

В.О. КОНДРАТЕЦЬ, канд. техн. наук., А.М. МАЦУЙ, канд. техн. наук
Кіровоградський національний технічний університет

ТЕХНІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДОПУСТИМОЇ ПОХИБКИ ІДЕНТИФІКАЦІЇ РОЗРІДЖЕННЯ ПУЛЬПИ ПРИ ПОДРІБНЕННІ ПІСКІВ ДВОСПІРАЛЬНОГО КЛАСИФІКАТОРА

Розглянута технічна реалізація засобу ідентифікації співвідношення тверде/рідке у кульовому млині, що подрібнює піски двоспірального класифікатора, приведені результати його експериментального дослідження.

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. Відсутність достатньо точних засобів ідентифікації співвідношення тверде/рідке у кульовому млині, що подрібнює піски механічного двоспірального класифікатора, стримує автоматизацію даного технологічного процесу, що приводить до значних економічних збитків, підвищення собівартості залізрудного концентрату, оскільки знижується продуктивність, перевищуються електрична енергія, кулі та футерівка. Розв'язання даної науково-технічної задачі дозволить покращити ефективність подрібнення руди. Це сприятиме реалізації Державної науково-технічної програми “Ресурсозберігаючі технології нового покоління в гірничо-металургійному комплексі”, затвердженої Законом України “Про основи державної політики у сфері науки і науково-технічної діяльності”, та планів наукової тематики Кіровоградського національного технічного університету за темою “Система комп'ютерної ідентифікації співвідношення тверде/рідке при подрібненні пісків класифікатора” (0107U005470). Зважаючи на те, що дана стаття спрямована розв'язання частини вказаної задачі, її тему слід визнати актуальною.

Аналіз досліджень та публікацій. Наукові роботи здебільшого присвячувались кульовим млинам з циркулюючим навантаженням. Значно менше уваги приділялось кульовим млинам, що подрібнюють піски двоспірального класифікатора. Запропонований засіб [1], як згодом було встановлено, може забиватись сторонніми предметами, які випадково потрапляють у пісковий потік. Запобігання цьому відрізняється значною вартістю і громіздкістю. Авторами даної роботи запропоновано алгоритмічний підхід ідентифікації співвідношення тверде/рідке в кульовому млині, що подрібнює піски двоспірального класифікатора [2], та алгоритми його реалізації [3, 4], однак для здійснення пристрою необхідно розробити його технічне забезпечення з тим, щоб відносна похибка не перевищувала допустиме для даної технології значення $\pm 3\%$.

Постановка завдання. Метою даної роботи є розробка і експериментальна перевірка технічного забезпечення допустимої похибки ідентифікації розрідження пульпи при подрібненні пісків двоспірального класифікатора кульовим млином.

Викладення матеріалу та результати. Система ідентифікації розрідження пульпи при подрібненні пісків класифікатора складається з двох блоків – блока перетворювачів і блока обробки інформації.

В якості первинних перетворювачів використані відкриті знизу гідростатичні пристрої – основний і додатковий. Вони мають однакові конструктивні параметри, лише додатковий по вертикалі піднятий на 0,05 м. Виконані вони жорстко з'єднаними і мають висоту 600 мм і внутрішній діаметр 98 мм. У їх верхній частині розміщено штуцери, за допомогою яких вони імпульсними трубками з'єднані з вторинними перетворювачами наднормального тиску в електричний сигнал типу САПФІР-22М-ДИ2120. Конструкція блока перетворювачів показана на рис.1. Блок перетворювачів виконано з можливістю встановлення його в ніші приймального пристрою завиткового живильника кульового млина. На рис.1 він показаний зі знятою герметизуючою кришкою. Основний перетворювач 1 в опущеному стані (рис.1, б) знаходиться у робочому положенні – на рівні контролю тиску пульпи. Додатковий перетворювач 2 формує додаткову інформацію, яку використовують при обробці сигналів. Інформація цих двох перетворювачів є основною для ідентифікації співвідношення тверде/рідке в приймальному пристрої завиткового живильника, а отже і в кульовому млині. Перетворювачі встановлено в

корпусі 3 з можливістю вертикального переміщення. Імпульсні трубки 4 дозволяють переміщення перетворювачів 1 і 2. Механізм переміщення 5 автоматично забезпечує зміну положень перетворювачів, оскільки забезпечений відповідними засобами. У робочому положенні (рис.1, б) перетворювачі знаходяться впродовж двох годин, потім вони піднімаються (рис.1, а) і в цьому стані перебувають 60 с. Дані цикли повторюються автоматично.

