

А.М. Мацуй, канд. техн. наук, В.О. Кондратець, проф., канд. техн. наук,
О.М. Сербул, доц., канд. техн. наук

Кіровоградський національний технічний університет

Обґрунтування довжини гнучких пневматичних трубок при вимірюванні параметрів хвильового процесу завиткового живильника

Стаття присвячена системі, що складається з камери тиску вторинного перетворювача, ввідної трубки та манометричного датчика тиску з пневматичною трубкою. Розглянуто конструктивні елементи завиткового живильника у горизонтальній і вертикальній площинах і на цій підставі вибрано місце установки датчиків тиску пульпи. Виходячи з конструктивних особливостей завиткового живильника і вимірювальних засобів, обґрунтовано довжину пневматичних трубок, яка повинна складати 3,0 м.
завитковий живильник, хвильовий процес, вимірювання параметрів, довжина пневматичних трубок, перетворювачі тиску

Нині для забезпечення металургійної промисловості сировиною в Україні збагачують як руди, що добуваються відкритим способом, так і частину руд, яку добувають підземним способом. При збагаченні найбільш енерговитратним процесом є подрібнення руди. Серед інших в Україні розповсюдження отримали цикли подрібнення руди з переробкою пісків двоспірального класифікатора у кульових млинах. Оскільки такі кульові млини несуть основне технологічне навантаження,

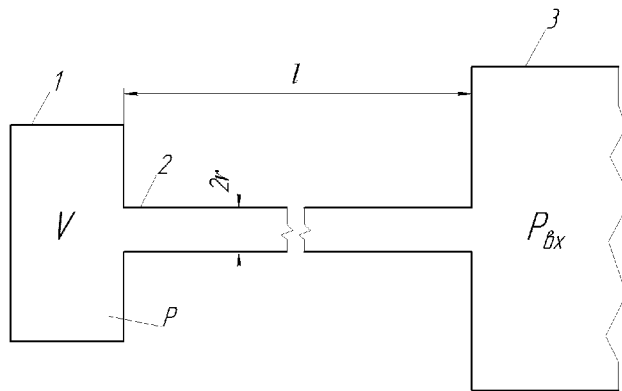
© А.М. Мацуй, В.О. Кондратець, О.М. Сербул, 2012

відсутність засобів ідентифікації співвідношення руда/вода в них приводить до значного перевитрачення електричної енергії, куль і футерівки, що не відповідає вимогам законодавства України про ресурсозберігаючі технології в енергетиці та промисловості. Враховуючи, що дана стаття спрямована на розв'язання задач ресурсозбереження в гірничо-металургійній галузі, її тема є актуальною. Матеріали для даної публікації отримані в результаті виконання науково-дослідної роботи “Система комп'ютерної ідентифікації співвідношення тверде/рідке при подрібненні пісків класифікатора” (державний реєстраційний номер 0107U005470).

Задачу автоматичного регулювання розрідження пульпи в кульових млинах в різні роки розв'язував ряд науковців, однак дослідження присвячувались агрегатам першої стадії подрібнення і їх результати не можливо використати у даному випадку. Для кульових млинів, що подрібнюють піски класифікатора, запропоновано лише один засіб [1], який відрізняється можливістю забивання каналу витратоміра піскового потоку сторонніми включеннями (скрап, елементи спіралі класифікатора, щепки та ін.). Авторами даної публікації запропоновано підхід ідентифікації розрідження пульпи безпосередньо в приймальному пристрої завиткового живильника за рівнем і тиском суміші [2], способи визначення цих параметрів [3, 4] у хвильовому процесі технологічного агрегату та конструкцію блока первинних перетворювачів тиску [5]. Однак задачу вимірювання тиску пульпи в таких умовах і, зокрема, створення пневматичних ліній ніхто не розв'язував.

Метою даної роботи є обґрунтування довжини гнучких пневматичних трубок при вимірюванні параметрів хвильового процесу завиткового живильника.

