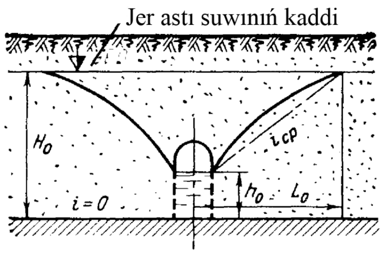
Drenaj galereyası. Egerde drenaj galereyası tómenine tuwrı múyeshli kese kesimge iye bolsa hám onıń bir tárepi vodouporǵa shekem ornalasqan bolsa (11.15-súwret), onda grunt suwınıń aǵıp keliwi (debiti) tómendegi formula menen anıqlanadı.

$$Q=\frac{kl_{0\left(H_0^2-h_0^2\right)}}{L_0} \qquad (11.45)$$

Egerde h_0 di alıp taslasaq (sebebi ádette h_0<<H_0 bolǵanlıqtan) onda (11.45) formula qısqartılıp jazıladı:



11.14-súwret. Artezian qudıqlar.



11.15-súwret. Suw ótkermeytuǵın qatlamda ornalasqan drenaj galereyasına grunt suwınıń aǵıp keliw sxeması

$$Q = \frac{kl_0H_0^2}{L_0} \qquad (11.46)$$

Bul jerde bolsa R_0 menen birdey bolıp galereyanıń tásir etiw shegarası dep ataladı.

Egerde galereyanıń iymek depressiya sızıgın túwrı qiya sızıq penen almastırsaq, onda = N_0/ i_{sr} bolıp anıqlanılıp, bul jaǵday ushın $h_0 \approx 0$ boladı.

Ortasha qiyalıqtıń i_{sr} muǵdarın shamalap grunttıń túrine baylanıslı tómendegishe qabıl etemiz:

Iri bóleksheli qum .... 0,003-0,005.
Qum 0,005-0,015
Supes 0,03
Suglinok 0,05-0,1
Ilay (glina) .... 0,15.

11.2 – mısal. Jer astı suwınıń tereńligi N_0=1,5 m uzınlıǵı L_r =500m bolǵan drenaj galereyasınıń eki tárepinen suwlı qatlamnan aǵıp keliwin (debitin) anıqlań. Drenaj galereyası jer astı grunt suwı qáddinen tómende supes gruntında jatqızılǵan bolıp supes grunttıń koefficient filtraciyası k=0,00015 m/s.

Sheshimi: Tómendegi formula menen L_0 di anıqlaymız

$$L_0 = N_0/ i_{sr} =1,5 /0,03 =50\text{m}.$$

(bul jerdegi i_{sr} – supes ushın i_{sr}= 0,03)

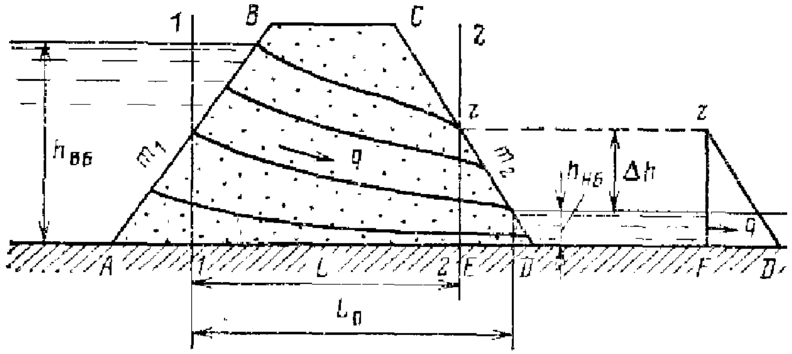
Drenaj galereyasına suwdıń aǵıp keliwi (debitin) (11.46) formula menen anıqlaymız

