

переноса дробильно-перегрузочного пункта/ **В.В. Терещенко, К.В. Ковалев, Д.В. Швець**// Разработка рудных месторождений, вып. 94, 2011, стр. 3- 6.

5. **Лукьянов А.Н.** Технологические решения открытой разработки сложноструктурных месторождений /**А.Н. Лукьянов** // Горный вестник Узбекистана №1, 2000 г., с. 15- 19.

6. Отработка Ингулецкого месторождения карьером ЧАО «ИНГОК» в границах лицензионной площади. Открытые горные работы: проект / ГП «ГПИ «Кривбасспроект»; ГИП **К.В. Ковалёв**– Кривой Рог, 2016. – 209 с.

7. Комплексный проект поэтапного развития горных работ и переработки минерального сырья до конца отработки Ингулецкого месторождения. Поэтапное развитие горных работ и переработки магнетитовых руд: проект / ГП «ГПИ «Кривбасспроект»; ГИП **Н.В. Корчагин**– Кривой Рог, 2006. – 63 с.

8. **Грищенко Н.В., Семериков С.А., Хараджян А.А., Чернов Е.В.** Сравнительный анализ методов аппроксимации / **Н.В. Грищенко, С.А. Семериков, А.А. Хараджян, Е.В. Чернов**// Криворожский государственный педагогический институт. Кафедра информатики и прикладной математики.- Кривой Рог, 1998.- 26 стр. Друкерня СП Міра, Кривий Ріг. Ссылка <https://core.ac.uk/download/pdf/77241064.pdf>

9. **В. К. Гурнов** Интегральное исчисление / **В. К. Гурнов** // Издательство Киевского университета.- 1961 г. 327 с.

10. ГОСТ 6937-91 Дробилки конусные. Общие технические характеристики.

11. **Четверик М.С., Бабій К.В., Бубнова О.А.** Взаимосвязь параметров горных машин, технологии и процессов при открытой добыче руд / **М.С. Четверик, К.В. Бабій, О.А. Бубнова** Геотехнічна механіка- 2016. № 126. с. 58-70.

12. **Штанько Л.А., Чепурной В.И., Ляш С.И., Корняшик С.И., Забуженко Г.Н.** Возможности повышения надежности эксплуатации дробильно- перегрузочных пунктов комплексов циклично-поточной технологии карьеров Кривбасса/ **Л.А. Штанько, В.И. Чепурной, С.И. Ляш, С.И. Корняшик, Г.Н. Забуженко**//Міжнародна науково-технічна конференція Розвиток промисловості та суспільства. ДВНЗ «Криворізький національний університет» Матеріали конференції. Кривий Ріг- 2019. ст. 33.

13. **Григор'єв Ю.І., Швець Є.М., Баранов І.В.** Дослідження взаємозв'язків основних технологічних параметрів циклічно-поточної технології в умовах залізрудних кар'єрів/ **Ю.І. Григор'єв, Є.М. Швець, І.В. Баранов**// Міжнародна науково-технічна конференція Розвиток промисловості та суспільства. ДВНЗ «Криворізький національний університет» Матеріали конференції. Кривий Ріг- 2021. ст.8.

14. **Жуков С.О., Костянський О.М.** Підвищення надійності роботи дробильно-перевантажувальних пунктів комплексу ЦПТ шляхом зменшення можливості попадання в них негабарита рудної маси/ **С.О. Жуков., О.М. Костянський**//Міжнародна науково-технічна конференція Розвиток промисловості та суспільства. ДВНЗ «Криворізький національний університет». Матеріали конференції. Кривий Ріг- 2021. ст.12.

Рукопис подано до редакції 21.03.2022

УДК 622.342/.349.0: 622.627.2

Ю.Г. ГОРБАЧОВ, канд. техн. наук, проф., **В.А. ГРОМАДСЬКИЙ**, канд. техн. наук, доц.,
О.С. ЛІФЕНЦОВ, ст. викл., **Д.В. ТРІШИН**, магістр
Криворізький національний університет

РОЗРОБКА ПРИСТРОЮ ДЛЯ БЕЗУПИННОГО ЗАВАНТАЖЕННЯ ПОТЯГУ ВІБРОЖИВИЛЬНИКОМ ПІД ЧАС ОЧИСНОГО ВИЙМАННЯ РУДИ

Мета. Метою роботи є скорочення непродуктивних витрат часу у процесі завантаження рухомого складу електровозного транспорту гірничою масою, що поступає з очисного блоку або з рудозвальної акумуляційної виробки. Невідповідність розмірів вагонів і робочих органів віброживильників, а також наявність проміжків між вагонами потягу змушують вести процес завантаження з постійними перервами, потрібними для перестановки вагонів. Забезпечення безперервного режиму завантаження потягу дасть можливість значно скоротити ці витрати і суттєво підвищити продуктивність процесу. З огляду на це актуальність теми дослідження не викликає жодних сумнівів.

