

Аналитическое выражение зависимости приведено ниже (1), при этом коэффициент корреляции равен 0,81

$$P = 0.028q + 2,45 \quad (1)$$

После анализа результатов каротажа блока целесообразно применение селективной зарядка скважин. При этом в промежутках, пересекающих рудное тело, заряд закладывается с расчётом дробления, оптимального для большего измельчения и ведения технологического процесса, а в промежутках, пересекающих «пустую» породу – обеспечивающее оптимальную выемку и транспортировку в отвалы. При этом, очевидна экономия взрывчатых веществ, снижение запыленности при транспортировке рудной массы в результате чрезмерного дробления при взрыве.

При наличии на экскаваторе системы оперативного мониторинга и корректировки фронта работ карьерных экскаваторов, одной из возможностей системы является селективная добыча, при помощи трехмерной модели залежи и высокоточной системы навигации, установленной на рабочий орган экскаватора. Фактически достоверная информация о границах залежи, которую мы получаем в результате каротажа, является базовой информацией для эффективной работы системы [3].

Выводы и направления дальнейших исследований. Таким образом достоверная, своевременная информация о каротаже:

- снижает объем работ геологической службы;
- снижает потери и разубоживание;
- повышает качество руд;
- повышает эффективность работы обогатительной фабрики;
- снижает объем работ маркшейдерской службе.
- повышает экономию взрывчатых веществ и качество дробления при взрыве.

Список литературы

1. Азарян А.А., Коробко В.Н., Кузьменко А.В. и др. Автоматизированное проектирование буровзрывных работ с использованием каротажной станции «Карьер-Кривбасс» /«Качество минерального сырья-2002». - С. 98-104.
2. Тимофеев Е.В. Отчет по теме: «Опытное внедрение Аппаратуры «Карьер» на горно-обогатительных комбинатах Кривбасса и опытно-методическая помощь производственным организациям МЧМ СССР в освоении промышленных образцов станции «Карьер» Ленинград 1976. - С.18-22
3. Интернет-ресурс <http://www.vistgroup.com.ua/>

Рукопись поступила в редакцию 21.03.13

УДК 622.647.21

Л.І. ЄФІМЕНКО, М.П. ТИХАНСЬКИЙ, кандидати техн. наук, доц.
ДВНЗ «Криворізький національний університет»

МОДЕЛЮВАННЯ НАВАНТАЖЕННЯ НА ОПОРНІ КОНСТРУКЦІЇ ВАЖКИХ СТРІЧКОВИХ КОНВЕЄРІВ

У роботі оцінено вплив режимів транспортування стрічкового конвеєра і зміни грансостава матеріалу на довговічність опорних конструкцій, запропоновано рівняння пошкодження конвеєрного ставу від названих чинників.

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. До сучасних металоконструкцій лінійної частини конвеєра, а саме, конвеєрному стану пред'являється ряд вимог по міцності, амортизуючій здібності при динамічних навантаженнях, стійкості, мінімальній металоемності, довговічності. Аналіз розрахунків ряду підприємств і науково-дослідних організацій показав, що існуючі методи проектування конвеєрного ставу не повною мірою враховують дійсну картину його вантаження.

Загальним недоліком розглянутих методів проектування є те, що при визначенні навантажень на став беруться статичні складові, не враховується динаміка перехідних процесів і динамічні навантаження від дії крупних шматків вантажу, не використовуються можливості зменшення навантажень на конструкції шляхом управління режимами транспортування.

Конвеєрний став є основним елементом стрічкового конвеєра, що визначає його металоемність. Із збільшенням його довжини значно збільшується вага конвеєра. Розробка методів зменшення динамічних навантажень на став дозволить знизити металоемність конвеєра.

Аналіз досліджень та публікацій. Питаннями моделювання конвеєрів займався ряд відомих вчених. Вони розробили математичні моделі навантаження опорних конструкцій конвеєра, що описують дію крупнокускового вантажу на елементи ставу. Ці моделі отримані в результаті обробки експериментальних даних, або даними є параметри, що описують структуру вантажопотоку, геометричні і фізичні характеристики конвеєра. У цих моделях навантаження, що сприймається ролюкоопорой, розділяється на статичне, обумовлене натиском матеріалу, що транспортується, і динамічне, обумовлене натиском матеріалу, що транспортується, а також обумовлене дією окремих крупних шматків вантажу. Ряд чинників враховували коефіцієнтами запасу міцності. Проте, в цих роботах навантаження на опорні конструкції оцінюють при існуючих способах і режимах управління конвеєром.

