

О.О. ВУСИК, аспірант, А.М. ПИЖИК, канд. техн. наук, доц.
Криворізький національний університет

ЗАСТОСУВАННЯ БЕЗВИБУХОВОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ВІДПРАЦЮВАННЯ ГІРСЬКИХ ПОРІД ПРИ ВИКОРИСТАННІ КОМБАЙНІВ ФРЕЗЕРНОГО ТИПУ В УМОВАХ РОЗРОБКИ ЗАЛІЗОРУДНИХ КАР'ЄРІВ

Мета. Обґрунтувати можливість використання безвибухової технології пошарового фрезерування напівскельних і скельних гірських порід фрезерними комбайнами на залізорудних кар'єрах.

Методи дослідження. Комплексний аналіз теоретичної і практичної ефективності застосування комбайнів фрезерного типу для реалізації безвибухової технології ведення відкритих гірничих робіт. Аналіз перспективи переозброєння залізорудних кар'єрів сучасними високопродуктивними машинами пошарового фрезерування. Аналіз особливостей відпрацювання породного масиву комбайнами фрезерного типу без використання буро-вибухових робіт з урахуванням фізико-механічних властивостей порід.

Наукова новизна. Розширення області застосування кар'єрних комбайнів визначається встановленими взаємозв'язками між технологічними параметрами роботи комбайнів фрезерного типу і параметрами елементів системи розробки родовищ корисних копалин в діючих складних умовах відпрацювання залізорудних покладів. Підвищення техніко-економічних показників роботи кар'єру за рахунок раціонального використання кар'єрних комбайнів фрезерного типу у комплексі технологічних процесів сучасних гірничодобувних підприємств.

Практична значимість. Використання гірничих комбайнів в діючій технології відкритої розробки напівскельних і скельних порід витісняє технологічний процес підготовки порід до виймання вибухом. В умовах досягнення значної глибини відпрацювання порід, комбайновим способом підвищується ефективність вилучення порід розкриття та збільшується активність робочої зони. Комбайни фрезерного типу добре себе рекомендують в складних гірничотехнічних та гірничо-геологічних умовах роботи глибоких залізорудних кар'єрах.

Результати. Встановлено, що подальше вивчення роботи комбайнів фрезерного типу в технологічних комплексах кар'єру, дасть можливість використовувати ефективну безвибухову розробку породного масиву. Завдяки удосконаленню критеріїв ефективної оцінки комбайнового способу відпрацювання гірських порід виникає можливість економічно доцільно адаптувати даний спосіб до умов діючої технології відкритої розробки. Обґрунтування оптимальних параметрів роботи гірничого обладнання та комбайнів пошарового фрезерування є важливою задачею, котра забезпечить злагоджену роботу кар'єру з підвищенням техніко-економічних показників гірничодобувного підприємства при відсутності буро-підричних робіт.

Ключові слова: масив, знеміцнення, фрезерний комбайн, технологічні процеси, безвибухова розробка.

doi: 10.31721/2306-5435-2018-1-104-168-173

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. На гірничодобувних підприємствах Кривбасу досягнуто значних глибин розробки залізорудної сировини, що сприяє погіршенню гірничотехнічних і гірничо-геологічних умов виконання гірничих робіт. Розробка залізорудних родовищ ведеться в умовах, коли розміри активних робочих зон обмежені, буро-підричні роботи проводяться на незначній відстані від житлових масивів і здійснюється використання морально застарілого гірничого обладнання. Зростання цін на енергоносії та підвищення вартості проведення буро-підричних робіт, також негативно впливають на техніко-економічні показники роботи залізорудних кар'єрів. Це все обумовлює перехід на безвибухову технологію розробки залізорудних покладів шляхом застосування сучасних фрезерних комбайнів.

В існуючих умовах роботи залізорудних кар'єрів особливо актуальними є напрямки розвитку гірничої промисловості такі, як комплексне освоєння мінеральних розробки залізорудних родовищ, підвищення продуктивності праці та покращення умов праці шляхом впровадження прогресивних та сучасних технологій, підвищення повноти видобутку гірських порід в контурах кар'єру, зниження енергоємності технологічних процесів гірничого виробництва і зменшення негативного впливу на навколишнє середовище.

