

Л.І. Цвіркун, А.В. Крісанова, Я.В. Панферова

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ЗАВАНТАЖЕННЯ СТРІЧКОВОГО КОНВЕЄРА ЯК ОБ'ЄКТА КОНТРОЛЮ

Анотація. Розглядається процес заповнення насипним вантажем конвеєрної стрічки вугільної шахти. Запропонована математична модель завантаження конвеєра і дослідженні її параметри з метою подальшої автоматизації із застосуванням систем відеоконтроля. Показано, що аналіз отриманих зображень стрічки дозволяє визначити ширину насипаного вугілля, а, отже, і завантаження конвеєра.

Ключові слова: модель, завантаження, стрічковий конвеєр, контроль.

Вступ

Конвеєрний транспорт — це найбільш продуктивний вид безперервного транспорту вугільних шахт. Він характерний простотою обслуговування і малими витратами на експлуатацію. В даний час на багатьох шахтах для транспортування вугілля від забоїв використовуються стрічкові конвеєри [1]. В процесі роботи конвеєрної лінії повинно забезпечуватися найбільш вигідне (за умовами економії електроенергії) співвідношення параметрів — «ступень завантаження стрічки - величина швидкості стрічки», не обмежуючи при цьому продуктивність забою. При зниженні завантаження лінії або відсутності вугілля на стрічці швидкість конвеєра повинна бути знижена. Це дозволяє знизити споживання електричної енергії за счет зменшення часу роботи конвеєрів вхолосту, а також підвищить термін їх служби. Для контролю завантаження стрічки можливо використовувати різні методи, як безпосереднього зважування вугілля на стрічці, так і непрямі. До непрямих методів контролю відносяться системи відеоконтролю технологічних процесів, які знаходять все більше застосування в багатьох галузях народного господарства, включаючи і вугільну промисловість [2].

Постановка завдання

Метою дослідження є аналіз процесу заповнення конвеєрної стрічки, розробка математичної моделі завантаження конвеєра насипним вантажем і дослідження її параметрів з метою подальшої автоматизації із застосуванням відеоконтроля.

Аналіз процесу заповнення конвеєрної стрічки

Стрічкові конвеєри є складовою частиною сучасного технологічного процесу транспортування вугілля на шахті.

Вугілля, яке транспортується, характеризуються такими властивостями: крупністю (розміром часток), міцністю, щільністю, абразивністю, вологістю, рухливістю часток тощо.

На ступень заповнення конвеєрної стрічки насипним вантажем (вугіллям) найбільше впливають: крупність, щільність та вологість [1].

Крупність характеризується найбільшими лінійними розмірами однорідних часток в заданому об'єму.

Щільністю вантажу називається відношення його маси до займаного об'єму.

Вологість насипного вантажу – це є відношення маси води, що міститься у вугіллі і видаляється висушуванням проби вантажу при температурі 105°C, до маси висушеного вантажу. Вологість визначається у відсотках.

Кутом природного відкосу насипного вантажу називається кут між твірною конуса з вільно насипаного вантажу і горизонтальною площиною. Цей кут залежить від взаємної рухливості частинок вантажу. При чому, при русі насипного вантажу кут природного відкосу знижується і дорівнює 0,45-0,5 до кута в спокої.

Вугілля кам'яне кускове має такі характеристики: насипна щільність – 0,65-0,8 т/м³, вологість (може змінюватись у великих межах в залежності від пори року, лави або шахти де проводиться видобуток вугілля тощо) – 65-90%, кут природного відкосу в спокої – 30-45°.

Продуктивність конвеєрів визначається кількістю вантажу, переміщеного за одиницю часу. Кількість насипного вантажу може визначатися у об'ємних або масових одиницях виміру. Тому продуктивність може бути об'ємна або масова, а відповідно і заповнення конвеєра залежить від об'єма або маси вугілля, яке завантажено.