$$Q = \frac{0,00015 \cdot 500 \cdot 1,5^2}{50} = 0,0034 \text{ m}^2/\text{s}.$$

11.6. Teń ólshemli birdey quramdaǵı grunttan quralǵan plotina (tosıq) arqalı sińip ótip atırǵan suwdıń háreketi.

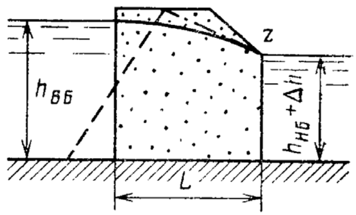
Suw ótkermeytugın tiykarda qurılǵan birdey quramdaǵı jer plotinası arqalı sińip ótip atırǵan suw aǵımı háreketin kórip shıǵamız (11.16-súwret). Qaptal diywalları shiysheden tayarlanǵan lotok modelinde plotina arqalı grunttan sińip ótip atırǵan suw háreketin anıq kóriw múmkin. Tok sızıǵı joqarǵı qiyalıq (otkos) AV dan baslanıp tómengi qiyalıq SD da tamam boladı. Egerde joqarǵı qiyalıqqa margancovka kislıy kaliy kristallın ornalastırsaq, onda olar erip aralasıp filtraciya aǵımınıń tok sızıǵın boyap kórsetedi. Bunıń eń joqarǵı tok sızıǵı depressiya iymek sızıǵı bolıp esaplanadı. Bul sızıqtıń tómengi qiyalıqqa (tochka Z ke) tutasıwı aǵıp keliw tochkası dep ataladı. Ayırım jaǵdaylarda Z tochkası tómengi bъeftegi suw qáddi menen tutasqan boladı, bunda Δh =0 boladı.

Birdey quramdaǵı grunttan qurılǵan plotina arqalı sińip ótip atırǵan suwdıń háreketin esaplaw tiykarınan plotina denesi arqalı alıp atırǵan sarpın, Z tochkası átirapındaǵı shıǵıw filtraciya agımı tezligi hám depressiya iymek sızıǵınıń halatın anıqlawlardan turadı. Bulardı esaplawdıń kóplegen usılları bar, atap aytqanda N.N. Pavlovskiydiń, A.A.Ugincustıń, S.N.Numerovanıń, G.K. Mixaylovanıń, F.SHafferna-kanıń hám t.b.



11.16-súwret. Suw ótkermeytuǵın tiykardaǵı jr platinasi denesinen sınıp ótiwshi aǵımdı esaplaw sxeması.

Bul jerde biz F. Shaffernak usılına toqtap ótemiz, bunda real plotinanıń (11.17-súwret) aldıńǵı tárepin vertikal qaptal etip ózgerttiriledi. Bunıń ushın AV sızıǵın teńdey etip ekige bólinedi: 1-1 vertikal menen hám plotinanıń tómengi bólegi joqarıǵa almastırıladı (11.17-súwrette kórsetilgenindey etip); 2-2 vertikaldıń oń tárepindegi tómengi qiya bólegi waqıtsha alıp taslanadı. Bunıń nátiyjesinde ózlestirilgen tuwrı múyeshli tosıqqa qusaǵan plotinanıń ortańǵı bólegi payda boladı. Aǵıp ótiwshi suw sarpı Dyupyui formulasın paydalanıp anıqlanadı



11.17-súwret. Jer platinasınıń F.Shaffernak usılı boyınsha qabıl etilgen sxeması.