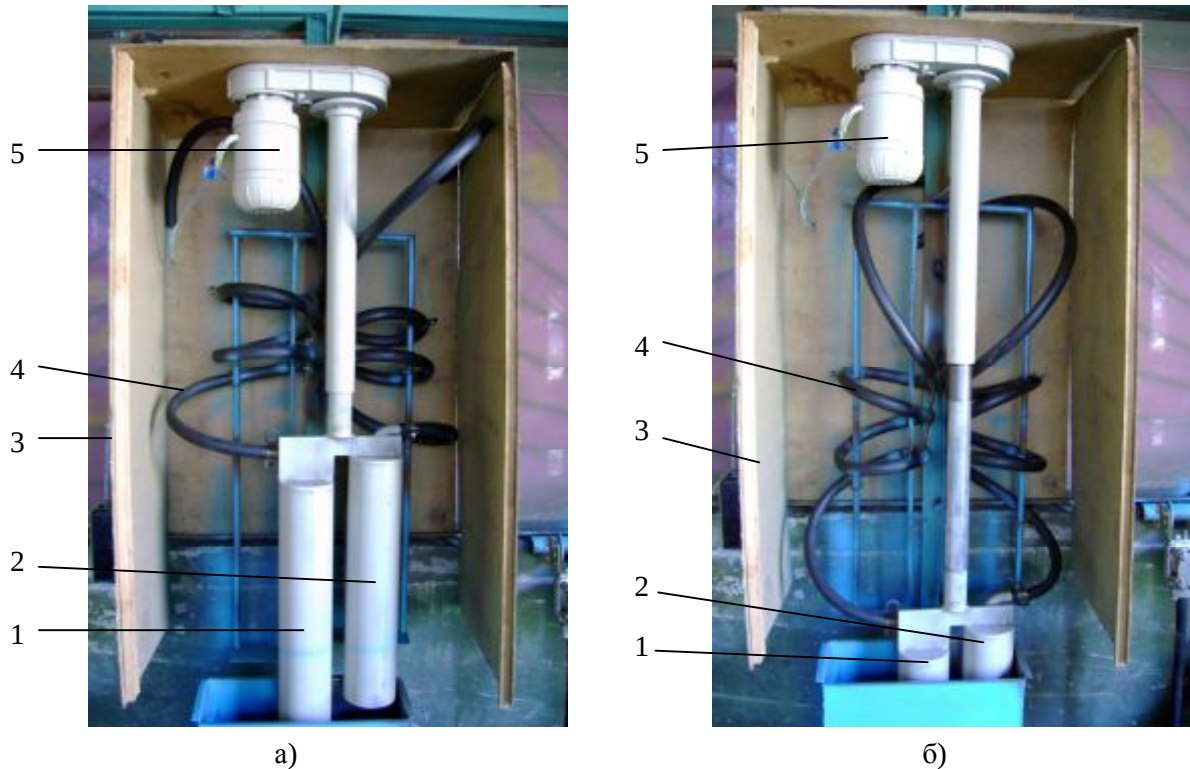


Рис. 1. Блок перетворювачів тиску пульпи без кришки з піднятими (а) і опущеними перетворювачами (б): 1 – основний перетворювач; 2 – додатковий перетворювач; 3 – корпус; 4 – імпульсна трубка; 5 – механізм переміщення

Електричні сигнали вторинних перетворювачів, пропорціональні тиску пульпи, поступають у блок обробки інформації, де реалізуються наступні алгоритми: знаходження ділянки випадкового процесу з незмінним рівнем сигналу основного перетворювача [3]; визначення рівня та наднормального тиску пульпи; розрахунку співвідношення тверде/рідке; осереднення значень співвідношення тверде/рідке по визначеній кількості точок [4].

