

**ЗАСОБИ РЕГУЛЮВАННЯ ВИТРАТ РІДИН ЛОКАЛЬНИМ
ЗМІНЮВАННЯМ ЇХ ВЛАСТИВОСТЕЙ У ТРУБОПРОВОДАХ**

© Чернюк В. В., Тазалова Н. Н., Вербовський О. В., 2008

Наведено огляд і аналіз принципів побудови регуляторів витрат рідин і газів у трубопроводах з використанням локального змінювання властивостей плинного середовища.

In this article the review and classification of the liquids and gases discharge regulation methods by a modification of the transported medium properties are presented.

Постановка проблеми. Керування потоками рідин і газів зводиться до таких дій: вимкнення; зміна напрямку руху; розподіл; змішування; скидання; регулювання параметрів потоку. Останнє полягає у зміні чи підтримуванні заданого постійного значення: витрати; тиску; температури; концентрації компонентів середовища; розподілу швидкостей у потоці [1, с. 10–11]. Змінюванням витрати транспортованого плинного середовища здійснюють регулювання інших параметрів технологічних процесів.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Необхідно розрізняти засоби регулювання витрат локальної дії, які є керованими місцевими гідравлічними опорами, та лінійної дії, що зменшують тертя (переважно турбулентне) по довжині трубопроводу. Перші застосовуються, як правило, в гідравлічних і пневматичних системах технічних пристроїв й апаратів [2], другі – у магістральних трубопроводах. Засоби лінійної дії, які понижують турбулентне тертя по довжині трубопроводу [3] класифіковано у попередніх роботах за трьома основними ознаками: а) дія на потік [4]; б) зміна параметрів протічних каналів [5]; в) змінювання властивостей транспортованого середовища [6, 7]. Засоби регулювання витрат локальної дії можна зарахувати до тих самих трьох груп, що й засоби лінійної дії. Загальний огляд засобів регулювання витрат локальної дії наведено у роботі [8], а регулювання витрат дією на потік (за ознакою а) описано у статті [9].

Метою роботи є огляд і класифікація відомих методів побудови регулюючих органів регуляторів витрат рідин і газів з використанням локального змінювання властивостей транспортованих плинних середовищ у трубопроводах, тобто за ознакою в).

Тепловий вплив

Безперервне і багатопозиційне регулювання. Охолодження газів та нагрівання рідин супроводжується пониженням їх в'язкості n і, як наслідок, підвищенням пропускної здатності трубопроводу у разі незмінного перепаду напору h (тиску $p = rgh$) на ньому [10, с. 59–61]. За зворотної зміни температури T витрата потоку Q понижується. Теоретично це пояснюється так: $Q = f(h_l)$; $h_l = f(I)$; $I = f(Re)$; $Re = f(n)$; $n = f(T)$. Втрати напору h_l у потоці, що рухається із середньою швидкістю v на ділянці труби довжиною l і діаметром d , обчислюються за формулою Дарсі-Вайсбаха

$$h_l = I(l/d)\left(v^2/2g\right). \quad (1)$$

Значення гідравлічного коефіцієнта тертя I зменшується зі збільшенням до певних меж критерію Рейнольдса

$$Re = vd/n, \quad (2)$$

де n – кінематична в'язкість плинного середовища. Для ламінарних потоків, коли $Re \leq 2320$, коефіцієнт Дарсі I визначається за формулою Пуазейля

$$I = 64/Re. \quad (3)$$

При турбулентних течіях є три ділянки гідравлічного опору труб, для кожної з яких він описується різними законами:

а) для гідравлічно гладких труб, коли $Re \frac{D_e}{d} < 10$, коефіцієнт I знаходять за формулою Блазіуса

$$I = 0,3164/Re^{0,25}; \quad (4)$$

б) для перехідної ділянки опору, коли $10 \leq Re \frac{D_e}{d} \leq 500$, його обчислюють за формулою ЄС А.Д. Альтшуля

$$I = 0,11(D_e/d + 68/Re)^{0,25}, \quad (5)$$

в) для ділянки гідравлічно шорстких труб, коли $Re \frac{D_e}{d} > 500$, значення Re доволі великі [11, с. 176]

$$Re > 500d/D_e, \quad (6)$$

другий доданок у формулі (5) зі збільшенням Re прямує до нуля, а вираз (5) перетворюється у формулу Б. Л. Шифрінсона

$$I = 0,11(D_e/d)^{0,25}, \quad (7)$$

де D_e – еквівалентна шорсткість (висота виступів шорсткості) внутрішніх стінок труби.