Дослідження, пов'язані з виявленням інформативних параметрів, якими займалися В.Ф. Монастирський, В.І. Плахотнік, А.Н. Смирнов, В.І. Бесчастний, показали, що конвеєр, як складний об'єкт, має сенс розділяти на основні механізми й вузли та досліджувати їх окремо.

Постановка завдання. З аналізу наведених робіт видно, що необхідно створювати та модернізувати математичні моделі взаємодії крупного шматка з насипним мілкокусковим вантажем під впливом ударної сили з містом додавання ударного імпульсу, що змінюється в часі, функціонально залежним від швидкості руху конвеєрної стрічки

Викладення матеріалу та результати. Режимми роботи конвеєра і, гранулометричний склад матеріалу, що транспортується, надають основна руйнівна дія на його устаткування і, при накопиченні, викликає втомний знос конструкцій. Пошкодження, вироблене одиначною дією руйнівного чинника, називається мірою пошкодження $/1/$, при цьому заходи пошкодження від різних руйнівних чинників (крупні шматки, регулювання швидкості, пускові режими) різні по величині. Пошкодження конструкції за певний час дорівнює сумі заходів пошкоджень від різних чинників за цей час. В умовах промислової експлуатації недовантажений конвеєр транспортує матеріал з тією ж швидкістю, що і завантажений. При цьому окремо розташовані шматки взаємодіють з ролюкоопорами, відбувається імпульсний удар, величина якого визначається з вираження [2]

$$P_H = m_k V^2 \sin(\theta_2 - \theta_1) (1 + K) g^{-1} \tau^{-1}, \quad (1)$$

де m_k - маса крупного куска, кг; V швидкість транспортування, м/с; θ_1, θ_2 - кути входу стрічки на ролик, залежать від маси куска та натягіння стрічки; κ - коефіцієнт відновлення при ударі об ролюкоопору; K_{di} - нелінійний коефіцієнт, характеризуючий підсипку дріб'язку та залежний від маси і форми куска. Регулюючи швидкість за вантажопотоком, наприклад, на 50% від номінальної, можна зменшити величину ударного навантаження від взаємодії вантажу та ролюкоопор, тобто зняти максимальну напругу циклу $S=P_k$.

При зниженні максимальної напруги циклу конструкція витримає більше число циклів навантаження до руйнування, ніж раніше (2)

$$N = f(V_p) \gg 5 \cdot 10^4. \quad (2)$$

Отже, міра пошкодження від ударів крупними шматками при регулюванні швидкості зменшиться в залежності (3) і буде рівна (4)

$$g_p = f(V_p, M(m_k)) \quad (3)$$

$$g_p = \frac{\varpi_{ek} t}{2\pi} \cdot \left\langle \frac{1}{KN(S)} \right\rangle, \quad (4)$$

де ϖ_{ek} - ефективна частота процесу, K - коефіцієнт, враховуючий збільшення кількості циклів навантаження до руйнування за рахунок зменшення міри пошкодження від одиначної дії.

Іншим способом збільшення довговічності опорних конструкцій стрічкового конвеєра, особливо поблизу приводу, є регулювання пускового моменту (тягового зусилля) двигуна у фазі рухання.

Під час запуску навантаженого конвеєра привод розвиває момент, необхідний для подолання сил опору навантаженого конвеєра і інерції частин, що обертаються, а в разі необертальних роликів через стрічку передає на став зусилля (навантаження), рівне [2] (5)

$$P_{\square} = (P_{cn} + G_s j) \cos \alpha \cdot f_n = (P_{cn} + G_s D_o^2 \frac{2M_{d'o} j_o - P_{cn} D_o}{G_s D_o^2 + c_i (G_i D_o^2)^2 j_o}) \cos \alpha \cdot f_n. \quad (5)$$

Це зусилля перевищує необхідне зусилля для рушання конвеєра і створює зайве навантаження на елементи конвеєрного ставу і стрічку. Виникає необхідність у виявленні необертальних роликів і управлінні пусковим зусиллям. Для чого регулюють наростання максимального моменту двигуна в початковий період пуску, при цьому на першому етапі двигун розвиває зусилля, достатнє для рушання стрічки від приводного барабана до і-ої роликкоопори, потім зусилля наростає у міру просування хвилі рушання по стрічці. Час етапів наростання залежить від швидкості поширення хвилі рушання в стрічці. Крива запуску двигуна апроксимується стандартними функціями.