Точність автоматичного керування співвідношенням тверде/рідке $K_{ТР}$ визначається похибкою знаходження регульованої величини – $K_{ТР}$, яка в значній мірі залежить від розрядності аналого-цифрового перетворення. Аналіз показав, що 12-розрядні аналогово-цифрові перетворювачі (АЦП) не створюють відчутних помилок при визначенні співвідношення тверде/рідке.

Розглянуті алгоритми можливо реалізувати мікропроцесорними засобами. При їх виборі слід враховувати швидкодію, оскільки за достатньо короткий відрізок часу необхідно реалізувати ряд алгоритмів, які відрізняються достатньою складністю, а також розрядність, що визначає точність отримання технологічного параметра. Крім того, при обґрунтуванні мікропроцесорних засобів слід враховувати розрядність аналого-цифрових перетворювачів, особливо, якщо вони є складовою частиною мікроконтролера. Цим вимогам відповідає мікроконтролер типу MSP430F1611PM. Він відрізняється невеликою споживаною потужністю в активному режимі – 280 мкА (1 МГц, 2,2 В), має 16 – розрядну RISC – архітектуру, 12 – розрядний АЦП з вбудованим джерелом опорної напруги, пристроєм вибору зберігання та функцією автоматичного перетворення, здвоєний синхронний 12 – розрядний ЦАП, 16 – розрядний таймер з трьома регістрами захоплення фронтів порівняння та 16 – розрядний таймер з трьома або семи регістрами захоплення фронтів порівняння з мертвою зоною. Крім того, він забезпечений вбудованим компаратором, послідовним комунікаційним інтерфейсом USART1, що

працює в режимі асинхронного UART або синхронного SPI, послідовним комунікаційним інтерфейсом (USART1), що працює в режимі асинхронного UART або синхронного SPI або I2C, супервізором напруги живлення з програмованим порогом, бронуївським детектором, вбудованим послідовним внутрішньосхемним програматором, вбудованим завантажувачем, 48 Кбайтами + 256 байтами флеш – пам'яті та 10 Кбайтами ОЗП.

Принципова схема ідентифікації співвідношення тверде/рідке у приймальному пристрої завиткового живильника, конструктивно виконана у вигляді блока обробки інформації, показана на рис.2. Вузол мікроконтролера, побудований на 16-розрядному мікроконтролері DD1 типу MSP430F1611PM, забезпечує обробку входних дискретних і аналогових сигналів. Живиться мікроконтролер напругою 3,3 В, що знімається з стабілізатора напруги D2. Вхід живлення мікроконтролера від кидків напруги, що його живить, захищає стабілітрон VD15. Для формування відліків точного часу в мікроконтролері використовується кварцовий резонатор BQ1. Конденсатори C10, C11 слугують для задання робочого режиму. Для внутрішньосхемного налагодження контролера слугує інтерфейс JTAG, який виводиться через роз'єм X4. При автоматичній роботі пристрою для відображення і налагодження параметрів використовується рідиннокристаличний чотирьохрядковий дисплей NC1604A фірми NEWTEC. Він вмикається через роз'єм X2. Для управління дисплеєм, введення необхідних параметрів використовується клавіатура S1-S5. Резистори R1, R2, R5-R12 разом з конденсаторами C1, C3, C5, C6, C8 забезпечують «антидребезговий» захист при спрацьовуванні кнопок.