$$L=\frac{K}{2g}\left(h_{1-}^{2}h_{2}^{2}\right) \qquad (11.47)$$

Bunnan

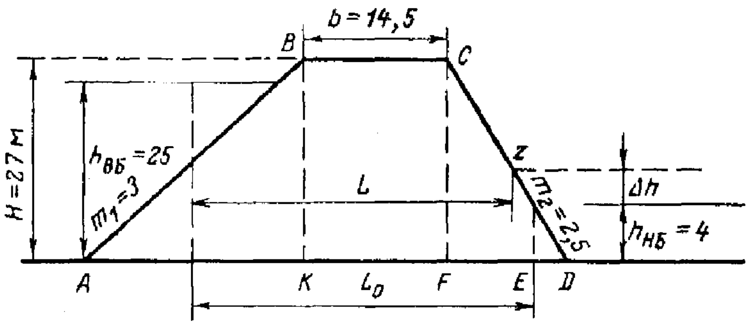
$$q=\frac{K\left[h_{VB}^{2}-\left(h_{NB}+\Delta h\right)2\right]}{2L} \qquad (11.48)$$

(11.48) formula menen anıqlanǵan plotinanıń ortańǵı bólegindegi grunt boslıǵı arqalı agıp ótken suw sarpı keyin tómengi qiya bólegi ZDE arqalı ótedi (11.17-súwret). Bunday úshmúyeshli prizma arqalı aǵıp ótken suw sarpı tómendegi formula menen anıqlanadı

$$q=K\frac{\Delta h}{m_{2}}\left(1+ln\frac{h_{NB}+\Delta h}{\Delta h}\right) \qquad (11.49)$$

bul jerde -tómengi qiyalıq qurawshı koefficient, (11.48) hám (11.49) teńlemelerdegi q hám belgisiz bolıp esaplanılıp, bul eki kórsetkish usı teńlemelerdi birgelikte sheshiw arqalı tabıladı.

11.3-mısal. Gidravlikalıq elementleri N=22m, v=14,5 m, m_1=3; m_2= 2,5 bolǵan birdey quramdaǵı grunttan qurılǵan plotina berilgen. Egerde h_{VB} =25 m, h_{NB} =4 m hám plotinanıń filtraciya koefficienti K=0,0002 m/s bolsa, suwdıń mińip ótken tochkasın Z hám súzilip ót-



11.18-súwret. Jer platinasınan sınıp ótiwshi grunt suwı aǵımın esaplaw sxeması.

ken suw sarpın anıqlań. Plotina suw ótkermeytuǵın tiykarda qurılǵan (11.18-súwret).

Sheshimi: Joqarǵı bъeftegi suw qaplaǵan kesimdi anıqlaymız

$$\frac{AK}{2}=\frac{m_{1H}}{2}=\frac{3\cdot 27}{2}=40,5$$

$$ED = m_2 h_{NB} = 2,5\cdot 4 = 10 \text{ m.}$$
$$ED = m_2\cdot N = 2,5\cdot 27 = 67,5 \text{ m.}$$

Endi plotinanıń ortańǵı bólegi elementlerin anıqlaymız.

$$L_0 = 40,5 + 14,5 + 67,5 - 10 = 112,5 \text{ m}$$
$$L = L_0 - \Delta h\cdot m_2 = 112,5 - 2,5\cdot\Delta h$$

(11.30) hám (11.31) formulaların teńlestirip tabamız:

$$\frac{h_{VB}^{2}-\left(h_{NB}+\Delta h\right)^{2}}{2\left(112,5-2,5\Delta h\right)}=\frac{\Delta h}{m_{2}}\left(1+ln\frac{h_{NB}+\Delta h}{\Delta h}\right)$$

Berilgen shamalardı ornına qoyıp, podbor usılı menen *Δh*=4m ekenin tabamız.

(11.49) formula menen plotina arqalı filtraciyalanıp ótken suw sarpın anıqlaymız

$$q=0,0002\frac{4}{2,5}\left(1+ln\frac{4+4}{4}\right)=0,00054 \text{ m}^3/\text{s.}$$

Tákirarlaw ushın sorawlar.