Сучасні високопродуктивні кар'єрні комбайни достатньо добре зарекомендували себе на закордонних просторах. Вони дозволяють вирішувати велику кількість нових технологічних рішень стосовно підходів до ведення розробки крутоспадних залізорудних покладів шляхом введення виймально-навантажувальних комбайнів фрезерного типу до технологічних комплексів кар'єру [1-3].

Аналіз досвіду експлуатації гірничих комбайнів фрезерного типу дає можливість зробити припущення стосовно того, що їх з достатньою ефективністю можна застосовувати на залізрудних кар'єрах, з метою відмовитись від буро-підричних робіт та зробити діючу технологію відкритих гірничих робіт чистішою в екологічному аспекті.

Аналіз досліджень і публікацій. При безвибуховій розробці порід на закордонних гірничовидобувних підприємствах широке розповсюдження отримали технологи пошарового фрезерування гірських порід, які відзначаються відносно низькою собівартістю їх розробки і високою продуктивністю при застосуванні кар'єрних комбайнів фрезерного типу.

Вони застосовуються при без вибуховій розробці різних видів корисних копалин з високими показниками їх роботи [4-6]. Найчастіше розробка напівскельних і скельних порід відбувається з проведенням буро-підричних робіт, що обумовлено продуктивністю кар'єру та забезпеченням потрібним об'ємом готових до виймання порід. Але вартість підготовки порід до виймання буро-підричними роботами тільки зростає і на даний момент вона складає приблизно 20 доларів за 1 м³ порід підготовлених вибухом, в деяких випадках ця цифра більша. Тому останнім часом цікавість до безвибухової розробки родовищ корисних копалин тільки зростає. Адже впровадження технології пошарового фрезерування напівскельних і скельних порід дозволяє підвищити безпечність ведення відкритих гірничих робіт, вирішити проблеми пов'язані із збільшенням кута відкосу бортів кар'єру та зменшити вартість розкривних робіт.

Вивчення безвибухового способу неможливе без попереднього дослідження і теоретичного обґрунтування технології механічного руйнування гірських порід про, що свідчить аналіз літературних джерел і проектних розробок. Великий вплив на ефективність відкритих гірничих робіт з використанням технології пошарового фрезерування породного масиву гірничими комбайнами має вивчення процесу руйнування порід робочим органом комбайна і його підтвердження закономірностями, а також обґрунтування ефективності нових та удосконалення діючих технологічних схем ведення розробки порід комбайновим способом.

Питанням удосконалення технології розробки родовищ корисних копалин та способів підготовки гірських порід до виймання присвячені значні роботи вчених, серед яких слід відзначити праці А.Ф. Суханова, Б.І. Воздвиженського, М.І. Куличихина, М.Г. Новожилова, В.С. Федорова, М.М. Протодьяконова, Б.Н. Тартаковського, Н.В. Новожилова, В.Г. Михайлова, П.І. Томакова, І.К. Наумова, А.М. Варшавського, А.Г. Шапаря, С.М. Бро та інших, у яких викладені теоретичні та прикладні питання застосування гірничого устаткування.

У відповідності до закордонної літератури, відпрацювання залізрудних покладів відбувається із використанням буро-підричних робіт, але в деяких випадках з допомогою комбайнів фрезерного типу. Отже, ідею застосування даного виймально-навантажувального обладнання на залізрудних кар'єрах слід вважати пріоритетним напрямком удосконалення технології відкритих гірничих робіт. Кар'єрні комбайни можуть відпрацьовувати залізрудні породи значної міцності в залежності від їх абразивності. З кожним роком область застосування комбайнового способу зростає за рахунок все більшого подолання показника на одноосьове стиснення породи шляхом покращення різців і тим самим удосконалення робочого органу фрезерного комбайну (рис. 1). Його робочий орган представляє собою шнековий барабан, котрий озброєний штиривими різцями вздовж гвинтової лінії, а різці мають армовані вставки з кобальт-вольфрамового дуже твердого спеціального сплаву. На практиці кар'єрні комбайни фрезерного типу при експлуатації відзначаються своїми достатньо потужними фрезами з високою швидкістю обертання, що дозволяє знеміцнювати напівскельні і скельні гірські породи використовуючи дію власної ваги для здійснення зусилля на робочий орган.

Розробка родовищ корисних копалин з використанням технології пошарового фрезерування кар'єрними комбайнами, являється конкурентоспроможною альтернативою традиційній розробці породного масиву порід значної міцності з проведенням буро-підричних робіт. Завдяки цьому пояснюється її широке розповсюдження, так як розробка комбайновим способом характеризується позитивним підвищенням показників продуктивності й економічності та зменшенням негативних показників екологічності із забезпеченням значної безпеки проведення відкритих гірничих робіт [7-10].



