УДК 621.337.4

ДОСЛІДЖЕННЯ КВАНТА ШЛЯХУ ДЛЯ КОНТРОЛЮ ШВИДКОСТІ РУХУ ШАХТНОЇ ПІДЙОМНОЇ МАШИНИ

Матвієнко М. П., *к.т.н.*
Конотопський інститут Сумського державного університету

Анотація. *В статті на основі теоретичних викладень побудована математична залежність кванта шляху руху посудини шахтної підйомної машини від її швидкості та прискорення. Отримані результати моделювання кванта шляху руху для різних величин швидкості і прискорення. Показано, що квант шляху в 10 см задовольняє вимогам вантажолюдських підйомів, а квант шляху в 20 см – вантажних підйомів.*

Ключові слова: *квант, шлях, швидкість, прискорення, обмежувач швидкості, шахтна підйомна машина.*

THE STUDY OF THE QUANTUM OF THE WAY FOR SHAFT LIFTING MACHINE'S SPEED CONTROL

Matvienko M. P., *Ph.D*
Konotop Institute of Sumy State University

Abstract*. In the article on the basis of theoretical assumptions mathematical dependence of the quantum of the way of the movement of shaft lifting machine vessel on its speed and acceleration is built. The results of modeling of the quantum of the way for different values of speed and acceleration are received. It is shown that the quantum of the way in 10 cm satisfies the requirements of human and freight lifting and the quantum of the way in 20 cm – freight lifting.*

Keywords: *quantum, way, speed, acceleration, limiter of speed, shaft lifting machine.*

Вступ. Для проектування обмежувача швидкості руху посудини шахтної підйомної машини використовують два методи задання допустимої швидкості: у функції часу з коректуванням по шляху або у функції місцезнаходження посудини [1, 2]. Перший метод використовують при проектуванні аналогових обмежників [1, 3], а другий – цифрових, які є більш точними і перспективними [4, 5]. Проте використання другого методу для побудови обмежувача швидкості потребує розрахунку раціонального значення кванта шляху відбору інформації від посудини як при її розгоні, сповільненому русі, так і дотягуванні підйомної посудини до кінцевого пункту.

Аналіз останніх джерел досліджень та публікацій. Із останніх публікацій в Росії [6] і Україні [7] можна зробити висновок, що обмежувачі швидкості руху посудини шахтної підйомної машини використовують метод задання допустимої швидкості у функції місцезнаходження посудини, але без урахування раціонального значення кванта шляху відбору інформації від неї.

Метою статті є знаходження раціонального кванту шляху за допомогою побудови цифрових обмежувачів швидкості шахтних підйомних машин різних видів.

Виклад основного матеріалу. Обмежувач швидкості, незалежно від його виконання, містить чотири основні складові: пристрій (задатчик) захисної тахограми руху посудини підйомної машини, пристрій замірів дійсної швидкості, пристрій порівняння величин заданої та дійсної швидкостей і пристрій формування сигналу перевищення швидкості. При цьому, метод побудови пристрою обмежувача швидкості, якість його роботи й вартість в основному визначаються ідентичними параметрами вузла задавання захисної тахограми. Тому основне завдання під час розробки обмежувача швидкості полягає у виборі метода побудови вузла та засобів його реалізації.

Згідно з ОСТ 12.24.189-80 [1] дозволяється використовувати два можливі методи задання допустимої швидкості: у функції часу з коректуванням по шляху або у функції місцезнаходження посудини підйомної машини. Вихідними даними для досліджень можуть служити залежності зміни робочої, захисної і критичної швидкості на шляху сповільненого

руху підйомної посудини під час наближення до крайнього положення, які задаються такими виразами [1, 2, 3]:

$$\frac{V_p^2 - V_g^2}{2a_p} = S_p, \quad (1)$$

$$\frac{V_з^2 - V_g^2}{2a_з} = S_з, \quad (2)$$

$$AV_{kp}^2 + BV_{kp} + C = S_{kp}, \quad (3)$$

де S_p, V_p і a_p – відповідно шлях, швидкість і прискорення за робочою діаграмою швидкості;

$S_з, V_з, a_з$ – відповідно шлях, швидкість і прискорення із захисної діаграми швидкості;

V_n – контрольована обмежувачем швидкість наближення на шляху дотягування;

V_g – робоча швидкість дотягування підйомної посудини до кінцевого пункту;

A, B, C – параметри залежності критичної швидкості посудини, її віддалення від кінцевого пункту, що визначається через параметри підйомної установки;

V_{kp}, S_{kp} – координати точок на діаграмі критичної швидкості. Прискорення згідно із захисною діаграмою визначається за виразом [3]

$$a_з = a_p \frac{a^2 V_p^2.\max - V_n^2}{V_p^2.\max - V_g^2}, \quad (4)$$

де $V_p^2 \max$ – максимальна робоча швидкість підйомної установки на ділянці рівномірного ходу;

a – допустимий коефіцієнт перевищення швидкості рівномірного ходу (a = 1,15).