1. Grunt suwınıń naporsız háreketi qanday xarakterlenedi?
2. Filtraciya túsinigi, filtraciya koefficienti hám Darsi nızamı neler?
3. Jer astı suw ağımınıń kese kesimi qanday ataladı?
4. Grunt suwınıń hár túrli qiyalıgında depressiya iymek sızığı qanday formulağa iye?
5. Filtraciya koefficientiniń fizikalıq mánisi qanday?
6. Depressiya iymek sızığınıń túsinigi qanday?
7. Filtraciya ağımınıń tegis hám tegis emes háreketin túsindiriń?
8. Suw ótkermeytugın tiykarda qurılğan jer plotinası arqalı ótken filtraciya ağımı qanday anıqlanadı?
9. Qáliplesken suw shığarın beriwshi qudıq dep nege aytıladı?
10. Suw shığarıp beriwshi qudıqtıń debiti (suw sarpı) qanday anıqlanadı?
11. Artezian qudığı dep nege aytıladı hám onıń debiti qanday anıqlanadı?
12. Jer astı suwınıń drenaj galereyasına ağıp keliw qanday anıqlanadı?

ÁDEBIYATLAR DIZIMI.

1. Altshul A.D. Gidravlicheskie soprotivleniya.-M.: «Nauka», 1980-216s.
2. Altshul A.D., Kiselev P.G. Gidravlika i aerodinamika- M.: Stroyizdat, 1975.- 232s.
3. Arifjanov O.M. Gidravlika (misollar twplami)-Toshkent. «Istiqlol» 2005.-84b.
4. Bogomolov A.I., Mixaylov K.A. Gidravlika. M., Stroyizdat,1973.-648s.
5. Bozorov D.R., Karimov R.K. va boshqalar. Gidravlika. Toshkent «Bilim», 2003.-384b.
6. Bolshakov V.A. «Sbornik zadach po gidravlike» -Kiev. «Vısshaya shkola», 1979- 336s.
7. Baymanov K.I. Issledovaniye ustoychivosti I deformiruemosti rusel rek I kanalov. // Gidrotehnicheskoe stroitelstvo-M.: 2003.№5. -36-40.
8. Baymanov K.I. «Potoki v deformiruemıx otkrıtıx ruslax».- Nukus, «Karakalpakstan», 2008.-352s.
9. Baymanov K.I. Rejimı gidravlicheskix soprotivleniy v zemlyanıx ruslax. //Problemı mexaniki ANRUz, 2014. №1. 634-38s.
10. Grishanin K.V. Gidravlicheskoe soprotivlenie estestvennıx rusel. -S.Peterberg, Gidrometeoizdat, 1992,-180s.
11. Girgidov A.D. Mexanika jidkosti i gaza (Gidravlika). S-Peterburg.

Izdatelstvo SPbGPU. 2004.-545s.

12. Gidrotehnicheskoe soorujeniya/ N.P.Rozanov,Ya.V.Bochkarev, V.S.Lapshenkov I dr.; Pod.red.N.P.Rozanova. -M.: Agropromizdat, 1985-432s.
13. Konstantinov YU.M. Gidravlika.- Kiev, «Vısshaya shkola», 1981.-360s.