Рис. 1. Робочий орган фрезерного комбайна

Результати досліджень зводяться до того, що застосування механічного способу підготовки гірських порід до виймання має можливість досягати високої ефективності в породах невисокої і середньої міцності. Але на сьогоднішній час показники, які враховувались для визначення доцільності використання того чи іншого способу змінились на користь механічного способу підготовки порід до виймання.

Аналіз досвіду відпрацювання гірського масиву виймально-навантажувальними комбайнами фрезерного типу вказують на обмежену ефективність даної технології при відкритій розробці родовищ. В ній закладені значні переваги у порівнянні з буро-вибуховим способом підготовки порід

до виймання. Поряд з цим для її ефективного використання слід розв'язати комплекс питань стосовно її адаптації до гірничо-геологічних та гірничотехнічних умов, що склалися у сучасних діючих кар'єрах при розробці крутоспадних родовищ [11, 12]. Одним з напрямків вирішення даного питання є освоєння безвибухового способу розробки гірських порід із застосуванням виймально-навантажувальних комбайнів фрезерного типу. Останнє десятиліття проводяться наукові дослідження в напрямку механічного руйнування породного масиву з впровадженням у виробництво досягнутих результатів у вигляді рекомендацій і технологічних рішень.

Основна частина наукових робіт присвячена дослідженню і обґрунтуванню технології пошарового фрезерування із застосуванням кар'єрних комбайнів, впровадження котрої забезпечує значне підвищення техніко-економічних показників гірничовидобувних підприємств. Враховуючи їх роботи питанню ефективного застосування безвибухової технології пошарового фрезерування приділено не достатньо уваги, тому дана технологія потребує детальнішого вивчення для розробки рекомендацій її застосування в умовах роботи залізрудних кар'єрів.

Постановка задачі. Дослідити і розробити нові технологічні рішення із застосуванням сучасної високопродуктивної техніки, які направлені на удосконалення ведення розробки на глибоких кар'єрах відпрацювання з метою розширення області застосування технології пошарового фрезерування, покращити техніко-економічні показники гірничодобувного підприємства із зменшенням негативного впливу на навколишнє середовище.

Робота присвячена обґрунтуванню ефективності застосування технології пошарового фрезерування породного масиву кар'єрними комбайнами при відпрацюванні гірських порід значної міцності.

Аналіз досвіду експлуатації комбайнів фрезерного типу свідчить про необхідність достатній розмірів робочих площадок для ефективності розробки родовищ корисних копалин. Це дійсно так у випадку коли параметри елементів системи розробки родовищ відповідають комбайновому способі розробки порід, так як комбайном виконувалося розкриття родовища і формування всіх необхідних йому розмірів гірничих виробок. Зрозумілим є те, що застосування сучасного високопродуктивного виймально-навантажувального обладнання в умовах коли параметри елементів системи розробки родовищ сформовані під кар'єрні екскаватори, ефективність роботи фрезерних комбайнів в початок адаптації буде нижчою від необхідної. Коли вже буде здійснена адаптація гірничих комбайнів в умови роботи залізрудного кар'єру, показники роботи комбайнів будуть поступово зростати при цьому стабілізуючи та підвищуючи техніко-економічні показники роботи гірничовидобувного підприємства. Тому сучасні залізрудні кар'єри потребують вивчення і впровадження нових підходів та технологічних рішень у вигляді рекомендацій і реалізації наукових результатів, що дозволяють відмовитись від проведення буро-підричних робіт та перейти на якісно новий рівень ведення відкритих гірничих робіт.

Кар'єрний комбайн в роботі з автотранспортним засобом досягає значної інтенсифікації ведення гірських робіт, що пояснюється їх мобільністю та тісним взаємозв'язком технологічних параметрів. При комбайновому способі розробки породного масиву спостерігається хороший рівень подрібнення породи при чому розмір шматка знеміцненої породи не перевищує 300 мм з повною відсутністю виходу негабариту (рис. 2). Такий гранулометричний склад сприяє

рівномірному і повному наповненню транспортного засобу. При безвибуховій розробці виникає проблема пов'язана з відсутністю наукових і практичних обґрунтувань розробки гірських порід, але в останні роки дана технологія набуває усе більшої цікавості в Україні. На сьогоднішній час реальний стан вивчення і вирішення даної проблеми перебуває на низькому рівні. Враховуючи наукові дослідження у цьому напрямку, можна забезпечити вирішення багатьох проблем, пов'язаних із виконанням буро-підривних робіт.

