

Винахід відноситься до рудозбагачувальної галузі промисловості, а саме до автоматизації процесів подрібнення руди.

Відомий пристрій автоматичної стабілізації витрат рідини вміщує лінію подачі води в пісковий жолоб класифікатора, гідравлічний перетворювач потоку, розширюючого його до можливості встановлення вимірювальної діафрагми, та автоматичний регулятор рівня співвідношення руда-вода [1]. Більш близьким по технічній суті є пристрій, що містить гідравлічний перетворювач у вигляді бака, автоматичний регулятор рівня води, що здійснює керування по різниці витрат у подаючій та відвідній лініях [2]. Більш досконалим є пристрій з прямим регулюванням рівня води зміною витрат в лінії подачі [3]. Найбільш близьким по технічній суті та досягнутому результату до запропонованого винаходу є пристрій, обраний як прототип, який має магістраль, подаючу лінію, гідравлічний перетворювач з патрубком виходу, виконаний у вигляді башти порівняно малої висоти та поперечного перерізу, та автоматичний регулятор рівня непрямої дії [3].

Недоліком відомого пристрою автоматичної стабілізації витрат рідини є порівняно низька точність та її значне зниження при пульсаціях тиску середовища в магістралі.

Недоліком більш близьких по технічній суті пристроїв до запропонованого є порівняно велике значення підтримуваного рівня води та поперечного перерізу, велика металоємкість конструкції та маси накопичуваної води, порівняно низька точність регулювання рівня води.

Недоліком пристрою-прототипу є порівняно незначна точність стабілізації витрат рідини внаслідок зниження висоти її стовпа та сумірним з ним відхиленням рівня в процесі регулювання під впливом похибок датчика, передаточних ланок й автоматичного регулятора та під дією коливань тиску середовища в магістралі, а також неможливість зміни витрат, достатня складність регулювання рівня та певна залежність витрат від температури рідини.

В основу винаходу поставлено задачу удосконалення пристрою автоматичної стабілізації витрат рідини шляхом спеціального виконання гідравлічного перетворювача, патрубка виходу, лінії подачі та автоматичного регулятора рівня.

Вирішення поставленої задачі досягається автоматичним регулюванням рівня текучого середовища і, як наслідок, автоматичної стабілізації його витрат в потоці. На відміну від відомого пристрою автоматичної стабілізації витрат рідини, гідравлічний перетворювач виконують вертикальним у вигляді відкритих симетрично з'єднаних між собою циліндричних патрубка, каналу і накопичувача з відповідно зростаючими діаметрами, висота якого дорівнює сумарному розміру елементів, а лінію подачі рідини виконують з труби, забезпеченої з боку магістралі краном, між якими встановлено автоматичний регулятор рівня рідини, створений приєднанням до каналу гідравлічного перетворювача циліндричним накопичувачем, з'єднаним у верхній частині з вертикальною прямою ділянкою труби подаючої лінії, між краєм якої і поверхнею рідини у накопичувачі з співпадінням осей розміщено циліндричний поплавков.

Виконання поставленої задачі забезпечується ще й тим, що відношення сумарних показників витрат в лінії подачі рідини $\Sigma \Delta P$ до сумарних показників витрат в гідравлічному перетворювачі $\Sigma \Delta h$, яке гарантує працездатність і точність практично за будь-яких умов роботи, становить

$$\frac{\Sigma \Delta P}{\Sigma \Delta h} = \frac{S_T^2}{S_K^2} \cdot \frac{P_M}{H \cdot \gamma}, \quad (1)$$

Де

S_T, S_K - відповідно площі поперечного перерізу труби та каналу гідравлічного перетворювача;

P_M - мінімальне значення тиску рідини в магістралі;

H - висота гідравлічного перетворювача; γ - густина рідини.

Виконання поставленої задачі сприяє співвідношення 1:1,05-1,10:4,5-5,5 діаметрів патрубка, каналу і накопичувача гідравлічного перетворювача, яке при заданому діаметрі каналу забезпечує найменшу висоту внаслідок найбільшої пропускної здатності.