Отже, згідно з формулою Дарсі-Вайсбаха (1), за фіксованого значення перепаду напору h на кінцях трубопроводу, зменшення коефіцієнта I компенсується зростанням середньої швидкості потоку v і у результаті збільшенням його об'ємної витрати $Q = (pd^2/4) \cdot v$.

Однак, як це зрозуміло з виразу (7), при $Re > 500d/D_e$, значення коефіцієнта Дарсі не залежить від критерію Рейнольдса і відповідно від в'язкості рідини та її температури. Отож, за умови (6) для ділянки гідравлічно шорстких труб (ділянки автотемпературного опору) застосовувати тепловий вплив на транспортоване плинне середовище з метою регулювання його витрати недоцільно. Воно не дасть очікуваного ефекту.

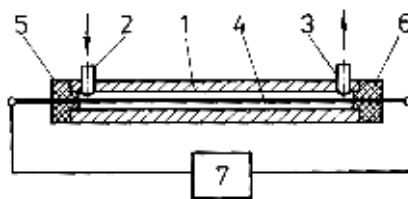


Рис. 1. Пристрій для регулювання витрати газу:

1 – трубка; 2, 3 – вхідний і вихідний патрубки;

4 – металевий стрижень; 5, 6 – ізолятори; 7 – джерело струму [12]

Розглянута залежність витрати газу від його температури застосована у пристрої для регулювання витрати газу [12], у якому електричний нагрівач 4 розташовують усередині труби 1 (рис. 1). Температуру нагрівача, і відповідно витрату газу крізь трубу, регулюють силою струму, який подають на нагрівний елемент 4. Якщо необхідно зменшити витрату газу, то збільшують силу струму, подаваного на нагрівач 4, що спричиняє збільшення температури нагрівача і газу, який надходить у трубку 1. З підвищенням температури збільшуються в'язкість газу і діаметр нагрівача 4. Останнє спричинює зменшення кільцевого зазору між стінкою трубки 1 і нагрівачем 4. Унаслідок

збільшення в'язкості газу і зменшення кільцевого живого перерізу потоку його витрата зменшується.

Описаний пристрій належить до хроматографії і пропонується застосовувати у системах регулювання витрати газу. За його допомогою можна змінювати витрату лише у бік її зменшення.

Двопозиційне регулювання передбачає запирання (вимкнення) і відкривання потоку у трубопроводі. Під час транспортування рідин, які швидко твердіють (розплавлених металів (рис. 2,а) [13] або рідко-металевих теплоносіїв (рис. 2,б) [14]) запирання магістралі 1 досягають охолодженням її ділянки, пропущеної крізь камеру 2 з холодоагентом. Утворюється надійне герметичне перекривання трубопроводу корком, сформованим з транспортованого середовища. Для відкриття течії припиняють подачу холодоагенту та прогрівають, наприклад, електрострумом камеру з пропущеною крізь неї ділянкою трубопроводу.