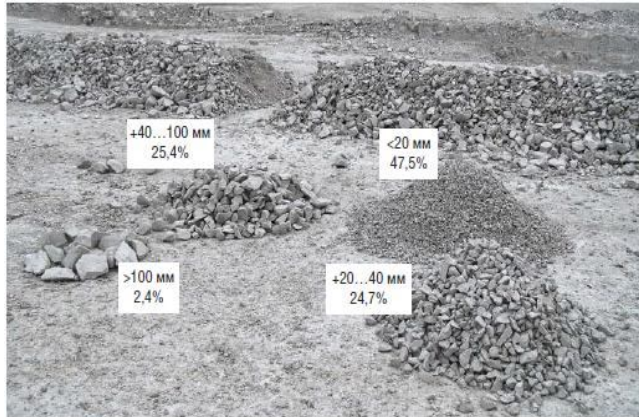


Рис. 2. Вихід фракції вапняку, вилученого комбайном при робочій швидкості близько 8 м/хв

Вищенаведені роботи наукових розробок на жаль дотепер залишаються недопрацьованими та висвітлюють різні вектори розгляду даної проблеми. Аналіз результатів теоретичної і експериментальної практики застосування технології пошарового фрезерування на кар'єрах свідчить про можливість зробити припущення, що традиційний спосіб характеризується низькою ефективністю застосування вибухових речовин та призводить до небезпечності проведення вибуху через досягнення значної глибини відпрацювання покладу.

Викладання матеріалу та результатів.

Вирішення поставлених завдань виконується з врахуванням теоретичних узагальнень практичного досвіду традиційної та безвибухової розробки породного масиву. Ефективність застосування кар'єрних комбайнів залежить від правильності їх вибору і визначення їх продуктивності. Саме продуктивність комбайна впливає на техніко-економічні показники ведення гірничих робіт та на раціональні параметри елементів системи розробки родовищ корисних копалин. Визначення технічної продуктивності кар'єрного комбайна фрезерного типу використовується наступна формула, м³/год

$$Q_{mex} = V_k B h,$$

де V_k – робоча швидкість комбайну, м/год; B – ширина проходу комбайну, яка відповідає довжині барабану комбайну, м; h – глибина фрезерування шару порід, м.

Параметр h встановлюється в залежності фізико-механічних властивостей порід і необхідного розміру шматка подрібненої породи.

Параметр B визначається в залежності від типорозмірів фрезерного комбайна і необхідної швидкості відпрацювання блоку породного масиву. При збільшенні цього показника зменшуються витрати часу на здійснення відпрацювання породного масиву і виконання маневрування.

Визначення експлуатаційної продуктивності комбайна пошарового фрезерування при човниковій схемі руху з поворотом і фрезеруванням в протилежному напрямку, виконується за наступною формулою, м³/год

$$Q_{екс} = 60 V_k B h K_{вик},$$

де $K_{вик}$ – коефіцієнт використання фрезерного комбайна (0,85÷0,95).

Підставивши відповідно значення $V_k = 5$ м/хв, $B = 4,2$ м, $h = 0,3$ м, $K_{вик} = 0,9$ у формулу, отримаємо наступне значення продуктивності комбайна, м³/год.

$$Q_{екс} = 60 \cdot 5 \cdot 4,2 \cdot 0,3 \cdot 0,9 = 340,2.$$

На основі отриманих даних будуємо графік (рис. 3) залежності експлуатаційної продуктивності комбайна пошарового фрезерування ($Q_{екс}$) від глибини фрезерування шару порід (h), можна зробити висновок, що зі збільшенням глибини фрезерування, відповідно зростає продуктивність комбайна. Але в експлуатаційних умовах спостерігається те, що зі збільшенням глибини фрезерування порід продуктивність дійсно зростає до певного моменту, а потім знижується. Це пов'язано з показником одноосного стиснення порід, який являється важливим для отримання дійсних показників їх роботи.