Такий режим рушання сприяє зменшенню пускових навантажень в опорних конструкціях, тобто зменшенню максимальної напруги циклу (пуску) $S = P_T$ до $S_n = fP_T$, де $0 < f < 1$. Це у свою чергу, приводить до збільшення циклів вантаження до руйнування по цьому чиннику і, відповідно, до зменшення міри пошкодження (6)

$$\mathcal{G} = \frac{\omega_{en} t}{2\pi} \cdot \left\langle \frac{1}{N(S)} \right\rangle. \quad (6)$$

Знаючи основні ушкоджувальні чинники, міру пошкодження від кожного з них, і регулюючи режими роботи, можна прогнозувати довговічність конструкції, що має велике значення для полегшених конструкцій. Аналізуючи експериментальні дослідження, приведені в роботі [3], можна знайти заходи пошкодження конвеєрних конструкцій від взаємодії з шматками вантажу різної величини. Згідно з цими експериментами шматки великою 300 мм і вище транспортуються з інтервалом проходження 0.8 с, ефективна частота процесу при цьому $\omega_{en} = 1,22$ 1/с. Прийmemo за умовний базовий термін служби конструкції 15 років. Тоді за час служби взаємодія конструкцій з крупними шматками станеться $4,2 \cdot 10^8$ разів. Вважаючи, що в основному руйнування походить від шматків величиною вище 300 мм, і маючи в своєму розпорядженні процентний вміст їх в масі, що транспортується, визначимо, яку можливу кількість циклів (ударів) до руйнування витримає конвеєрний став від взаємодії з цими шматками і яка міра пошкодження ставу від кожного класу крупності.

Грунтуючись на процентному складі вантажу по крупності [3] (0 - 300 мм - 74 %, 300-400 мм - 18%, 400-500 мм - 5% і вище 3 %) і вважаючи, що основне руйнування (70 %) відбувається від шматків більше 300 мм і пускових перевантажень, складемо рівняння руйнування ставу конвеєра.

У загальному виді (7)

$$\sum N_i \cdot \Delta\alpha_i = \mathcal{G}_{\dots}, \sum N_{kj} \Delta\alpha_{kj} + N_n \Delta\alpha_n + \sum N_p \Delta\alpha_p = \mathcal{G}_{\dots}, \quad (7)$$

де N_i, N_{kj}, N_p, N_n - кількість руйнівних циклів відповідно від узагальненого i -го чинника, від крупних шматків, від пускових навантажень, від різних неврахованих чинників. Для даного випадку (8)

$$N_1 \Delta\alpha_1 + N_2 \Delta\alpha_2 + N_3 \Delta\alpha_3 + N_n \Delta\alpha_n = \mathcal{G}_k + \mathcal{G}_n = \mathcal{G}_{\dots}, \quad (8)$$

Тут N_1, N_2, N_3 крупності за умовний термін служби, $\Delta\alpha_1, \Delta\alpha_2, \Delta\alpha_3, \Delta\alpha_n$ - міра пошкодження ставу від одного удару шматком різної маси і від пускового перевантаження, \mathcal{G}_k - сумарна міра пошкодження від ударів крупними шматками за термін служби, \mathcal{G}_n - сумарна міра пошкодження від пускових зусиль за термін служби, $\mathcal{G}_{\dots} = 0,7$, оскільки прийнято, що дія від шматків і пусків складає 70% від загального пошкодження.

У результаті обробки даних дробильної фабрики МГОКа встановлено, що в середньому конвеєр за зміну зупиняється і запускається 8 разів, значить, за базовий термін служби конвеєрного ставу відбувається приблизно $0,0011 \cdot 10^8$ пусків, що по силі взаємодії з роликкооперами відповідає удару шматком 400-500 мм, при цьому міра пошкодження від одичної дії дорівнює $\Delta\alpha_n = 2,231 \cdot 10^{-8}$

Зниження сили одичних дій по кожному ушкоджувальному чиннику спричиняє за собою зменшення сумарного пошкодження, і, як наслідок, збільшення довговічності ставу.

Зниження дії крупних шматків вантажу досягається засобами автоматичного управління дробильно-сортувальним комплексом, зокрема регулюванням швидкості транспортування, щільною дробарки, натягненням стрічки. При регулюванні щільності дробарки крупні шматки стають меншими і зменшується процентний вміст шматків, що перевищують 400 мм.