Методи дослідження. Проведений аналіз науково-технічної інформації дав можливість сформулювати вимоги до подібних пристроїв. Хронометражні дослідження свідчать про значні втрати часу на допоміжні операції під час завантаження вагонів електровозної відкатки. Аналіз цих втрат показує доцільність скорочення часу завантаження потягу. Зроблено висновок про можливість реалізації поставленої мети дослідження за рахунок реалізації режиму безупинного завантаження потягу.

Наукова новизна. Полягає у розробці ідеї використання проміжної накопичувальної ємності між віброживильником і вагонами потягу електровозної відкатки для безупинного завантаження останніх у процесі їх руху під навантажувальним пристроєм.

Практична значимість. Практична реалізація ідеї дозволить суттєво скоротити непродуктивні втрати робочого часу на зупинки віброживильника і перестановки вагонів.

Результати. Отримано залежності для визначення конструктивних та експлуатаційних параметрів пропонованого навантажувального пункту у вигляді пристрою для безупинного завантаження електровозного потягу віброживильником.

Ключові слова: завантаження транспортних засобів рудою, віброживильник, безупинний режим завантаження потягу.

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. Як добре відомо, у процесі транспортування гірничої маси від підземних очисних забоїв до поверхні шахти приходить виконувати багато навантажувальних і розвантажувальних робіт [1-4]. Повна схема руху руди може включати у себе операції випуску її віброживильником з очисного простору, доставки скреперними лебідками або конвеєрами різних типів у межах очисного блоку до рудозвальної виробки, завантаження вібраційним локом вагонів електровозної відкатки, розвантаження останніх у приствольному перекидачі і завантаження дозатором у скіпи. На поверхні шахти та під час перевезення гірничої маси до збагачувального підприємства також здійснюються численні завантажувально-розвантажувальні операції [5].

Описаний шлях транспортування руди дуже нерівноцінний з точки зору рівня його механізації та придатності до широкого упровадження потокових технологій гірничого виробництва, без яких неможливий подальший розвиток галузі. Якщо для умов дільничної транспортної підсистеми шахти (у межах очисного блоку) існують високоефективні конструкції вібраційної техніки для випуску руди з блоків, а також конвеєри різних типів для доставки її до рудозвальных акумуляційних виробок [2-4,6-11], то магістральна транспортна підсистема (від устя останніх до ствола шахти) на вітчизняних підземних підприємствах з видобутку залізорудної сировини майже виключно представлена циклічною електровозною відкаткою. На перевезенні руди задіяні окремі локомотивні потяги, які курсують час від часу і які потрібно завантажувати з рудозвальных виробок і розвантажувати в перекидачеві у приствольний бункер. Виконання цих операцій також здійснюється у циклічних режимах зі значними непродуктивними втратами часу на роботи допоміжного характеру. Реалізація потокової технології транспорту руди на цій ланці загальношахтної транспортної системи неможлива без радикальної заміни електровозної відкатки на безперервні види транспорту, наприклад на конвеєрний. Звісно, така задача у масштабах усієї галузі потребуватиме величезних капітальних витрат і навряд чи буде можливою найближчим часом. Поки що може йти мова лише про удосконалення існуючої електровозної відкатки шляхом максимального зниження зайвих втрат робочого часу та про можливе узгодження потокової дільничної транспортної підсистеми з циклічною магістральною.

З огляду на викладені зауваження, важливість та актуальність проблеми дослідження і розробки способів і технічних засобів удосконалення процесу експлуатації шахтної електровозної відкатки з метою підвищення її техніко-економічних показників представляються безумовними для подальшого розвитку вітчизняної гірничорудної галузі.

Аналіз досліджень і публікацій. Для підвищення ефективності експлуатації магістральної транспортної підсистеми залізорудної шахти представляється доцільним удосконалення процесів завантаження і розвантаження рухомого складу електровозної відкатки з метою зниження витрат часу на непродуктивні допоміжні операції робочого циклу потягу. Розглянемо докладніше операцію завантаження потягу.