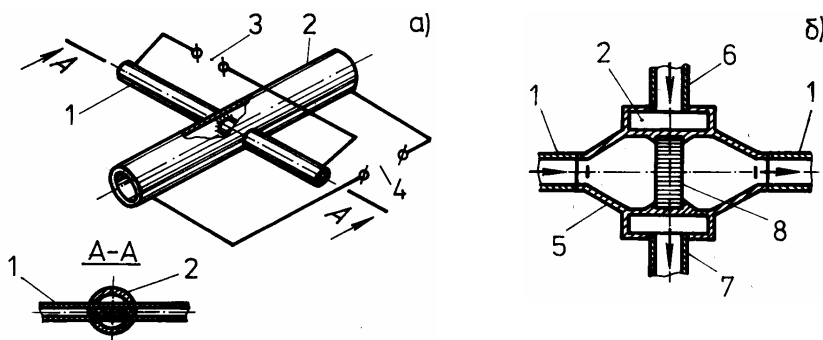


Рис. 2. Запірний пристрій для: а – розплавлених металів [13]; б – рідкометалевих носіїв [14]:
1 – трубопровід; 2 – камера з холодоагентом; 3, 4 – джерела електроживлення; 5 – корпус; 6, 7 – патрубки для підведення та відведення холодоагенту; 8 – пориста металева перегородка

Пристрої, що діють за описаним принципом, розроблені також для перекриття та відновлення потоків органічних речовин [15], для швидкого від'єднання робочого середовища від споживача у системах аварійного захисту пожежо-вибухонебезпечних виробництв хімічної та газової промисловості [16] тощо.

Дія магнітним полем

Дроселювання потоку плинної системи без контакту з нею регулюючих органів досягається осаджуванням на стінках трубопроводу транспортованого середовища, наприклад, феромагнітних частинок залізорудної пульпи в магнітному полі (рис. 3) [17]. Під час протікання пульпи 3 по ділянці трубопроводу 1, виготовленій з немагнітного матеріалу, на неї діють обертовим магнітним полем. Під його впливом частинки пульпи починають обертатись навколо осі труби. Відцентрова сила притискає їх до стінок трубопроводу, на яких вони відкладаються тонкими шарами й утримуються магніторушійною силою. Зі збільшенням значення параметрів магнітного поля (магніторушійної сили, намагніченості тощо), зростає товщина налиплих магнітних частинок, чим зменшується живий переріз потоку, отож, і його витрата. Для збільшення останньої послаблюють параметри магнітного поля. Найвіддаленіші від стінок трубопроводу зовнішні шари феромагнітних частинок сприймають найменшу дію магнітного поля і змиваються потоком пульпи, внаслідок чого збільшується площа живого перерізу потоку. Процес відбувається в зворотному напрямку. Для створення обертового магнітного поля можна використовувати статор асинхронного двигуна, крізь який пропущений трубопровід.

Регулювання витрати без контакту з абразивним матеріалом збільшує довговічність регулюючого органа і підвищує надійність керування потоком.

Іонізацію рідини здійснюють з метою її прискорення в однорідному електричному полі. За цим способом електричний сигнал перетворюється у гідравлічний формуванням різко неоднорідного електричного поля і змінюванням значення його напруженості у нерухомому об'ємі діелектричної робочої рідини на вхідній ділянці напірного трубопроводу зі зменшеним перерізом.

На виході з останньої пришвидшують рух зарядженої рідини формуванням однорідного електричного поля, значення напруги якого вирівнюють по довжині напірного трубопроводу примусовим наданням різниці потенціалів, наприклад, за допомогою електродів 3 і 4, розташованих періодично вздовж напірного трубопроводу 1 з діелектричними стінками (рис. 4,а) [18].

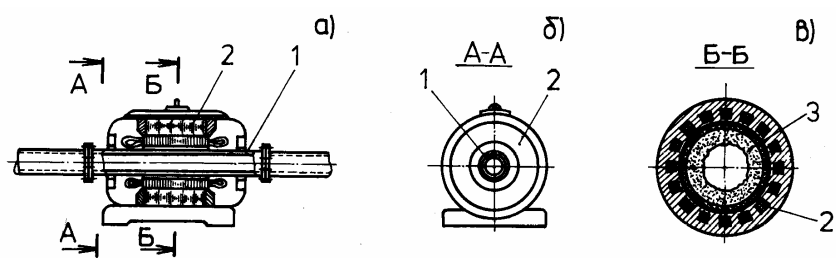


Рис. 3. Пристрій для регулювання витрати пилу: а – схема пристрою; б – розріз А-А; в – переріз Б-Б: 1 – немагнітна ділянка трубопроводу; 2 – електромагнітна система; 3 – пильна [17]