На вугільних шахтах застосовуються жолобчасті стрічкові конвеєри, тобто такі, які мають опорні ролики у вигляді жолоба.

Розглянемо процес заповнення такого конвеєра і як це можна контролювати. Поперечний переріз жолобчастого конвеєра з вугіллям на стрічці має вигляд [1], що представлений на рисунку 1, де:

$B_{стр.}$ - ширина конвеєрної стрічки;

B_1 - частина ширини стрічки, яка заповнена вантажем;

d - ширина насипного вантажу на жолобчастій стрічці, коли дивитися зверху;

a - ширина центральної частини жолобчастою стрічки (нижнього ролика);

b - ширина бічної частини жолобчастою стрічки, яка заповнена вантажем;

δ - кут нахилу бічних роликів конвеєрної стрічки;

φ - кут природного відкосу насипного вантажу на стрічці;

$h_{три}$ - висота трапеції насипного вантажу;

$h_{трик}$ - висота трикутника насипного вантажу.

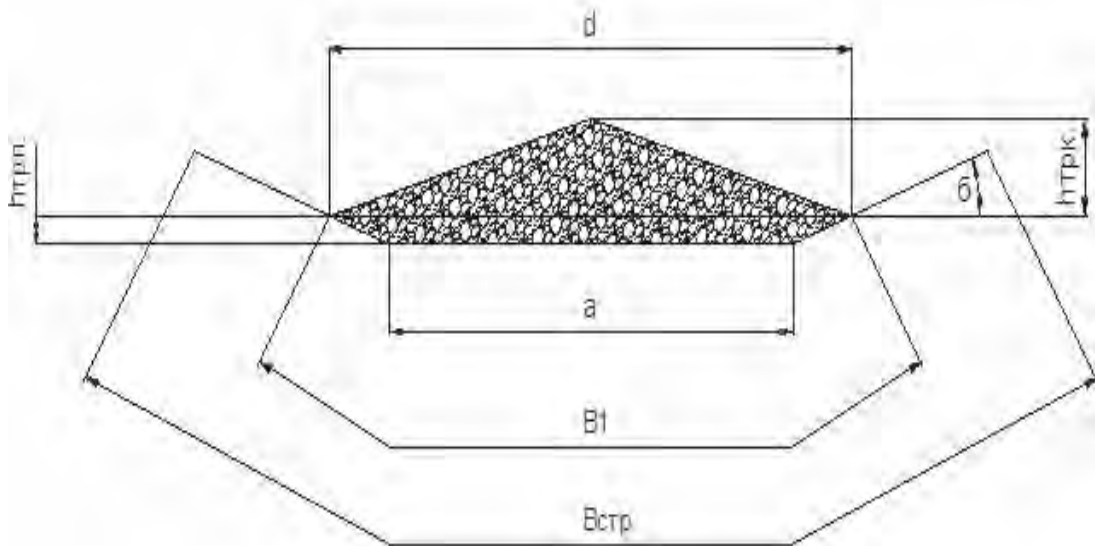


Рисунок 1 - Поперечний переріз жолобчастого конвеєра з вугіллям на стрічці

Математична модель завантаження конвеєра

Об'єм вугілля, що знаходиться на конвеєрі, характеризується площею перерізу насипного вантажу. Як видно з рисунку 1 площа перерізу насипного вантажу складається з площі трикутника $S_{\text{трк}}$ і площі трапеції $S_{\text{трп}}$.