14. Kiselev P.G. Spravochnik po gidravlicheskim raschetam. M. «Energiya», 1977.-312s.
15. Kiselev P.G. Gidravlika osnovı mexaniki jidkosti. - M.: «Energiya», 1980.-360s.
16. Kudinov V.A. Gidravliki. -M.: «Stroyizdat», 2006.-562s
17. Latipov K. Gidravlika,gidromashinalar va gidroyuritmalar.- Toshkent, «Uqituvchi», 1992.-394b.
18. Latipov K., Ergashev S. Gidravlika va gidromashinalar. -Toshkent, «Uqituvchi», 1988.-224b.
19. Loystyanskiy L.G. Mehanika jidkosti I gaza. -M.: Nauka, 1978.-736 s.
20. Lyahter V.M. Turbulentnost v gidrosoorujeniyah. -M.: Energiya, 1986-212 s.
21.Lyatker V.M., Prudovskiy A.M. Gidravlichskoe modelirovaniye.- M.: Energoatomizdat, 1984-392 s.
22. Pashkov N.N., Dolgachev F.M. Gidravlika. M., «Energoizdat», 1985.-380s.
23. Primeri raschetov po gidravlike / A.D.Alnshul, V.I.Kalitsun, F.G.Mayranovskiy, P.P.Palgunov; Pod.red. A.D.Altsulya. - M.: Stroyizdat, 1976-256 s.
24. Raschet vodoprovodnih setey/N.N.Abramov, M.M.Pospelova, M.A.Somov. -M.: Stroyizdat, 1983.-278 s.
25. Umarov A.YU. Gidravlika.-Toshkent, «Uzbekiston», 2002.-460 b.
26. Chugiev R.R. Gidravlika.-L: «Energoizdat», 1982.-672 s.
27. Chou V.T. Gidravlika otkritih kanalov. Perev.s angl. Pod.red. A.I.Bogomolova. -M.: Gosstroyizdat, 1969.-464 s.
28. Shevekev F.A. Tablitsi dlya gidravlicheskogo rascheta stalnih, chugunnih, asbestotsementnih, plastmassovih I steklyannih vodoprovodnih trub. Izd.5-e dop. -M.: Striyizdat, 1973.-114 s.
29. Shlihtihg G. Teoriya pogranichnogo sloya. -M.: Nauka, 1969.-774 s.
30. Shterenlixt D.V. Gidravlika. M. «Energoizdat», 1984.-640s.

GLOSSARIY.

Bul pán «Suyıqlıq hám gaz mexanikası» haqqında túsinik,olardıń tınısh halatındağı hám hárekettegi nızamlıqların esaplaw usılların úyrenip texnikalıq problemalardı sheshiwdi óz ishine aladı.

«Suyıqlıq hám gaz mexanikalıq» pánin úyreniwden maqset studentlerdi «Suyıqlıq hám gaz mexanikası» kursınıń tiykarlanıp studentlerge túsindirip gidrostatika hám gidrodinamikanıń tiykarğı nızamlıqların injenerlik máselelerdi sheshiwde qollaw imkoniyatların úyreniwden ibarat.

Pánniń wazıypası – suyıqlıqlardıń háreketi hám teńsalmaqlığına tiysli nızamlıqlardı sonıń menen birge suyıqlıqlardıń qattı shegaralar hám deneler menen óz-ara tásiri nızamlıqların injenerlik máselelerdi sheshiwde qollaw imkoniyatların úyreniwden ibarat.

«Suyıqlıq hám gaz mexanikası» páni boyınsha túsiniklerdiń táripleniwi.

1.**Ağımnıń dinamikalıq kósheri** – ağımnıń kesimindegi eń úlken shamağa iye bolğan tezlik tochkaların biriktiriwshi ağımnıń boylama bağıtındağı sızıq.

2.**Ağım tezligin sóndiriwshi soorujenie** (gasitel) – suw ağımınıń tezligin sóndiriw maqsetinde suw urılma diyual yamasa qudıq hám basqa jasalma gedir – budırlıqlarmenen úskenelengen soorujenieler.

3.**Bef** (joqarğı yamasa tómengi) – dárya, kanal yamasa suw saqlağıshlardağı podporlı soorujeniege tirelgen joqarı ağım (joqarı bef) yamasa tómengi ağım(tómengi bef) tamanlardağı keń suw qáddi.

4.**Bık** (bıchok) – kópirlerdiń gidrotexnika soorujenieleriniń suw ótkiziwshi proletları arasındağı aralıq ústin.

5.**Gidrometriyalıq vertushka** – dárya, kanallardağı suw ağımınıń jónelisin hám tezligin ólshew ushın qollanılatuğın ásbap.

4.**Gidrotexnikalıq qurılıs** – suw baylıqlarınan paydalanıw, olardı qorğaw hám suwdıń zıyanlı tásirine qarsı gúresiw ushın qurılatuğın injenerlik soorujenieler.