Вирішимо рівняння пошкодження при виключенні з вантажопотоку шматків більше 400 мм, при цьому частота проходження крупних шматків залишається незмінною, а маса зменшу-

ється до очікуваної величини

$$g_{\text{сум}} = (N_1 + N_2 + N_3)\Delta\alpha_1 + N_n\Delta\alpha_n = 0.6. \quad (9)$$

Отже, за рахунок зменшення динамічних навантажень на став конвеєра знизилася сумарна міра пошкодження за базовий термін служби, що рівнозначно збільшенню терміну служби конструкції. Зниження швидкості транспортування веде до зменшення динамічної взаємодії шматка з роликкопорою без зміни гранулометричного складу, при цьому пропорційно зміні швидкості міняється міра пошкодження від кожної одиничної дії, так при зменшенні швидкості на 25% від номінальної коефіцієнт пропорційності рівний: $K=0,56$, на 50% $K=0,44$, на 75% - $K=0,25$.

Довговічність опорних конструкцій конвеєра також збільшиться на величину, яка визначається з виразу

$$\Delta t = \frac{g_{\text{сум}} - g_{\text{сум}1}}{g_{\text{сум}}} \cdot T_{\text{ф}}, \quad (10)$$

де $T_{\text{ф}}$ - період часу за базовий термін служби, в який експлуатують конвеєр із зниженою швидкістю (прийемо 30% від загального часу тобто $T_{\text{ф}}=15 \times 0,3 = 4.5$ роки).

Висновки та напрямок подальших досліджень. Отже, видно, що міра пошкодження опорних конвеєрних металоконструкцій знаходиться в прямій залежності від частоти проходження крупних шматків, їх маси, швидкості транспортування і, кінець кінцем, від сили дії шматка вантажу на опори. Сумарну міру втомних пошкоджень конвеєрного ставу можна виразити як суму заходів пошкодження від ряду ушкоджувальних чинників, а саме, від крупних шматків, зміни швидкості транспортування при регулюванні, від пускових навантажень. При цьому частість дії того або іншого ушкоджувального чинника і міра пошкодження ним що наноситься різні.

Для зменшення міри пошкодження необхідно зменшити пошкодження дії кожного пошкодженого чинника. Одним із способів зменшення міри пошкодження конвеєрних металоконструкцій, і отже, збільшення довговічності є управління режимами роботи стрічкового конвеєра, а саме, регулювання швидкості транспортування гірської маси по вантажопотоку, регулювання тягового зусилля приводу під час пуску.

Зниження швидкості транспортування веде до зменшення динамічної взаємодії шматка з роликкопорою без зміни гранулометричного складу, при цьому пропорційно зміні швидкості міняється міра пошкодження від кожної одиничної дії, так при зменшенні швидкості на 25% від номінальної коефіцієнт пропорційності рівний: $K=0.56$, на 50% $K=0.44$, на 75% - $K=0.25$.

Алгоритми формування навантажень на опорні конструкції стрічкового конвеєра, розроблені для режимів транспортування, що викликають максимальні дії на став стаціонарних і пересувних конвеєрів.

Список літератури

1. **Болотин В.В.** Методы теории вероятностей и теории надежности в расчетах сооружений. М.: Стройиздат, 1991 - 351 с.
2. **Назаренко В.М., Ефименко Л.И.** Оценка усилий на став ленточного конвейера при регулировании скорости транспортирования. -Изв. вузов. - Горн.журн, 1985 - С.60 - 62.
3. Энергоемкость транспортирования ленточными конвейерами крупнокусковых грузов. **Н.С.Поляков, В.К.Смиров, В.Ф.Монастырский и др.**-М.,1987 -8 с.

Рукопис подано до редакції 21.03.13

УДК 681.5

А.А. ЖОСАН, канд. техн. наук, доц., Є.С. КІРСАНЬ, аспірант
ДВНЗ «Криворізький національний університет»

АНАЛІЗ МЕТОДІВ МОДЕЛЮВАННЯ ОБ'ЄКТІВ З РОЗПОДІЛЕНИМИ ПАРАМЕТРАМИ

Математичний опис теплових об'єктів з розподіленими параметрами є одним із важливих процесів, що покладені в основу моделювання та створення систем автоматичного керування процесами нагріву. У статті наведено основні прийоми математичного моделювання теплових об'єктів як об'єктів керування, їх недоліки та вказано напрямки покращання моделей.