Висока точність стабілізації витрат рідини гарантується при роботі на квадратичній ділянці гідравлічного опору, що забезпечується співвідношенням висоти гідравлічного перетворювача з параметрами

$$H \geq \frac{25 \cdot 10^4 \cdot v^2 \cdot (4 \cdot \lambda - 1,62)}{\frac{25 \cdot 10^4 \cdot v^2}{d_K} - 2 \cdot g \cdot \Delta^2}, \quad (2)$$

Де

d_K - діаметр каналу;

Δ - виступи шорсткості каналу;

v - кінематичний коефіцієнт в'язкості рідини;

λ - коефіцієнт Дарсі;

g - прискорення земного тяжіння.

Висока точність стабілізації витрат рідини також забезпечується лінійністю залежності величини коефіцієнта місцевого опору виходу прямої ділянки труби лінії подачі рідини від віддалення поплавка, яку можна досягти закругленням країв кінця прямої ділянки труби лінії подачі рідини при співвідношенні 0,5 радіуса закруглення до діаметра труби.

Підвищенню точності стабілізації витрат рідини також сприяє співвідношення між діаметрами поплавка, труби лінії подачі та накопичувача. Якщо діаметр циліндричного поплавка складає 3-4 діаметра труби лінії подачі і 0,71 діаметра накопичувача, то забезпечується лінійність зв'язку між величиною коефіцієнта місцевого опору виходу прямої ділянки труби лінії подачі рідини від віддалення поплавка і достатній поперечний переріз для проходження рідини в канал гідравлічного перетворювача. Виконувати дані функції поплавков може при співвідношенні його висоти і параметрів

$$H_{\Pi} \geq \frac{4 \cdot M_{\Pi}}{\pi \cdot d_{\Pi}^2 \cdot \gamma} + \frac{5 \cdot d_T^2}{d_{\Pi}^2 \cdot \gamma} \cdot \frac{P_M}{\sum \Delta P}, \quad (3)$$

Де

M_{Π} - маса поплавка;

d_{Π} - діаметр поплавка;

d_T - діаметр труби.

Виконання каналу секційним з можливістю зміни довжини дозволяє регулювати величину витрат рідини, що автоматично стабілізується.

Виконання патрубку у вигляді герметичного пустотілого заповненого рідиною еластичного елемента, розміщеного в кожусі, дозволяє зберегти точність автоматичної стабілізації витрат рідини в умовах коливання її температури за рахунок автоматичної зміни місцевого гідравлічного опору переходу канал - патрубок шляхом зменшення або збільшення діаметра останнього.

На кресленні показаний загальний вигляд запропонованого пристрою автоматичної стабілізації витрат рідини. Він, як і відомий, має магістраль 1, лінію подачі 2, гідравлічний перетворювач 3 і патрубок виходу 4. Гідравлічний перетворювач 3 виконано вертикальним у вигляді відкритих симетрично з'єднаних між собою циліндричних патрубка 4, каналу 5 і накопичувача 6. Вони виконані з відповідно зростаючими діаметрами. Висота гідравлічного перетворювача H дорівнює сумарному розміру елементів, а лінія подачі 2 рідини виконана з труби, забезпеченої з боку магістралі краном 7. Між гідравлічним перетворювачем і лінією подачі рідини встановлено автоматичний регулятор рівня рухомої рідини. Автоматичний регулятор створений приєднаним до каналу гідравлічного перетворювача 5 циліндричного накопичувача 6, з'єданого у верхній частині з вертикальною прямою ділянкою труби в подаючій лінії 2, між краєм 9 якої і поверхнею рідини у накопичувачі 6 з співпадінням осей розміщено циліндричний поплавок 10. Для забезпечення працездатності та точності пристрою за будь-яких умов роботи відношення сумарних показників витрат в лінії подачі рідини до сумарних показників витрат в гідравлічному перетворювачі встановлюють відповідно залежності (1).

Патрубок 4, канал 5 і накопичувач 6 виконані з співвідношенням діаметрів 1:1,05-1,10:4,5-5,5. Висота гідравлічного перетворювача знаходиться у співвідношенні з параметрами відповідно залежності (2).

В запропонованому пристрої край 9 прямої ділянки труби 8 вихідного кінця лінії подачі рідини 2 виконано з закругленнями і співвідношенням 0,5 радіуса закруглення до її діаметра. Діаметр циліндричного поплавка складає 3-4 діаметра труби лінії подачі і 0,71 діаметра накопичувача, а висота відповідає співвідношенням залежності (3).