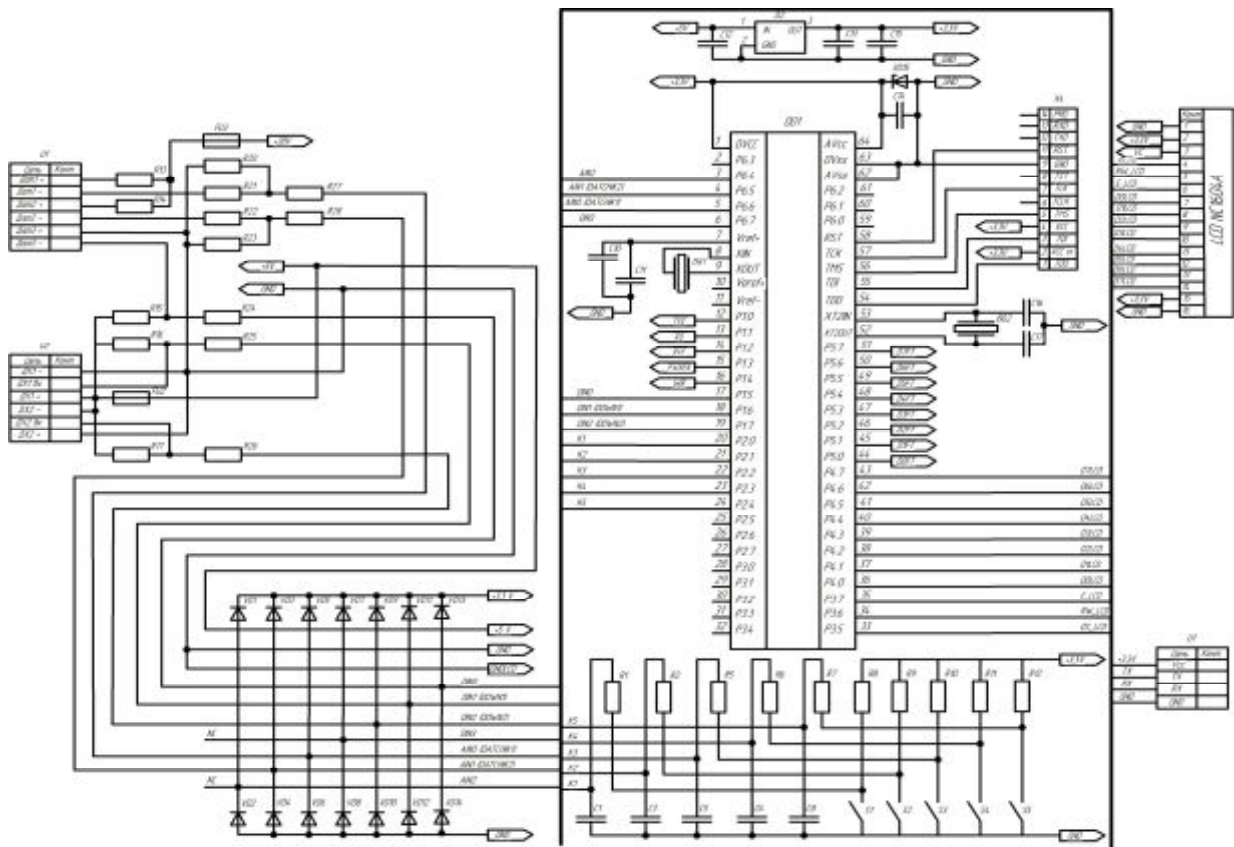


Рис. 2. Принципова схема засобу ідентифікації співвідношення тверде/рідке у приймальному пристрої завиткового живильника

Мікроконтролер, крім того, забезпечує передачу результатів на персональний комп'ютер відповідно програмі, записаній у внутрішню пам'ять. При цьому необхідна інформація більш докладніше виводиться на монітор комп'ютера. Принципова схема забезпечення зв'язку з персональним комп'ютером показана на рис.3. Вона виконана на інтегрованому контролері D1 типу FT245RL, який перетворює протокол USB в паралельну 8-розрядну шину, через яку підключається до мікроконтролера.

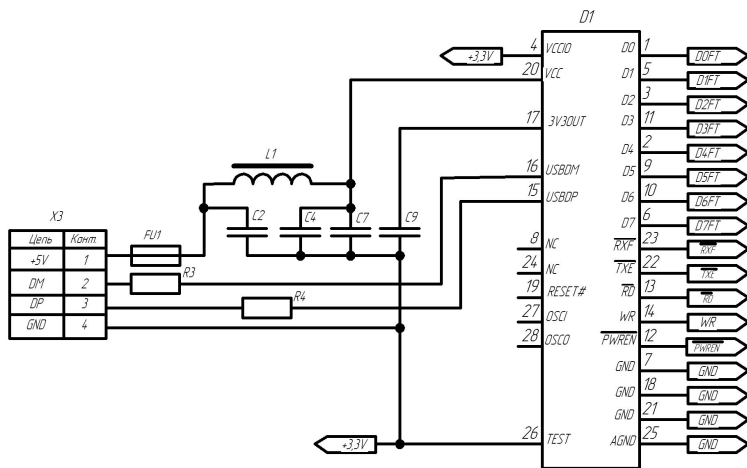


Рис.3. Принципова схема забезпечення зв'язку з персональним комп'ютером

захисту входів мікроконтролера від перевищення напруги з перетворювачів тиску більше +3,3 В і менше 0 В. При перевищенні напруги в ланцюзі більше +3,3 В, відкривається відповідний діод і напруга живлення 3,3 В подається в даний ланцюг. При цьому подальше підвищення напруги по даному колу не відбувається. Напруга з перетворювачів тиску після цього ланцюга подається на відповідний вхід АЦП мікроконтролера.