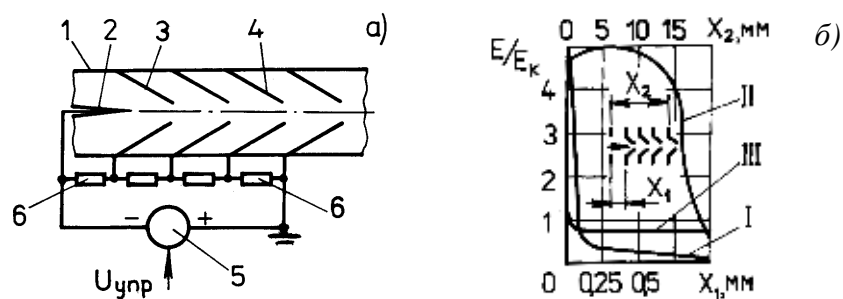


Рис. 4. Пристрій для прискорення рідини в однорідному електричному полі: а – схема пристрою; б – графіки розподілу напруженості електричного поля вздовж осі напірного трубопроводу: 1 – трубопровід; 2 – електрод загострений; 3, 4 – електроди-конусні шайби; 5 – джерело напруги; 6 – подільвач; I – крива для проміжку довжиною x_1 між електродами 2 і 3 без адсорбованого заряду на стінках трубопроводу; II – те саме, із адсорбованим зарядом; III – крива для ділянки завдовжки x_2 без адсорбції [18]

Іонізація нерухокої діелектричної робочої рідини (газу)

У разі подання високої напруги від малопотужного джерела 5, що регулюється, через високоомний подільвач 6 на електроди 2 і 3 (рис. 4,а) між ними формується сильне різко неоднорідне електричне поле. Останнє спричинює утворення в безпосередній близькості від поверхні вістря загостреного електрода 2 однакових з ним за знаком заряду іонів робочої рідини чи газу. Під дією кулонівської сили іони відштовхуються від вістря електрода 2 і починають рухатись до протилежно зарядженого електрода 3. Внаслідок співударяння з нейтральними молекулами рідини передають їм імпульс сили і захоплюють їх за собою. Досягнувши електрода 3, незначна частина іонів рекомбінується, а основна їх маса продовжує свій рух разом з рідиною через його отвір, попадаючи далі в проміжок між електродами-шайбами 3 і 4. У цьому проміжку сформовано однорідне електричне поле під дією подаваної на електроди високої напруги. Однорідне електричне поле продовжує прискорювати рух зарядженої рідини вздовж осі трубопроводу, зумовлюючи її попадання у наступний міжелектродний проміжок, де на неї чинить ще більшу прискорювальну дію наступне однорідне електричне поле, і так далі. У результаті гідравлічний сигнал (тиск або витрата рідини) на виході напірного трубопроводу 1 збільшується. Згідно з графіком на рис. 4,б криві I і II характеризують відповідно розподіл напруженості електричного поля без адсорбованого заряду та з адсорбованим зарядом на діелектричних стінках трубопроводу у міжелектродному проміжку типу голка-площина з отворами на ділянці довжиною x_1 (див. схему на рис. 4,б). Іони, що осідають на стінках трубопроводу,

значно спотворюють електричне поле і спричиняють перерозподіл його напруженості, що зрозуміло з порівняння кривих *I* і *II*. Напруженість поля поблизу плоского електрода істотно зростає і сприяє розвитку електричного пробоя, що значно понижує надійність процесу перетворення сигналів. Крива *III* характеризує розподіл напруженості електричного поля на ділянці завдовжки x_2 (див. схему на рис. 4,б). Отож, з метою підвищення надійності роботи і продуктивності пристрою потрібно усувати умови, за яких іони адсорбуються на стінках трубопроводу [18].