В запропонованому пристрої, крім того, канал 5 виконано секційним. Шляхом введення додаткових вставок 11, які мають діаметр однаковий з діаметром каналу 5 і певну довжину, можливо змінювати висоту гідравлічного перетворювача і, як наслідок, середнє значення витрат рідини. Завдання витрат в автоматичному регуляторі визначається рівнем H або відстанню від краю труби 9 до зовнішньої кромки патрубка 4, тобто воно може змінюватись від певного найменшого до деякого найбільшого значення. Ці зміни і визначаються довжиною вставок 11. Можливо вводити одну вставку 11 певної довжини або кілька вставок 11 однакової довжини, задаючи необхідні витрати рідини.

Патрубок 4 у запропонованому пристрої виконано у вигляді герметичного пустотілого заповненого рідиною еластичного елемента 12, розміщеного в кожусі.

У запропонованому пристрої в якості регульованого об'єкта виступає гідравлічний перетворювач, складений з патрубка 4 і каналу 5, та лінії подачі рідини 2 з краном 7. Регульований об'єкт є статичним. Автоматичний регулятор реалізує принцип керування за збуренням. В якості збурюючого фактору виступають коливання тиску в магістралі 1. Край 9 труби та верхня поверхня циліндричного поплавка 10 створюють гідравлічний опір, величина якого визначається відстанню від краю труби до поплавка. Номінальна відстань визначає величину вертикального ходу поплавка 10 і викликані з цим похибки рівня рідини H в гідравлічному перетворювачі. Тому для забезпечення найбільш високої точності стабілізації рівня води доцільно мати якомога менше значення даної відстані (ходу поплавка). Цим вимогам відповідає система труба-екран з закругленими кінцями і співвідношенням 0,5 радіуса закруглення до діаметра труби. При невеликих відхиленнях коефіцієнт опору даної системи лінійно залежить від віддалення поверхні поплавка, що дозволяє використати його в якості регульовального органа. Перестановочне зусилля регульовального органа розвивається виштовхувальною дією рідини на поплавок. З іншого боку, сила дії потоку рідини з труби на поплавок дорівнює добутку її густини, площі поперечного перерізу труби та квадрату швидкості. Враховуючи, що квадрат швидкості рідини лінійно зростає при збільшенні її тиску в магістралі, поєднання труба-поплавок є датчиком тиску. Отже, сукупність елементів - пряма ділянка труби 8, край труби 9, циліндричний поплавок 10 і накопичувач 6 з рідиною реалізують всі функції притаманні автоматичному регулятору, що здійснює керування за збурюючим впливом, - вимірювання збурюючого впливу (тиску рідини в магістралі) і компенсація його шкідливої дії шляхом введення за допомогою регульовального органа адекватного керуючого діяння на регульований об'єкт.

Запропонований пристрій працює таким чином.

При встановленому шляхом вибору положення запірного органа крана 7 відношенні показників витрат в лінії подачі 2 і гідравлічному перетворювачі 3 забезпечується баланс припливу рідини в гідравлічний перетворювач і її витрат з нього. При цьому буде підтримуватись задане значення рівня рідини H в гідравлічному перетворювачі. Дане значення висоти повинно відповідати умові співвідношення (2). Найкращі показники точності будуть при діаметрі поплавка, що дорівнює 3-4 діаметрам труби лінії подачі і 0,71 діаметра накопичувача, та висоті, яка відповідає співвідношенню (3).

В усталеному режимі роботи при номінальному тиску води в магістралі підтримується задане значення рівня і задане значення витрат води.

При збільшенні тиску води в магістралі на поплавок діє більша сила потоку і він занурюється у рідину на певну глибину до компенсації протидіючою силою. В такому стані внаслідок більшої швидкості та меншого

гідравлічного опору в одиницю часу надходить більша кількість рідини, яка заповнює простір між поплавком та стінками накопичувача. Відразу зростає піднімальна сила, що починає рухати поплавок до краю труби. Рівновага сил встановиться при дещо більшому рівні H і витратах, практично зменшених до попереднього значення. Відхилення рівня буде незначним.