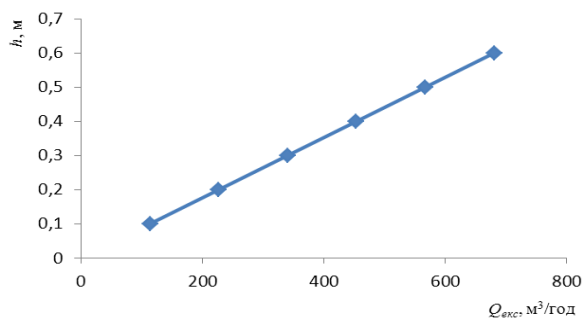


Рис. 3. Графік залежності експлуатаційної продуктивності комбайна пошарового фрезерування ($Q_{екс}$) від глибини фрезерування шару порід (h)

маємо наступне значення змінної продуктивності комбайна, м³/зм.

$$Q_{зм} = 12 \cdot 340,2 \cdot 0,8 \cdot 0,9 \cdot 0,95 = 2792,36.$$

Річна продуктивність фрезерного комбайна визначається за формулою, м³/рік

$$Q_{річ} = Q_{зм} N_{зм} N_{дн},$$

де $N_{зм}$ – кількість змін на добу, $N_{дн}$ – кількість робочих днів на рік.

Підставивши відповідні значення отримаємо річну продуктивність, м³/рік

$$Q_{річ} = 2792,36 \cdot 2 \cdot 355 = 19825756.$$

Визначивши річну продуктивність комбайна і знаючи виробничу потужність залізрудного кар'єру по розкритим породам можна визначити необхідну кількість комбайнів пошарового фрезерування, яка забезпечить злагоджену роботу кар'єру.

В основному в області можливого та ефективного застосування безвибухової технології пошарового фрезерування гірських порід немає достатньої обґрунтованості не лише технологічних схем роботи комбайнів в комплексі технологічних процесів кар'єру, але і комплексного освоєння даної технології із застосуванням комбайнового способу відпрацювання гірських порід, через відсутність комплексного підходу вирішення цих питань.

Висновки. Отже, застосування комбайнів фрезерного типу підвищує ефективність розробки залізрудних покладів за рахунок їх трансформації в технологічних комплексах кар'єру. При переході на безвибухову технологію відпрацювання крутоспадного родовища стає можливим підвищити техніко-економічні показники роботи гірничодобувного підприємства. Технологія пошарового фрезерування породного масиву із застосуванням комбайнів фрезерного типу, набуває розширення області застосування і потребує обґрунтування оптимальних параметрів різних технологічних схем видобутку гірських порід комбайновим способом. Але для оцінки детальнішої можливості впровадження безвибухового відпрацювання покладів в умовах залізрудних кар'єрів, потрібне подальше вивчення взаємозв'язків запропонованого виймально-навантажувального обладнання і параметрів елементів системи розробки родовищ. Для цього необхідний більш глибокий системний аналіз і розробка адекватних математичних моделей, котрі дозволять оцінити економічну доцільність і ефективність розробки та адаптації безвибухової технології розробки залізрудного покладу фрезерними комбайнами.

Надалі наступним кроком дослідження являється вибір оцінки ефективності застосування технології пошарового фрезерування порід гірничими комбайнами та дослідження показників їх роботи до максимально приближених умовах залізрудних кар'єрів.

Список літератури

1. **Магтис А.Р.** Безвзрывные технологии открытой добычи твердых полезных ископаемых / **А.Р. Магтис** и др.; отв. ред. В.Н. Опарин. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2007. – 337 с.
2. Wirtgen surface mining for selective limestone mining in the North Caucasus. Russia // *Zement-Kalk-Gips Int.* – 2014. – 67. – № 10. – P. 18 – 19.
3. **Чебан А.Ю.** Совершенствование технологий открытой разработки месторождений с использованием карьерных комбайнов и отвалообразователей / **А.Ю. Чебан** // *Записки горного института.* – 2015. – Т. 214. – С. 23 – 27.