Напруженість електричного поля по усій довжині x_2 примусово підтримують постійною і нижчою, ніж значення E_K , за якого у робочому середовищі виникає розряд типу коронного, тобто починає утворюватись об'ємний заряд. За напруженості, значення якої $E > E_K$, поблизу вістря відбувається незворотне розкладення робочої рідини та її передчасне спрацювання, що зменшує ресурс її роботи і спричинює засмічення продуктами деградації прохідних отворів у трубопроводі. Останнє також понижує надійність регулювання [18].

Належить це регулювання до електрогідропневмоавтоматики та рекомендується до застосування у ланцюгах електрогідроавтоматичних і електропневмоавтоматичних систем. Перевагою цього способу є те, що приводиться у рух рідина, яка перебуває у стані спокою, а регулювання витрати здійснюють у напрямку її збільшення.

Трибоелектризація потоку непровідної рідини

Термін трибоелектризація походить від грецького *tribos*, що означає тертя. Електричний заряд виникає під час тертя діелектричної (непровідної) рідини об стінку протічного каналу. Під час тертя електризуються рідке і тверде тіла. Отримані ними заряди рівні за абсолютним значенням і протилежні за знаком. У основі трибоелектризації лежить явище контактної різниці потенціалів, яка виникає у разі безпосереднього дотику тіл. Контактна різниця потенціалів зумовлюється подвійним електричним шаром, який утворюється у приконтактній ділянці унаслідок переходу частини електродів з тіла з меншою роботою виходу електрона в тіло з більшою роботою виходу. До того ж змінюється концентрація вільних носіїв заряду (електронів і дірок) у приконтактному шарі. Контактна різниця потенціалів залежить від матеріалу тіл, які контактують, і від температури.

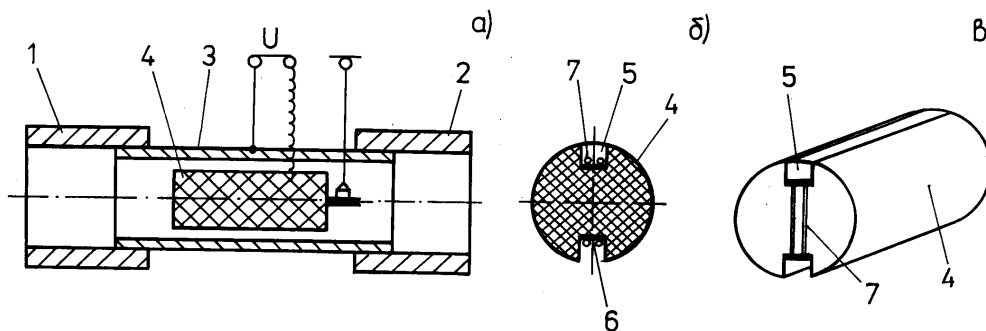


Рис. 5. Електричний прискорювач потоку рідини (електрогідролінійний перетворювач): а – схема пристрою; б – внутрішній циліндр, поперечний розріз; в – те саме, аксонометричне зображення: 1, 2 – вхідний і вихідний патрубків; 3 – зовнішній циліндричний електрод; 4 – циліндр; 5 – шліцові канали; 6 – електрод-пластина; 7 – сітка елемента трибоелектризації [19]

Реалізують регулювання витрати рідини за допомогою трибоелектризації у короткому трубопроводі, що містить дросель між вхідним 1 і вихідним 2 патрубками (рис. 5). Дросель утворено внутрішньою стінкою зовнішнього циліндричного електрода 3 і поверхнями вирізу у внутрішньому, коаксіальному йому циліндрі 4. У циліндрі 4 вирізані два шліцові канали 5, в основі яких розміщений другий електрод 6 з алюмінієвої фольги. На електрод 6 щільно намотані сітки елемента трибоелектризації 7, видовженого у напрямку течії. Потік непровідної рідини проходить крізь шліцові канали 5 між зовнішнім 3 і внутрішнім 6 електродами, електризуючись за допомогою

сіток елемента трибоелектризації. Змінюванням напруги, поданої на електроди 3 і 6, регулюють втрати тиску (напору) в каналі і відповідно витрати рідини на виході з нього (рис. 5) [19].