При вимірюванні параметрів хвильового процесу завиткового живильника з метою ідентифікації співвідношення руда/вода використовують блок перетворювачів тиску пульпи [5]. В ньому міститься два вертикально встановлені первинні перетворювачі, що являють собою відкриті знизу, а зверху зв'язані за допомогою



1 – камера тиску перетворювача; 2 – ввідна трубка;
3 – манометричний датчик тиску з пневматичною трубкою

Рисунок 1 - Камера тиску перетворювача з ввідною трубкою

пневматичних трубок з перетворювачами тиску в іншу фізичну величину. Первинні перетворювачі виконані у вигляді циліндричних патрубків висотою 600 мм і внутрішнім діаметром 98 мм. Вони перетворюють тиск пульпи у тиск повітря. Для перетворення тиску повітря в електричний сигнал слід застосувати перетворювач вимірювальний наднормального тиску САПФИР-22М-ДИ2120 [5].

Перетворювачі тиску характеризуються резонансною частотою і заспокоєнням рухомої частини, тобто жорсткістю пружних

або чутливих до тиску елементів, масою рухомої частини та оптимальним заспокоєнням. Однак більш важливе значення мають динамічні характеристики акустичної системи, тобто системи: ввідна трубка – середовище – порожнина перетворювача тиску (рис.1). Здебільшого в таких системах акустична резонансна частота нижча, ніж резонансна частота рухомої частини перетворювача тиску. За таких умов ввідна трубка практично визначає динамічні властивості перетворювача в цілому, що важливо в умовах пульсуючого середовища в завитковому живильнику.

Теоретичні дослідження згасання змінних тисків у трубках з врахуванням явищ стиснення та прискорення середовища були здійснені у ряді праць. Отримані в даних працях результати знайшли практичне використання при розробці перетворювачів тиску. У цих роботах показано, що з достатньою для практики точністю можливо замість дійсних розподілених параметрів трубки (маса, стисливість, демпфірування) брати еквівалентні зосереджені параметри. При цьому дослідження значно спрощуються.

З врахуванням визначення зосереджених параметрів акустичну систему (рис.1) можливо характеризувати наступними виразами.

Акустична ємність буде дорівнювати

$$C_a = \frac{V}{\rho v^2}, \quad (1)$$

де V – об'єм камери тиску перетворювача;

ρ – густина середовища;

v – швидкість розповсюдження звуку в середовищі.

Акустичну індуктивність можна визначити за залежністю

$$L_a = \frac{4l\rho}{3\pi r^2}, \quad (2)$$

де l – довжина ввідної трубки;

r – радіус ввідної трубки.

Акустичний опір знайдемо за формулою

$$R_a = \frac{8\eta l}{\pi r^4}, \quad (3)$$

де η – динамічна в'язкість середовища.

Частоту вільних коливань акустичної системи визначимо за залежністю

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{L_a C_a}} = \frac{rv}{2} \sqrt{\frac{3\pi}{IV}}, \quad (4)$$

а ступінь заспокоєння – за формулою

$$h = \frac{1}{2} R_a C_a \omega_0 = \frac{2\eta}{\nu \rho r^3} \sqrt{\frac{3IV}{\pi}}. \quad (5)$$