Ці площі можна розрахувати таким чином:

$$S_{\text{трк.}} = \frac{1}{2} dh_{\text{трк.}}, \text{ м}^2 \quad (1)$$

$$S_{\text{трп.}} = \frac{a+d}{2} \cdot h_{\text{трп.}}, \text{ м}^2 \quad (2)$$

Загальна площа перерізу дорівнює сумі $S_{\text{заг.}} = S_{\text{трк.}} + S_{\text{трп.}}$, але заповнення жолобчастою стрічки складається з двох етапів. Тобто,

$$S_{\text{заг.}} = \begin{cases} \text{якщо } d \leq a, \text{ то} \\ \text{якщо } d > a, \text{ то} \end{cases}$$

$$S_{\text{заг.}} = S_{\text{заг.1}} = S_{\text{трк.}} + S_{\text{трп.}} = S_{\text{трк.}} + 0 = S_{\text{трк.}} = S_{\text{трк.}} = \frac{1}{2} dh_{\text{трк.}} \quad (3)$$

$$S_{\text{заг.}} = S_{\text{заг.2}} = S_{\text{трк.}} + S_{\text{трп.}} = \frac{d}{2} \cdot h_{\text{трк.}} + \frac{a+d}{2} \cdot h_{\text{трп.}}$$

Змінні $h_{\text{трк.}}$ і $h_{\text{трп.}}$ складно заміряти, тому спробуємо визначити загальну площу перерізу через ширину насипного вантажу d .

Для цього визначимо $h_{\text{трк.}}$ і $h_{\text{трп.}}$ через d . Так як

$$tg\varphi = \frac{h_{\text{трк.}}}{\frac{1}{2}d}, \text{ а } tg\delta = \frac{h_{\text{трп.}}}{\frac{d-a}{2}}, \text{ то } h_{\text{трк.}} = \frac{1}{2} dtg\varphi, \text{ } h_{\text{трп.}} = \frac{d-a}{2} tg\delta.$$

$$\text{Тоді } S_{\text{трк.}} = \frac{1}{2} d \frac{1}{2} dtg\varphi = \frac{1}{4} d^2 tg\varphi,$$

$$S_{\text{трп.}} = \frac{a+d}{2} \cdot \frac{d-a}{2} tg\delta = \frac{1}{4} (a+d)(d-a)tg\delta, \text{ а}$$

$$S_{\text{заг.1}} = S_{\text{трк.}} = \frac{1}{4} d^2 tg\varphi \quad (4)$$

$$S_{\text{заг.2}} = S_{\text{трк.}} + S_{\text{трп.}} = \frac{1}{4} d^2 tg\varphi + \frac{1}{4} (a+d)(d-a)tg\delta = \frac{1}{4} (d^2 tg\varphi + (a+d)(d-a)tg\delta) \quad (5)$$

Результати досліджень

Аналіз конвеєрних ліній вугільних шахт показує [3], що в них більша частина конвеєрних стрічок має ширину $B_{стр.} = 1$ м.

З урахуванням формул 4 і 5 розглянемо процес заповнення такого жолобчастого конвеєра. У цих формулах змінні a і δ залежать від конструкції конвеєра і для розрахунків будуть константами, φ – залежить від властивості вугілля і на певний час може бути константою, а d – змінна, що характеризує ступень завантаження конвеєра.

Визначемо максимальне значення d . За нормативами [1]

$$B_{1max} = 0,9B_{стр.} - 0,05 = 0,9 \times 1 - 0,05 = 0,85, \text{ м.}$$

На практиці оптимальне значення a і δ не застосовуються, а для спрощення конструкції роликів приймають $a=0,5B_1$, $\delta = 20^\circ$.

Тому: $a=0,5B_{1max}=0,5 \times 0,85 = 0,425$, м.

Максимальну ширину бічної частини жолобчастою стрічки, яка заповнена вантажем, розрахуємо як

$$b_{max} = \frac{B_{1max} - a}{2}, \text{ м.}$$

Тоді максимальне значення змінної d (ширини насипного вантажу на жолобчастій стрічці, коли дивитися зверху) буде дорівнювати:

$$d_{max} = a + 2b_{max} \cos \delta = a + 2 \frac{B_{1max} - a}{2} \cos \delta = 0,425 + (0,85 - 0,425) \cos 20^\circ = 0,829 \text{ м.}$$