Винахід належить до систем гідроавтоматики і призначений для керування потоками рідин за допомогою електричних засобів.

Уведення додатків у потік середовища

Уведення додатків здійснюють з метою пониження втрат енергії в транспортувальній системі [20] чи для збільшення її пропускної здатності [21]. У цій роботі не розглядаються гідродинамічно-активні додатки, що понижують турбулентне тертя по усій дожині трубопроводу, а лише звичайні додатки, що мають локальну дію.

Наприклад, перед ділянкою утворення вихорів, зумовлених місцевою різкою зміною поперечного перерізу труби (у разі її раптового звуження чи раптового розширення) у потік рідини або газу додають іншу в'язкішу за неї рідину, що не змішується з транспортованим середовищем, чим пригнічуються ці вихори [20].

Збільшення витрати газу, що тече з надзвуковою швидкістю у трубопроводі з вмонтованою циліндричною насадкою (рис. 6), забезпечується впорскуванням перед нею в газовий потік рідини в кількості $(1 \div 2) \times 10^{-5}$ % від об'єму газу. Цією рідиною може бути вода, нафта, метанол, дизельне паливо. Ефект зростання витрати газу після досягнення критичної швидкості зумовлюється тим, що швидкість розповсюдження пружних збурень за наявності вказаного рідинного компонента набагато вища, ніж в однофазному газовому середовищі [21].

За рівнянням ізоентропної течії у трубі змінного перерізу [22, с. 256]

$$\frac{dw}{w} = (Ma^2 - 1) \frac{dv}{v}, \quad (8)$$

де w – площа поперечного перерізу потоку;

v – середня швидкість потоку;

a – швидкість розповсюдження звуку у транспортованому плинному середовищі;

Ma – число Маха,

$$Ma = \frac{v}{a}. \quad (9)$$

У надзвуковому потоці $v > a$ і $Ma > 1$. Для такої течії вираз у дужках правої частини рівняння (8) додатний. Тому у разі розширення труби швидкість за течією зростає ($dv/v > 0$), а у разі звуження – зменшується ($dv/v < 0$) у напрямку течії. Отже, надзвуковий потік за своїми властивостями прямо протилежний нестискуваній рідині. Різниця між дозвуковим і надзвуковим потоками з фізичного потоку пояснюється тим, що у першому випадку при змінюванні перерізу труби густина газу змінюється незначно порівняно зі швидкістю, тим часом як у другому випадку зміна густини у разі зміни перерізу труби випереджує зміну швидкості [22, с. 256–257].

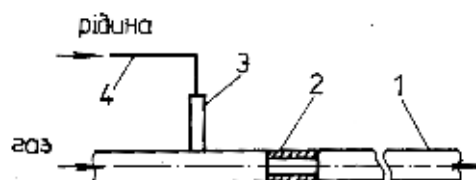


Рис. 6. Схема збільшення витрати крізь циліндричну насадку:
1 – труба; 2 – насадка; 3 – форсунка; 4 – подача додатків [21]

Для ефективної роботи парових і газових турбін важливо отримувати як можна вищу швидкість витікання газового середовища з насадок. У практиці теплогазопостачання подібні задачі виникають під час конструювання газових ежекційних пальників високого тиску, форсунок повітряного розпорощення (розпилення) рідкого і порошкоподібного палива [22, с. 255]. Такий

метод керування потоком газу забезпечує збільшення його витрати. При цьому у газовий потік перед насадкою впорскується мізерна кількість рідини $\approx 10^{-7}$ кг/дм³. Оскільки надзвуковий потік є лише у насадці, то за нею додатки рідини не змінюють витрату потоку. Отже, дія додатків є локальною.