5.**Grunt suwları** – jer betinen tómende birinshi tosıq ústinde jaylasqan, dáslepki turaqlı suwlı qatlamdağı basımsız yamasa jergilikli basımlı jiynalğan jer astı suwları.

6.**Qudıq** – grunt (jer astı) suwların alıw ushın hızmet atqarıwshı injenerlik qurılma.

7.**Jer plotina** – tekte grunttan qurılğan tosıq.

8.**Vodovod** (suw ótkizgish) – suw alıp keliw, retlestiriw hám alıp ketiw ushın isletiletuğın soorujeniya.

9.**Vodovıpusk** (suw shığarıwshı) – kanaldan suw alıw ushın qollanılıtuğın soorujeniya.

10.**Vododelitel** (suw bólistiriwshi) – úlken kanaldan ekew yamasa bir neshe kishi kanalğa suw bólistiriwshi soorujeniya.

11.**Vodomernıy post** (suw ólshew postı) – ma'lum bir talapqa juwap beretuğın, tiysli qağıyda boyınsha úskenelengen, udayına gidrologiyalıq gúzetiwler ótkeretuğın jer.

12.**Vodotok** (suw ağımı) – tabiy yamasa jasalma ózende qıyalıq boylap suw háreketin anıqlawshı pútin suw obъektleriniń ulıwmalastırılğan túsinigi.

13.**Gidravlikalıq turbina** – kinetikalıq hám potencial energiyalardı mexanikalıq energiyalarğa aylandırıwshı rotacion dvigatel.

14.**Gidravlikalıq sekiriw** (prıjok) – ağımnıń jónelisi tamanğa qarap suw betiniń keskin kóteriliwi hám iyrimler payda bolıwı nátiyjesinde ağım páseygen halatta tınısh halatqa ótedi.

15.**Trubalarda**ğı gidravlikalıq soqqı – trubada ağıp atırğan suyıqlıqtıń tosattan toqtap qalıwı sebepli basımnıń keskin túrde ósip ketiwi.

16.**Gidravlikalıq uklon** – joğalğan basımnıń gúzetilgen aralıqqa bolğan qatınası.

17.**Gidrograf** – berilgen stvorda jıl dawamında yamasa onıń ayırım bóliminde,suw sarpınıń wahıt dawamında ózgeriwin belgilewshi grafik.

18.**Gidrologiyalıq gúzetiw** – gidrologiyalıq rejimlerdiń elementleri ústinde gúzetiw jumısların alıp barıw.

19.**Gidrotexnikalıq soorujenieler** – suwdan paydalanıw yamasa onıń zárerli tasirine qarsı gúresiw ushın qurılatuğın injenerlik qurılma (soorujenie).

20.**Suwdıń tereńligi** – dárya, kanal, kollektor suwdıń suw betinen ultanına shekem tik bolıp túsken aralıq.

21.**Suwdıń basımsız háreketi** – tábiyi hám jasalma ashıq ózenlerde (dárya, kanal hám basımsız trubalarda) suwdıń awırlıq kúshi tásirinde erkin suw betin payda etip háreketleniwi.

22.**Suw rejimi** – dáryalarda, suw saqlağıshlarda hám basqa suw obektlerinde suwdıń qáddi hám kóleminiń málim waqıt dáwirinde hám maydanda ózgeriwi.

23.**Suwtaslama** (vodosliv) – suwdıń erkin betinen suw taslawdı ámelge asıratuğın soorujenie.

24.**Plotina** (tosıq) – suwdıń órkeshinen asırılıp túsiwine jol qoyıwshı tosıq

25.**Suw betini**ń qıyalığı – uzınlıq birligine basımnıń páseyiwi, eki tochka biyikliginiń cifrli belgileriniń ayırması shamasınıń olardıń aralıq uzınlığına qatnasımenen anıqlanadı.