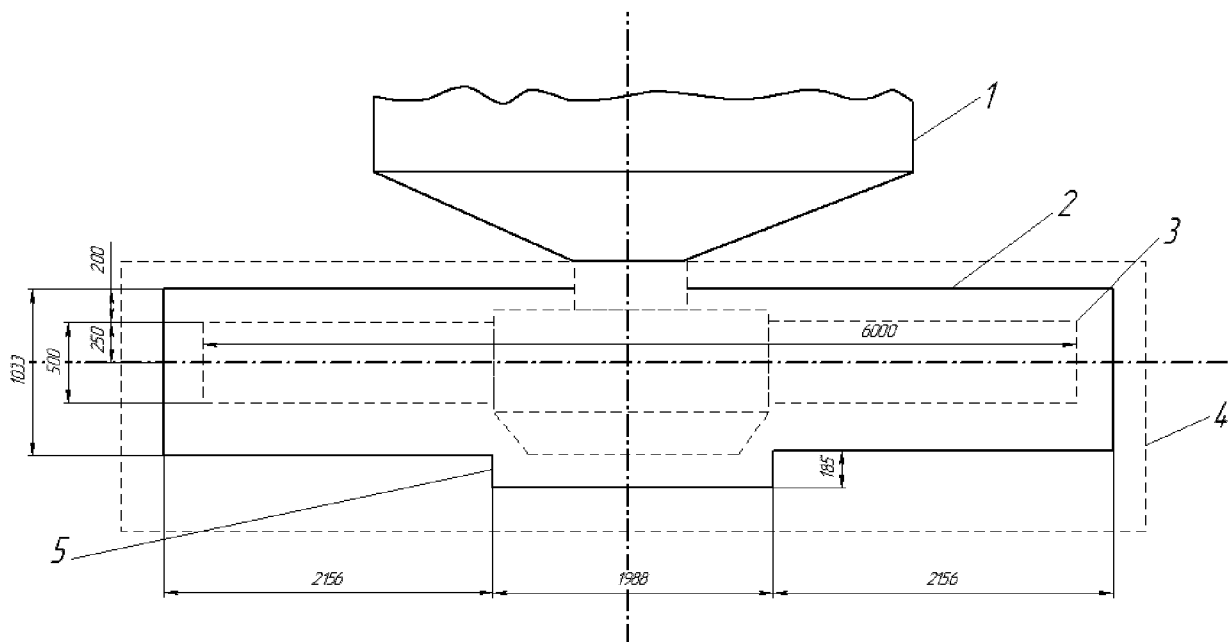
З залежностей (1)...(5) видно, що акустичні параметри каналу залежать як від фізичних, так і його конструктивних параметрів. Серед фізичних параметрів входять густина середовища (повітря) ρ , швидкість розповсюдження звука в середовищі ν , динамічна в'язкість середовища η . На процес передачі інформації в каналі впливають наступні параметри каналу: об'єм камери тиску перетворювача V , довжина пневматичної трубки l та її радіус r . Фізичні параметри являють собою константи, однак вони змінюються під дією певних факторів і це буде впливати на процес передачі інформації. Серед конструктивних параметрів об'єм камери тиску перетворювача V при вибраному його типі є незмінною величиною, тому на акустичні характеристики каналу можливо впливати лише двома факторками – довжиною ввідної трубки та її радіусом, однак це чисто формальний висновок. Фактично доцільно мати найбільш коротку ввідну трубку за конкретних умов, довжина якої повинна бути обґрунтованою, а досягнення необхідних значень акустичних характеристик каналу слід досягти зміною її радіуса. Тому обґрунтуємо довжину пневматичної трубки для конкретних умов вимірювання тиску і рівня пульпи у хвильовому процесі завиткового живильника.

Взаємне розташування завитка і приймального пристрою конструкції завиткового живильника у горизонтальній площині показано на рис.2, який виконано на підставі конструкторської документації технологічного вузла. Завиток 3 безпосередньо приєднано до завантажувальної цапфи кульового млина 1. Він обертається разом з кульовим млином, захоплюючи пульпу з приймального пристрою завиткового живильника і піднімаючи її з нижньої відмітки до рівня завантажувальної цапфи кульового млина. Приймальний пристрій завиткового живильника складається з бетонного зумпфа 4 і його металевої надбудови 2, яка закріплена до зумпфа за допомогою сталевих анкерів. Безпосередньо на надбудові 2 зумпфа 4 встановлюється за допомогою фланцевого сполучення кожух завитка 3. Робочий об'єм зумпфа 4 і його надбудови 2 має виступ 5 з протилежного від кульового млина 1 боку. Даний виступ 5 має ширину 185 мм і довжину 1988 мм. У виступі 5 найбільш доцільно встановити перетворювачі тиску пульпи у тиск повітря по осевій лінії завиткового живильника, оскільки в ньому пульпа не буде розшарованою, а динамічний вплив хвильового процесу практично буде відсутнім. Діаметр перетворювачів може складати дещо більше 100 мм. Блок перетворювачів тиску пульпи у тиск повітря можна кріпити безпосередньо на стінці виступу 5 зумпфа 4 вздовж площини шириною 1988 мм.