Якщо тиск у магістралі зменшиться відносно номінального значення, то сила дії потоку на поплавок буде меншою. Він переміститься до краю труби, ще більше зменшивши витрати. Під дією витрат рідини, що залишає гідравлічний перетворювач, поплавок опуститься, збільшивши приплив рідини в накопичувач. Рівновага сил настане при більшій віддаленості поплавка від краю труби, але рівень рідини і витрати в гідравлічному перетворювачі зміняться на занадто невелику величину.

При необхідності в певних межах за рахунок секційного виконання каналу можливо збільшити величину витрат рідини, збільшивши завдання регулятора, тобто висоту перетворювача H введенням додаткової вставки 11 певної довжини або кількох додаткових вставок 11 однакової довжини. Для забезпечення роботи пристрою в нових умовах необхідно запірний орган крана 7 поставити у відповідне нове положення. Оскільки при цьому збільшиться швидкість руху рідини з прямої ділянки труби 8 і сила її дії на поверхню поплавка 10, він перейде на режим роботи з більшим зануренням, що буде відповідати умові компенсації зусиль. При цьому збільшення швидкості виходу рідини з прямої ділянки труби 8 при номінальній відстані від краю труби 9 до поверхні поплавка 10 забезпечить подачу середовища з більшими витратами. Завдяки автоматичному регулюванню нового значення рівня рідини ці її витрати також автоматично стабілізуються. При цьому точність стабілізації витрат рідини підвищується, оскільки абсолютне відхилення поплавка не змінюється.

В умовах зміни температури навколишнього середовища ($+5^{\circ}\text{C} \dots +45^{\circ}\text{C}$) вода в магістралі приймає таке ж значення. Зростання температури приводить до зменшення коефіцієнта кінематичної в'язкості води, що збільшує число Рейнольдса, а, як наслідок, зменшення коефіцієнта витрат, що враховує вплив епюри швидкостей потоку. У пристрої значення коефіцієнта витрат компенсується зменшенням діаметра патрубка за рахунок розширення еластичного елемента 12 під дією рідини в ньому, яка збільшує об'єм під впливом зростаючої температури протікаючої води.

Запропонований пристрій автоматичної стабілізації витрат рідини відрізняється від відомого максимально можливою точністю для даних умов, простотою здійснення автоматичного регулятора. Він відрізняється мінімально можливою ефективною висотою гідравлічного перетворювача, мінімальною матеріалоємністю, габаритами та масою накопичуваної рідини, може легко змінювати значення витрат рідини в технологічний процес і не вносить додаткової похибки при зміні в'язкості рідини в широких межах.

Для отримання порівняльних даних проводились вимірювання витрат води шляхом заповнення мірної ємності великого об'єму та фіксування часу подачі рідини при автоматичній стабілізації параметра існуючим і запропонованим способом. Температура води та її тиск в магістралі в досліді змінювались в широких межах. Відношення об'єму мірної ємності до часу її заповнення давало фактичне значення витрат рідини. Досліди проводились паралельно на двох установках, що реалізували відомий і запропонований пристрій автоматичної стабілізації витрат рідини.

Порівняльні експериментальні показники для пристроїв автоматичної стабілізації витрат рідини наведені в Таблиці.

Таблиця

Пристрій автоматичної стабілізації витрат рідини	Зміна тиску рідини в магістралі, %	Діапазон зміни температури рідини, $^{\circ}\text{C}$	Відносна похибка стабілізації витрат рідини, %
1. Існуючий	± 30	$+5 \dots +45$	$\pm 5,08$
2. Запропонований	± 30	$+5 \dots +45$	$\pm 0,93$

Як видно з Таблиці, запропонований пристрій автоматичної стабілізації витрат рідини дозволяє значно підвищити точність підтримання параметра в умовах широких змін дестабілізуючих факторів.

Література

1. Авторское свидетельство СССР №388790, кл. В03b11/00, 1973.
2. Копелович А.П. Автоматическое регулирование в чёрной металлургии. - М.: Госнаучтехиздат лит. по чёрной и цветной металлургии, 1963. - 408с.
3. Попович М.Г., Ковальчук О.В. Теорія автоматичного керування. - К.: Либідь, 1997.-544с.