Висновки. Регульоване локальне змінювання фізичних властивостей рідин і газів, переміщуваних у трубопроводах, спрямоване на зміну їхнього гідравлічного опору, частка якого стає істотною у коротких трубопроводах. Регулятори витрат рідини, побудовані за цим принципом, є керованими місцевими гідравлічними опорами і належать до систем автоматизації. У літературних джерелах виявлені засоби регулювання витрат рідин з застосуванням таких типів дії на потік: 1) тепловий вплив; 2) дія магнітним полем; 3) іонізація нерухомої діелектричної робочої рідини (газу); 4) трибоелектризація потоку непровідної рідини; 5) уведення додатків у потік плинного середовища. Керування потоком здійснюється переважно за участю електричних сил. Регулювання в перших трьох групах засобів здійснюється у бік зменшення витрати рідини, в решті – до збільшення, з можливістю повернення до вихідного її значення в усіх п'ятьох групах. Частина засобів першої групи забезпечує лише двопозиційне регулювання витрати рідини (відкрито-закрито), а засоби другої групи є багатопозиційними з можливістю запирання трубопроводу. Перші й другі можна застосовувати у довгих трубопроводах. Засоби третьої групи дають змогу привести в рух стоячу рідину з подальшим багатопозиційним регулюванням її витрати. В усіх розглянутих випадках, за винятком уведення додатків у потік, до останнього необхідно підводити додаткову енергію. Регулятори п'ятої групи з цього погляду є енергоощаднішими.

1. Гуревич Д. Ф., Шпаков О. Н. *Справочник трубопроводной арматуры*. – Л.: Машиностроение, 1987. – 518 с. 2. Беляев Н. М., Уваров Е. И., Степанчук Ю. М. *Пневмогидравлические системы. Расчет и проектирование: Учеб. пособие для вузов / Под ред. Н.М. Беляева*. – М.: Высш. шк., 1988. – 271 с. 3. Чернюк В.В. *Способи пониження турбулентного тертя в трубопроводах // Вестн. нац. техн. ун-та України "Київ. політехн. ін-т". Машиностроение*. – Вып. 35. – К.: Нац. техн. ун-т України. – 1999. – С. 20–25. 4. Чернюк В.В. *Пониження турбулентного тертя в трубопроводах дією на потік // Вестн. нац. техн. ун-та України "Київ. політехн. ін-т". Машиностроение. Выпуск 38. Т. 2*. – К.: Нац. техн. ун-т України. – 2000. – С.192–197. 5. Czerniuk Wolodymyr. *Zniżenie tarcia burzliwego w przewodach zmianą parametrów ścianek // Праці VI Міжнародн. н. конф. "Актуальні проблеми будівництва та інженерії довкілля"*. – Львів: Нац. ун-т "Львівська політехніка". – 2001. – С.119–124. 6. Cherniuk Volodymyr, Zhuk Volodymyr. *Decrease of hydraulic resistance of pipe lines by means of weakening of an intermolecular interaction in flows of liquids and gases // VII Vedecká konferencia s medzinárodnou účasťou. Zborník prednášok 13 sekcia: Košicko-L'vovsko-Rzeszowska, 22-24 mája 2002, Košice*. – S. 85-88. 7. Чернюк Володимир. *Пониження опору трубопроводів формуванням плинних систем з перепомповуваних середовищ // Вісн. Нац. ун-ту "Львівська політехніка". Теплоенергетика. Інженерія довкілля. Автоматизація*. – № 460. – Львів: НУ ЛП. – 2002. – С.188 – 197. 8. Чернюк Володимир. *Способи регулювання витрат середовищ у трубопровідних системах // Praci Polsko-ukraińskie sympozjum naukowo-techniczne "Wyznania stawiane komunalnym systemom gospodarki wodno-ściekowej i prognozy XXI wieku"*. Poznań-Rzeszów-Lwów 1999. – Rzeszow (Poland): Politechnika Rzeszowska. – 1999. – S. 133–139. 9. Чернюк В. В. *Регулювання витрат середовищ у трубопроводах дією на потік // Вісн. Держ. ун-ту "Львівська політехніка". Проблеми економії енергії*. – Львів: ДУ ЛП. – № 2. – 1999. – С. 180–185. 10. Повх И. Л. *Гидродинамика и жизнь*. – К.: Общество "Знание" УССР, 1981. – 64 с. 11. Штеренлихт Д. В. *Гидравлика: Учебник*. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 640 с. 12. А. с. 479892 СССР, МКИ F 15D 1/02, G 01N 31/08. *Устройство для регулирования расхода газа / Ф. Г. Леенсон, А. М. Зеликман, Ф.*