З урахуванням того, що кут природного відкосу кам'яного кускового вугілля в спокої дорівнює $30-45^\circ$, а кут на рухомій стрічці – $0,45-0,5$ до кута в спокої, розрахуємо мінімальний, максимальний і середній кути відкосу:

$$\varphi_{рух. \min} = 0,45 \times 30^\circ = 13,5^\circ, \quad \varphi_{рух. \text{сеп.}} = 13,5^\circ + 22,5^\circ = 18,0^\circ,$$

$$\varphi_{рух. \max} = 0,5 \times 45^\circ = 22,5^\circ.$$

Таким чином зміна теоретичної загальної площі перерізу жолобчастого конвеєра з шириною стрічки $B_{стр.}=1$ м. розраховується таким чином:

$$\varphi_{рух. \min} = 13,5^\circ \quad \varphi_{рух. \text{сеп.}} = 18,0^\circ \quad \varphi_{рух. \max} = 22,5^\circ$$

$$S_{заг.} = \begin{cases} \text{якщо } d \leq a, \text{ то} \\ \text{якщо } d > a, \text{ то} \end{cases}$$

$$S_{заг.} = S_{заг.1} = \frac{1}{4} d^2 tg\varphi = \frac{1}{4} d^2 tg\varphi$$

$$S_{заг.} = S_{заг.2} = \frac{1}{4} (d^2 tg\varphi + (0,425 + d)(d - 0,425)tg20^\circ)$$

(6)

Загальна площа перерізу стрічки з насипаним вугіллям характеризує заповнення жолобчастого конвеєра, а також безпосередньо впливає на продуктивність конвеєра.

Отримані залежності застосують для розрахунку завантаження стрічки в залежності від ширини (коли дивитися зверху) насипного вантажу (насипна щільність 725 кг/м^3) та кута природного відкосу і подамо у вигляді графіків на рисунку 2.



Рисунок 2 - Залежність завантаження стрічки конвеєра від ширини насипного вантажу для $\varphi_{рух.мин} = 13,5^\circ$, $\varphi_{рух.сер.} = 18,0^\circ$, $\varphi_{рух.мак} = 22,5^\circ$

Як видно з графіків, визначаючи з отриманих зображень ширину насипаного вугілля, можна чітко визначати завантаження конвеєра.

Наприклад: для $d=0,01-0,4$ завантаження збільшується до 12,5%, для $d=0,4-0,65$ – до 43,8%, для $d=0,65-0,8$ – до 75%.

Висновки

1. Проведений аналіз методів контролю дозволив вибрати відеоконтроль, як найбільш ефективний для контролю завантаження конвеєрної стрічки.

2. Детальний розгляд параметрів та процесу заповнення дозволив розробити математичну модель завантаження конвеєра вугіллям з метою подальшої його автоматизації із застосуванням відеоконтроля.

ЛІТЕРАТУРА

1. Біліченко М.Я. Транспорт на гірничих підприємствах: Підручник для вузів / М.Я. Біліченко, Г.Г. Півняк, О.О. Ренгевич та ін., заг. ред. доп. та змін проф. М.Я. Біліченко. – 3-е вид., авт. доп., змін., кор. – Дніпропетровськ: Національний гірничий університет, 2005. – 636 с. – ISBN 966-350-002-6.
2. Цвиркун Л.И. Разработка модели работы подсистемы отображения информации при видеоконтроле технологических процессов угольной шахты / Л.И. Цвиркун // Оптимизация производств. процессов. Сб. науч. тр. Севастоп. нац. техн. ун-т. – Севастополь: Изд-во СевНТУ, 2007. – Вып.10. – С. 81-85.
3. Цвиркун Л.И. Топологическая оптимизация CAN-сети системы контроля конвейерных линий угольной шахты / Л.И. Цвиркун, Р.В. Липовой // Збірник наукових праць НГУ. – Дніпропетровськ: РВК НГУ, 2009. – № 32. – С. 141-146.