4. Ввод в эксплуатацию комбайна Wirtgen 2200SM на ОАО «Ковровское карьероуправление» / **М. Пихлер** и др. // Горная промышленность. – 2013. – № 2. – С. 110 – 116.
5. **Швабенланд Е.Е.** О потенциале фрезерных комбайнов непрерывного действия при разработке месторождений открытым способом / **Е.Е. Швабенланд** // Рациональное освоение недр. – 2014. – № 1. – С. 54 – 60.
6. **Чебан А.Ю.** Селективная разработка Эльгинского угольного месторождения с применением выемочно-сортировочного комплекса / **А.Ю. Чебан** // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. – 2017. – № 4. – С. 247 – 254.
7. **Чебан А.Ю.** Классификация технологических схем применения карьерных комбайнов // Системы. Методы. Технологии. 2015. №2. С. 159–163.
8. Wirtgen surface mining for selective limestone mining in the North Caucasus // Russia. Zement-Kalk-Gips Int. 2014. vol. 67, no. 10, p. 18.
9. **Швабенланд Е.Е.** Применение послыно-порционной технологии добычи руды с использованием фрезерных комбайнов для рационального и комплексного освоение недр // Разведка и охрана недр. 2017. №2. С. 38–42.
10. **Drebenshtedt K., Pessler C.** Calculation methods for mining machines. Materials of the international conference «Forum of miners – 2006». – D: National mining University, 2006, pp. 26–32.
11. **Вусик О.О., Пижик А.М.** Аналіз і перспективи застосування кар'єрних комбайнів для розробки гірських порід при безвибуховій технології їх відпрацювання / **О.О. Вусик, А.М. Пижик, Н.О. Голівер** // Іноземна мова як засіб мобільності майбутніх фахівців: міжн. наук.-прак. конф. – Кривий Ріг, 2017 – С. 204-205.
12. **Вусик О.О.** Застосування технології пошарового фрезерування кар'єрними комбайнами при розробці крупноспадних залізородних покладів / **О.О. Вусик** // Інноваційний розвиток гірничодобувної галузі: II міжн. наук.-техн. інтер.-конф. – Кривий Ріг, 2017 – С. 19

Рукопис подано до редакції 19.04.2018

УДК 622.647.2

Л.І. ЄФІМЕНКО, М.П. ТИХАНСЬКИЙ, кандидати техн. наук, доценти,
А.М. ТИХАНСЬКА, асистент, Криворізький національний університет

ВИЗНАЧЕННЯ НАВАНТАЖЕННЯ НА СТАВ АВТОМАТИЗОВАНОГО КОНВЕЄРА ВІД ШВИДКОСТІ ТРАНСПОРТУВАННЯ

Мета. Визначення навантаження на став автоматизованого конвеєра від швидкості транспортування шляхом врахування динаміки перехідних процесів і динамічних навантажень від дії крупних кусків вантажу, а також можливості зменшення навантажень на конструкції шляхом управління режимами транспортування, а саме швидкістю стрічки.

Методи дослідження. Для вирішення цього завдання використано: аналіз літературних і патентних джерел, наукове узагальнення раніше виконаних досліджень; методи розроблені в механіці, теорії пружності; методи обробки випадкових процесів і математичної статистики; а також методи теорії автоматичного управління.

Наукова новизна. Одержано розрахункові значення коефіцієнта динамічності для кусків різної маси при зміні швидкості транспортування. Розрахована величина імпульсного удару куском транспортованого матеріалу по жорсткій роликоопорі. Таким чином видно, що коефіцієнт динамічності також залежить від маси куска.

Практична значимість. Ефективність використання стрічкових конвеєрів пов'язана із зниженням металоємності конвеєрного ставу, що є основним елементом, що визначає загальну металоємність конвеєра. Металоємність знижується шляхом розрахунку навантаження на став автоматизованого конвеєра з врахуванням динаміки перехідних процесів і динамічних навантажень від дії крупних кусків вантажу, а також можливості зменшення навантажень на конструкції шляхом управління режимами транспортування, а саме швидкістю стрічки.

Використання автоматизованого регульованого приводу надало додаткові можливості для підвищення ефективності використання стрічкових конвеєрів шляхом зниження металоємності, оскільки гарантоване зниження динамічної дії приводу і крупних кусків вантажу на опорні конструкції дозволяє знизити їх металоємність.

Результати. Визначили розрахункові значення коефіцієнта динамічності для кусків різної маси при зміні швидкості транспортування. При регулюванні швидкості по вантажопотоку навантаження від потоку на елементи ставу зменшується, що дає змогу вибрати конструктивні елементи меншої металоємності

Ключові слова: стрічковий конвеєр, вантажопотік, навантаження опорних конструкцій, динамічне навантаження, коефіцієнт динамічності, автоматична система керування.

doi: 10.31721/2306-5435-2018-1-104-173-178