Аналізування залежності (1…4) показує, що діаграми робочої (1) і захисної (2) швидкості мають однозначний взаємозв'язок через вираз (4), а діаграми критичної (3) і захисної швидкості (2) такого зв'язку не мають. Співвідношення на шляху уповільнення за типовими значеннями $V_g = 0{,}5 - 0{,}7$ м/с і $V_n = 1{,}5$ м/с змінюється від 1,15 (на ділянці, що примикає до рівномірного руху) до 2,14…3 (на ділянці, яка стикується з процесом дотягування).

Шахтна підйомна установка, яка працює за захисною діаграмою швидкості від дискретних шляхових відміток на шляховому інтервалі перед дотягуванням, має ступінчастий вигляд (рис. 1).

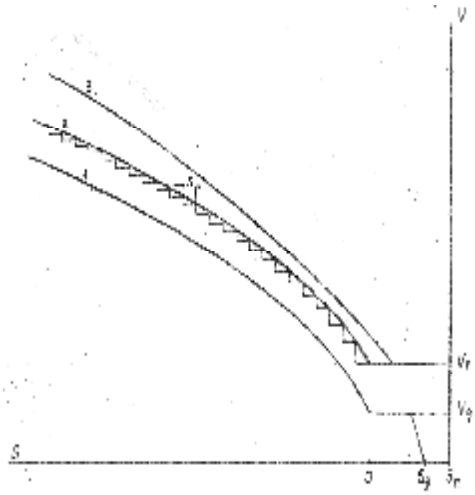

Рис. 1. Захисна діаграма швидкості

Оскільки захисна і критична діаграми швидкості не мають однозначного взаємозв'язку, а досвід розрахунків і налагоджень обмежувачів [4] вказує на часті випадки близького розташування цих кривих і навіть на наявність критичних точок зіткнення і перетину діаграм, здійснюються корегування розрахункових робочих і захисних діаграм [4, 5]. Тоді розглядається варіант заміни плавної кривої залежності (2) ступінчастою (рис. 1), коли праві кінці сходинок обводяться розрахунковою захисною діаграмою (2).

У разі переходу до ступінчастої діаграми точки реальної захисної діаграми наблизяться до точок робочої діаграми. Визначимо оцінку величини шляхового кванта за критерієм раціонального співвідношення на ділянці уповільнення, що примикає до шляху дотягування.

З урахуванням апаратної похибки обмежувача [1, 3] δ=±(0,03V_n+0,07) м/с фактична швидкість захисної діаграми на шляховому інтервалі перед дотягуванням становить

$$V_з = 0{,}97\ V_n - 0{,}07 \quad (5)$$

і робоча швидкість у цій точці шляху (рис. 1) і залежності (1) буде дорівнювати

$$V_p = \sqrt{V_g^2 + 2_{ap} S}. \quad (6)$$

Співвідношення швидкостей на цій ділянці визначається за виразом

$$m = \frac{V_з}{V_p} = \frac{0.97U_n - 0{,}07}{\sqrt{V_g^2 + 2_{ap} S}} \quad (7)$$

Із співвідношення (7) отримаємо вираз для шляхового кванта

$$S = \frac{(0{,}97U_n - 0{,}07)^2 - m^2 V_g^2}{2m^2 a_p}. \quad (8)$$

Коли робоча діаграма швидкості для підйомних автоматизованих установок з приводом за системою «Генератор – Двигун» виконується з достатньою точністю, значення коефіцієнта μ знаходиться в інтервалі 1,1,…,1,2. Але для більшості підйомних установок з ручним режимом керування не виправдані значення, менші ніж μ = 1,5 для ділянки шляху уповільнення, що примикає до шляху потягування, оскільки спостерігатимуться часті накладання запобігаючого гальма. При цьому безпосередньої небезпеки для роботи підйомної установки під час завершення циклу підйому не буде.

У табл. 1, відповідно до залежності (8), наведено розрахункові значення шляхового кванта для найбільш поширених на практиці числових значень вихідних параметрів.

Таблиця 1

Розрахункові значення шляхового кванта

Параметри системи	V_n = 1,5 м/с				V_n = 1,0 м/с			
	V_g = 0,7 м/с ^{2}		V_g = 0,5 м/с ^{2}		V_g = 0,5 м/с ^{2}		V_g = 0,3 м/с ^{2}	
	a_p=0,8 м/с^2	a_p=0,5 м/с^2	a_p=0,8 м/с^2	a_p=0,5 м /с^2	a_p=0,5м/с^2	a_p=0,3 м/с^2	a_p=0,5м/с^2	a_p=0,5м/с^2
S, см	23	36	38	60	11	18	27	45

Згідно з даними табл. 1 можна зробити висновок, що максимально-допустима величина шляхового кванта значною мірою залежить від параметрів підйомної установки V_n, V_g, a_p і для найбільш поширених на практиці сполучень його числове значення знаходиться в межах 10…60 см.