М. Маркелов, А. В. Маибиц (СССР).– № 1915784/26–25; Заявлено 28.04.73; Оpubл. 05.08.75, Бюл. № 29.– 2 с. 13. А. с. 396508 СССР, МКИ F 16K 9/00, F 16K 49/00. Запорное устройство для магистралей с быстротвердеющей рабочей средо / Р.Н. Хомич, В.Г. Панкратов, С.Н. Огородников и др. (СССР).– № 1662912/25-08; Заявлено 11.05.71; Оpubл. 29.08.73, Бюл. № 36.– 2 с. 14. А. с. 966374 СССР, МКИ F 16K 9/00, F 16K 49/00. Устройство для перекрытия трубопровода / В.А. Кутанов, А.Е. Коровин, А.С. Омельченко, В.М. Кузнецов (СССР).– № 3224026/25-08; Заявлено 26.12.80; Оpubл. 15.10.82, Бюл. № 38. – 2 с. 15. А. с. 729409 СССР, МКИ F 16K 9/00. Запорное устройство / К.П. Атанов, Ю.Ф. Гольнец (СССР).– № 253076725-08; Заявлено 16.10.77; Оpubл. 25.04.80, Бюл. № 15. – 2 с. 16. А. с. 1086271 СССР, МКИ F 16K 9/00, F 16K 49/00. Устройство для перекрытия трубопровода / В.Н. Матвеев, Н.К. Тюрин, В.И. Гайдуков (СССР).– № 3557444/25-08; Заявлено 28.02.83; Оpubл. 15. 04.84, Бюл. № 14. – 3 с. 17. А.с. 354212 СССР, МКИ F 17D 1/10, G 05D 7/06. Способ регулирования расхода пульпы / Н.В. Ганицкий, А.С. Давидкович, Г.И. Корнилов (СССР).– № 1411172/29-14; Заявлено 02.03.70; Оpubл. 09.10.72, Бюл. № 30. – 2 с. 18. А. с. 1317192 СССР, МКИ F 15C 1/04. Способ преобразования электрического сигнала в гидравлический / В. Я. Краснослободцев, В. С. Нагорный (СССР).- № 3981721/24–24; Заявлено 29.11.85; Оpubл. 15.06.87, Бюл. № 22. – 3 с. 19. А. с. 352039 СССР, МКИ F 15C 1/04, F 15D 1/06, F 16K 31/02. Электрогидравлический преобразователь / А. М. Сучилин, В. С. Нагорный, А. А. Денисов (СССР).– № 1294284/18–24; Заявлено 24.12.68; Оpubл. 21.09.72, Бюл. № 28.– 2 с. 20. Заявка 3918230 ФРГ, МКИ F 15D 1/02. Verfahren zur Reduktion eines durch Wirbelbildung verursachten Energieverlustes von in einem System strömenden gasformigen oder flüssigen Medien. / Gleich Anmelder (ФРГ); Dähn-Siegel, Sabine, Würzburg. – Заявл. 03.06.89; Оpubл. 06.12.90. РЖ Изобретения... Вып. 68. 1991, № 11.– с. 20. 21. А. с. 918653 СССР, МКИ F 17D 1/20. Способ увеличения расхода газа через цилиндрический насадок / Р.П. Кулиев, Э. И. Саркисов, Д. А. Бабаев (СССР).- №2591067/25–08; Заявлено 17.02.78; Оpubл. 07.04.82, Бюл. № 13.– 2 с. 22. Смыслов В. В. Гидравлика и аэродинамика: учебник. – Пер. с укр.– К.: Вища школа, 1979. –336 с.