Розташування конструктивних елементів завиткового живильника у вертикальній площині показано на рис.3, з якого видно, що по вертикалі конструкція перетворювачів тиску пульпи у тиск повітря може займати до 1990 мм, а реально – не більше 1850 мм, що цілком задовольняє габаритам блока перетворювачів тиску пульпи у тиск повітря.

Тензометричні перетворювачі тиску повітря в електричний сигнал необхідно встановлювати поза завитковим живильником на амортизованій підкладці. Тому пневматичні трубки від перетворювачів тиску пульпи у тиск повітря до тензометричних перетворювачів тиску повітря в електричний сигнал повинні виходити з приймального пристрою в нижній частині надбудови зумпфа. Оскільки висота перетворювачів тиску пульпи у тиск повітря складає 600 мм, а активна висота зумпфа – 1425 мм (рис.3), то довжина лінії з'єднання складе близько 800 мм. Враховуючи, що перетворювачі тиску пульпи у тиск повітря повинні періодично рухатись у вертикальній площині, лінію з'єднання необхідно виконати спіральною і гнучкою. Якщо прийняти п'ять витків спіралі діаметром 160 мм, то довжина імпульсної лінії складе 2,5 м. З врахуванням виводу імпульсних ліній з приймального пристрою довжину пневматичних трубок слід продовжити до 3,0 м.

Отже, при обґрунтуванні акустичних характеристик інформаційного каналу необхідно довжину пневматичних імпульсної лінії приймати незмінною $l = 3,0$ м, а



1 – кульовий млин; 2 – надбудова зумпфа; 3 – завиток; 4 – зумпф; 5 – виступ робочого об'єму зумпфа і надбудови

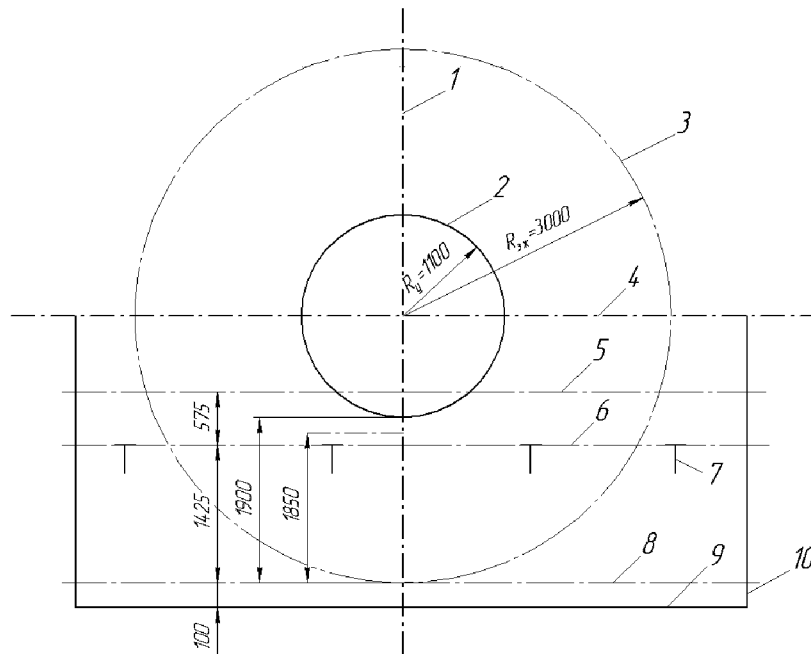
Рисунок 2 - Взаємне розташування завитка і приймального пристрою конструкції завиткового живильника у горизонтальній площині

найкращі значення параметрів забезпечувати варіюванням радіуса трубок. Параметри обох інформаційних каналів повинні бути однаковими.