Експериментальні дослідження системи ідентифікації співвідношення тверде/рідке виконувалися у статичних і динамічних умовах. Дослідження в статичних умовах здійснювалися з залученням стенда (рис.1) впродовж місяця.

В ході експериментальних досліджень встановлено, що $K_{T/P}$, визначені по формулам через значення рівня і тиску, практично повністю співпадають з параметрами, розрахованими за густинами матеріалів у експериментах.

Враховуючи, що між цими параметрами існує лінійний зв'язок, при обробці експериментальних даних застосовувалися методи лінійної регресії. Рівняння лінійної регресії між показаннями комп'ютерної системи ідентифікації співвідношення тверде/рідке в приймальному пристрої завиткового живильника і еталонним значенням співвідношення тверде/рідке, визначене за даними 240 експериментів, має наступний вигляд

$$K_{(T/P)BC} = 1.0021595 K_{T/P} - 0.0006455.$$

Коефіцієнт кореляції склав 0,9998, а середнє квадратичне відхилення – 0,0045, що відповідає похибці $\pm 2,54\%$.

Отримані дані показують, що в процесі експериментальних досліджень засіб ідентифікації співвідношення тверде/рідке в приймальному пристрої завиткового живильника підтвердив високу точність визначення параметра, яка задовольняє пред'явленим до нього вимогам з боку технологічного процесу.

Випробування засобу ідентифікації співвідношення тверде/рідке в приймальному пристрої завиткового живильника в динамічних умовах здійснювалося з залученням імітатора хвильового процесу [5]. Закономірності зміни рівнів визначалися заданням програми в блоці керування імітатора хвильового процесу.

Апаратура, яка використовувалася в даних дослідженнях показана на рис.4. Вона включає імітатор хвильового процесу 1, блок первинних перетворювачів 2, блок обробки інформації 3, панель керування блоком первинних перетворювачів 4, блок вторинних перетворювачів тиску 5.

Перед випробуваннями в імітатор хвильового процесу 1 (рис.4) заливався певний об'єм рідини, що відповідав заданому (одному з трьох) середньому значенню рівня пульпи. При подачі напруги живлення на апаратуру вона включалася в автоматичну дію. Рівень рідини весь час змінювався по характерним закономірностям. Визначення співвідношення тверде/рідке здійснювалося впродовж всього дослідження. Вихідна величина в процесі окремого дослідження

Струмові сигнали з перетворювачів тиску проходять через контакти блока перетворювачів і через роз'єм U1 (рис.2) потрапляють на вхід мікропроцесорної системи. Струмові сигнали з перетворювачів тиску (рис.2) перетворюються в напругу резисторами R20, R23, з яких через обмежуючі резистори R27, R28 подаються на аналогові входи мікроконтролера. Ці резистори необхідні для того, щоб привести напругу з перетворювачів до рівня, необхідного для нормальної роботи АЦП мікроконтролера. Діоди VD1-VD14 служать для

змінювалася. Вона порівнювалася з заданим еталонним значенням, яке визначалося густиною вимірюваного середовища. В окремих дослідях змінювалися значення середнього рівня рідини і густини вимірюваного середовища – 1000; 1100; 1200; 1300 кг/м³.