26.**Suw sızı**ğı (urez vodı) – ashıq ózenlerde suw betiniń qurğaqtağı betimenen kesilisken sızığı

27.**Suw káddi** (uroven vodı) – qandayda bir salıstırma tegislikke salıstırıp esaplanatuğın suw betiniń biyikligi

28.**Juwılıw** (razmıv) – ózende payda bolğan shógindi grunt bóleksheleriniń juwılıwı hám agım járdeminde alıp ketiw qubılısları.

29.**Damba** – daryadağı suw basımın udayına uslap turatuğın hám maydanlardı yamasa soorujenieni suw bolıwınan saqlawshı inshoat.

30.**Dinamikalıq napor** – eki basım menen belgilengen ağımnıń tolıq salıstırma energiyası: pъezometriyalıq hám tezlik basımlar menen belgilenedi.

31.**Donnıe nanosı** (ózen túbi ağızıqları) – ózen túbi qatlamlarında ağım járdeminde dumalanıp, qısqa aralıqqa sekirip, aynıqsa úlken denelerdiń,bir jerjen ekinshi jerge kóshiwi

32.**Janlı kesim** – suw ağımınıń kese kesimi .

33**.Kanallarda ılay shógiwi** – kanal ózenlerinde tezliktiń kemeiyp ketiwi nátiyjesinde ılaydıń hám qum bóleksheleriniń shógiwi.

34.**Zatvor** – gidrotexnik soorujenieleriniń suw shığıw tesigin bekitiw arqalı suw qáddin hám sarpın basqarıwğa xızmet etetuğın úskene.

35.**Daryanıń igri** – búgirligi (izvilistost) – planda dárya ózeniniń shep hám oń tamanǵa náwbet penen burılıw kórinisi.

36.**Izluchina** (burılıw) – darya ózeniniń planda burılǵan bólegi.

37.**Izoliniy** – kartalarda, profillerde, grafiklerde bir túrli shamadaǵı tochkalardı tutastırıwshı sızıqlar.

38.**Kanal** – ashıq jasalma suw ótkizgish.

39.**Gedir** – budırlaq koefficienti – suw ótkizgishler, kanallar, ashıq suw aǵımları diuallardıń gedir – budırlaq dárejesin xarakterlewin ólshem birlikke iye bolǵan koefficient.

40.**Meandrlanıw** – suw aǵımınıń juuıwı nátiyjesinde izbe-iz payda bolatuǵın ózenniń igri – buǵrlanıwı hám tuwrılanıwı kórinisleri.

41.**Napor** – suw yamasa snap biyklik stolbası menen belgileniwshi, suyıqlıq yamasa gaz basımınıń muǵdarı.

MAZMUNI

ÓZBEKSTAN RESPUBLIKASI JOQARI HÁM ORTA ARNAWLI TALIM MINISTRLIGI

K. BAYMANOV, R. BAIMANOV

SUYIQLIQ HÁM GAZ MEXANIKASI (GIDRAVLIKA)

„Noshir“ – Tashkent – 2018

Redaktor	S.Mamchanov
Korrektor	S.Norova
Xudojnik	Sh.Adilov
Operator	R.Hidoyatov

Nashriyot litsenziyasi AI № 254, 31.12.2014-y.

Basıwga ruxsat etilgen waqtı 31.10.2018-jil.
Format 60x84 $^{1}/_{16}$. Ofset usılında basıldı.
Garnıturası – «Times New Roman». Kólemı 20,25 b.t.
Jámı 200 nusqada. Buyrtpa № 10.

«Noshir» Ózbekstan-Germaniya qospa kárxanasi,
100020, Tashkent sh., Langar kóchasi, 78.
«Noshir» Ózbekstan-Germaniya qospa kárxanasinda bosildi.
100020, Tashkent sh., Langar kóchasi, 78.