Перспективою подальших досліджень є теоретичне обґрунтування найкращих акустичних характеристик інформаційних каналів.

Список літератури

1. А.с. 388790 ССРСР, МКИ В 03 б 11/00. Устройство для автоматического контроля загрузки и стабилизации разжижения пульпы в мельнице / Ф.Н. Дегтярев, А.А. Мерзляков, В.А. Кондратец, В.И. Новохатко, Н.И. Кучма, Т.И. Гуленко (СССР). – 1420849/29-33; заявл. 30.03.70; опубл. 05.07.73, Бюл. № 29.
2. 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., Мацуй А.М.; заявник та патентовласник Кіровоград. нац. техн. ун-т. - №20041007979; заявл. 01.10.2004; опубл. 15.07.2005, Бюл.№7.
3. Пат. 87374 С2 Україна, МПК G 01 F 23/00. Спосіб вимірювання рівня рідких середовищ з хвилювими коливаннями / Кондратець В.О., Мацуй А.М.; заявник і патентовласник Кіровоград. нац. техн. ун-т.- №200712196; заявл. 05.11.2007; опубл. 10.07.2009, Бюл. №13.
4. Пат. 62133 Україна, МПК G 01 L 7/00. Спосіб вимірювання тиску рідких середовищ з хвилювими коливаннями / Кондратець В.О., Мацуй А.М.; заявник та патентовласник Кіровоград. нац. техн. ун-



1 – вертикаль установки завиткового захватного органа; 2 – циліндрична частина завиткового захватного органа; 3 – траєкторія руху кінцевої крайки завиткового захватного органа; 4 – горизонталь установки осі завиткового захватного органа; 5 – горизонталь поверхні фланця для установки кожуха; 6 – горизонталь установки кришки завиткового живильника на надбудову зумпфа; 7 – стяжні анкери; 8 – лінія установки крайки основного перетворювача; 9 – дно зумпфа; 10 – стінки зумпфа

Рисунок 3 - Конструктивні елементи завиткового живильника у вертикальній площині т.- №U201101692; заявл. 14.02.2011; опубл. 10.08.2011, Бюл. №15.

5. Мацуй А.М. Ідентифікація співвідношення руда/вода в приймальному пристрої завиткового живильника як регульованому об'єкті / А.М. Мацуй, В.О. Кондратець // Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація: зб. наук. праць КНТУ.- 2011.- №24, Частина 1.- С. 51-56.

А. Мацуй, В. Кондратець, А.Сербул

Обоснование длины гибких пневматических трубок при измерении параметров волнового процесса улиткового питателя

Статья посвящена системе, которая включает камеру давления вторичного преобразователя, вводную трубку и манометрический датчик давления с пневматической трубкой. Рассмотрены конструктивные элементы улиткового питателя в горизонтальной и вертикальной плоскостях, на этой основе выбрано место установки датчиков давления пульпы. Исходя из конструктивных особенностей улиткового питателя и измерительных средств, обоснована длина пневматических трубок, которая должна равняться 3,0 м.

A. Macuy, V. Kondratec, A.Serbul

Ground of length of flexible pneumatic tubes at measuring parameters of wave process snail feeder

The article is devoted the system, which includes the chamber a pressure of the second transformer, introductory tube and manometry pressductor with a pneumatic tube. The structural elements of snail feeder are considered in a horizontal and vertical planes, on this basis the place of setting of pressductors pulp is chosen. Coming from the structural features of snail feeder and measurings facilities, is grounded length of pneumatic tubes, which must be evened 3,0 м.

Одержано 05.07.12