На практиці величина шляхового кванта повинна визначатися для кожної підйомної установки з урахуванням значень параметрів V_n, V_g та a_p. На етапі монтажу і налагоджування обмежувача швидкості необхідно виготовити відповідний перфораційний пристрій. Можна також стверджувати, що шляховий квант в 10 см задовольнить вимогам практично для всіх вантажолюдських підйомів, а шляховий квант в 20 см – практично для всіх вантажних підйомів.

Якщо в цифровому обмежувачі швидкості будемо порівнювати час фактичного надходження послідовних шляхових квантів із заданим часовим інтервалом часу T_i руху шляхового кванта на уповільненій захисній діаграмі швидкості, то це дозволить не враховувати жорсткий кінематичний зв'язок з підйомною машиною.

При $V_n = 1{,}5\,м/с$, $a \cdot V_{p\max} = 23\,м/с$ і $S = 0{,}1м$ T_i повинно змінюватися в межах від 66,7 до 4,3 с. При тих же значеннях $V_n = 1{,}5\,м/с$, $a \cdot V_{p\max} = 23\,м/с$, але $S = 0{,}2м$ T_i повинно змінюватися від 133,4 до 8,6 с. Програмування проміжних часових інтервалів повинно здійснюватися згідно із законом $T_i = 2T_0\sqrt{C} \cdot [\sqrt{C+i} - \sqrt{C+(i-1)}]$,

де $C = \frac{V_n^2}{2a_з S}$ – коефіцієнт, який залежить від значень $V_n, a_з, S$; $T_0 = \frac{S}{V_n}$ – час проходження шляхових квантів згідно із захисною діаграмою; i – номер інтервалу.

Висновки:

1. Обмежувачі швидкості руху посудини шахтної підйомної машини, що використовують метод задання допустимої швидкості у функції місцезнаходження посудини, повинні враховувати раціональне значення кванта шляху відбору інформації.

2. Для вантажолюдських підйомів шляховий квант повинен становити 10 см, а для вантажних підйомів – 20 см

Список літератури

1. ОСТ 12.24.189-80. Обмежувачі швидкості шахтних підйомних установок. Загальні технічні вимоги. Методи випробувань.
2. Правила безпеки у вугільних шахтах. НПАОП 10.0 – 1.01. – 10. 2010. К. – 2010.
3. Мурзин В. А. Защита рудничных подъемных машин от превышения скорости / Мурзин В. А., Решетников В. И., Шатило А. Н. – М. : Недра, 1991. – 108 с.

4. Трифонов М. Г. Ограничитель скорости ОС / М. Г. Трифонов, Д. В. Барашков // Горное оборудование и электромеханика. – 2012. – № 11. – С. 18–21.
5. Руководство по ревизии, наладке и испытанию шахтных подъемных установок / [В. Р. Бежок, В. Г. Калинин, В. Д. Коноплянов, Е. М. Курченко]. – Донецк : Донеччина, 2000, – 30 с.
6. Кащич А. Система управления и комплексной защиты шахтной подъемной установки / А. Кащич, А. Марищенко, Н. Божок и др. // Современные технологии автоматизации. – 2005. – № 2. – С. 26–31.
7. Бочаров М. К. Программно-аппаратный комплекс управления и защиты шахтных подъемных машин [Электронный ресурс] / М. К. Бочаров, Ан. А. Дубинский, А. Б. Кац. – Режим доступа : http://ukrniive.com.ua/ru/article/lifting_machines.htm

References

1. OST 12.24.189-80. Limiters of speed of shaft liftings units. General technical requirements. Methods of tests [in Ukrainian].
2. Rules safety in coal mines (2010) NPAOP 10.0 – 1.01. – 10. 2010. Kyiv [in Ukrainian].
3. Murzin, V. A., Reshetnikov, V. I. & Shatilo, A. N. (1991) The protection of mining lifting machines from an overspeed. Moscow: Nedra, 108 p. [in Russian].
4. Trifonov, M. G. & Barashkov, D. V. (2012) Speed limiter SL. *Gornoe oborudovanie i elektromehanica*, (11), pp 18-21 [in Russian].
5. Bezhok, V. R., Kalinin, V. G., Konoplyanov, V. D. & Kurchenko E. M. (2000) The manual for revision, adjustment and testing of shafting lifting units. Donetsk: Donetchina, 30 p. [in Russian].
6. Kaschich, A., Marischenko, A. & Bozhok N. (2005) The system of management and comprehensive protection of shafting lifting unit. *Sovremennye tekhnologii avtomatizatsii*, (2), pp. 26-31 [in Russian].
7. Bocharov, M. K., Dubinskiy, An. A. & Kats, A. B. Hardware and software complex of management and protection of shafting lifting units. Avaible at: http://ukrniive.com.ua/ru/article/lifting_machines.htm [in Russian].