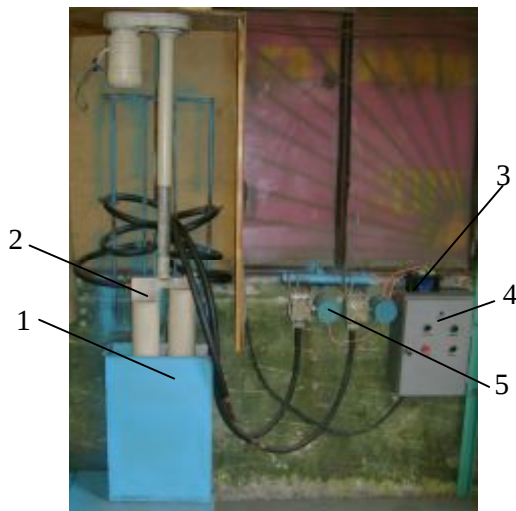


Рис.4. Система ідентифікації співвідношення тверде/рідке в приймальному пристрої завиткового живильника з імітатором хвильового процесу: 1 – нерухомий резервуар імітатора хвильового процесу; 2 – блок первинних перетворювачів; 3 – блок обробки інформації; 4 – панель керування блоком первинних перетворювачів; 5 – блок вторинних перетворювачів без корпусу

відрізняються новизною, враховуючи те, що вперше створена апаратура, яка в достатньо складних умовах не перевищує допустимий рівень похибки, що визначається технологічним процесом. Практична значущість отриманих результатів дослідження полягає в можливості практичного застосування достатньо точного і надійного засобу ідентифікації розрідження пульпи у кульовому млині, що подрібнює піски класифікатора.

Перспективою подальших досліджень є створення системи автоматичного керування розрідженням пульпи у кульовому млині, що подрібнює піски двоспірального класифікатора.

Список літератури

1. А.с. 388790 СССР, МКИ В03В 11/00. Устройство для автоматического контроля загрузки и стабилизации разжижения пульпы в мельнице / **Ф.Н. Дегтярев, А.А. Мерзляков, В.А. Кондратец, В.И. Новохатько, Н.И. Кучма, Т.И. Гуленко** (СССР). – 1420849/29-33; заявл. 30.03.70; опубл. 05.07.73, Бюл. № 29.
2. Декларативний пат. 7741 Україна, МКВ 7 В 03 В 11/00. Спосіб автоматичного контролю розрідження пульпи в млинах, що подрібнюють піски механічних класифікаторів / **Кондратець В.О., Мацуї А.М.**; заявник та патентовласник Кіровоградський національний технічний університет. – №20041007979; заявл. 01.10.2004; опубл. 15.07.2005, Бюл.№7.
3. **Кондратець В.О.** Пошук оптимальних умов ідентифікації розрідження пульпи у завитковому живильнику інформаційними технологіями / **В.О. Кондратець, А.М. Мацуї** // Вісник Криворізького національного університету: зб. наук. праць.– 2013.– Вип. 34. – С. 66-71.
4. **Кондратець В.О.** Обґрунтування параметрів і структури блока ідентифікації співвідношення тверде/рідке по тиску пульпи / **В.О. Кондратець, А.М. Мацуї** // Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація: зб. наук. праць Кіровоградського національного технічного університету.– 2010.– Вип. 23. – С. 65-70.
5. **Кондратець В.О.** Оптимізація параметрів стенда, що формує коливальний вертикальний рух рідини / **В.О. Кондратець, А.М. Мацуї** // Вісник Криворізького національного університету: зб. наук. праць.– 2012.– Вип. 33. – С. 256-260.

В процесі експериментальних досліджень проведено 200 експериментів. Встановлено, що у динамічних умовах визначені системою ідентифікації співвідношення тверде/рідке K_{TP} відповідали еталонним значенням. Рівень пульпи і характерні закономірності його зміни не впливали на результати ідентифікації співвідношення тверде/рідке, як і температура навколишнього середовища, що змінювалася в межах 16°C...40°C. Відносна похибка ідентифікації співвідношення тверде/рідке склала $\pm 2,71\%$.

Висновки та напрямок подальших досліджень. Технічна реалізація системи ідентифікації співвідношення тверде/рідке при подрібненні пісків двоспірального класифікатора у вигляді блока перетворювачів і блока обробки інформації повністю відповідає умовам збагачувальної фабрики. Експериментальною перевіркою встановлено, що похибка ідентифікації співвідношення тверде/рідке в статичних умовах складає $\pm 2,54\%$, а в динамічних – $\pm 2,71\%$. Ці похибки є допустимими для даного технологічного процесу, оскільки вони менші $\pm 3,0\%$.

Результати виконаних досліджень