В роботах [12-14] приведені схожі формули для оцінки можливої продуктивності процесу видачі руди з очисного блоку підземного рудника, яка буде залежати від пропускну здатності завантажувального пункту. Наприклад, величина змінної продуктивності блоку може становити [12,14]

$$Q_{зм} = \frac{T_{роб} Q_{техн}}{1 + \frac{Q_{техн}}{\psi} \left(t_{виб} + t_{пров} + \frac{\psi}{G} t_{пер} \right)},$$

де $Q_{зм}$ – можлива змінна продуктивність очисного блоку, т/змін; $T_{роб} = 320$ хв. – фактичний час роботи протягом зміни (знаходиться як різниця між загальною тривалістю зміни та непродуктивними витратами часу на різного роду допоміжні операції та за організаційними причинами); $Q_{техн}$ – величина фактичної технічної продуктивності застосовуваного механічного обладнання для випуску, доставки, навантаження та транспортування руди у блоці, т/хв.; ψ – середня величина порції руди, яку вдається випустити між двома зависаннями гірничої маси у випускній виробці, т; $t_{виб}$ – середній час, що витрачається на процес вторинного вибухового руйнування зависання руди, хв.; $t_{пров}$ – середній час, що витрачається на провітрювання робочих місць ви-

бки після вторинного вибуху, хв.; G – сумарна вантажопідйомність вагонів потягу, т; t_{nep} – середній час, що витрачається на перестановки вагонів потягу при його завантаженні, хв.

Аналіз даної формули свідчить, що непродуктивні витрати часу, приведені у її знаменнику, достатньо численні і у підсумку можуть бути дуже значними. Нас у першу чергу цікавлять витрати t_{nep} на перестановку вагонів. Як зауважено у [12], результати проведених спеціальних хронометражних спостережень показують, що на цю операцію у залежності від складу потягу (у першу чергу від типу вагонеток у ньому) може витрачатися кожного разу від 1,2 до 2,6 хв. З огляду на те, що у потягу може бути від 6 до 12 вагонеток [12], а різниця між шириною робочого органу вібромашини (віброживильника чи вібролюка) та довжиною вагонетки потребуватиме завантаження кожної з двох установок, стає зрозумілим, що на перестановки вагонів кожного потягу можуть витрачатися десятки хвилин дорогоцінного робочого часу.

До того ж слід пам'ятати, що кожна така перестановка буде супроводжуватися необхідністю зупинки вібромашини, а такий режим роботи украй несприятливий для подібного обладнання. Справа у тім, що переважна більшість сучасних високоєфективних конструкцій вібраційних живильників та люків виконані за одномасною динамічною схемою, постачені віброприводами інерційного типу і мають глибоко зарезонансний режим роботи [2,3,8]. Це пояснюється значними перевагами такого приводу, у першу чергу стійкою роботою вібромашин під дією значних змінних навантажень на робочі органи, які у процесі випуску гірничої маси знаходяться під завалом стовпа руди у випускній виробці [8]. Крім того, зарезонансний режим вібрації, при якому частота змушених коливань вібропривода значно (у декілька разів) перевищує власну частоту коливань конструкції машини, відрізняється помірними витратами енергії на транспортування руди. Але під час запуску інерційного приводу (коли він розганяється від стану спокою до робочої частоти) та його зупинки (під час зворотного процесу його вибігу) приходить долати резонансну зону (момент збігу змушеної і власної частот), яка характеризується ефектом різкого зростання амплітуди коливань робочого органу вібромашини. Резонансні явища дуже небезпечні для цілісності конструкції віброустановки (особливо підшипникових вузлів її вібропривода) та супроводжуються значним (у декілька разів) зростанням витрат енергії [8]. В умовах постійних перестановок вагонів електровозного потягу під завантаженням з такою неприємною ситуацією приходить стикатися систематично.

Таким чином, для збільшення продуктивності підземного очисного виймання руди існує безумовна необхідність підвищення ступеня безупинності процесу видачі гірничої маси з блоку, у тому числі за рахунок зменшення непродуктивних втрат робочого часу на допоміжні операції під час завантаження рухомого складу засобів локомотивної відкатки.

Постановка задачі. Метою роботи є зниження непродуктивних витрат робочого часу у процесі завантаження рухомого складу локомотивної відкатки при очисному вийманні гірничої маси у підземних умовах за рахунок використання спеціального пристрою для безупинного завантаження вагонів потягу.

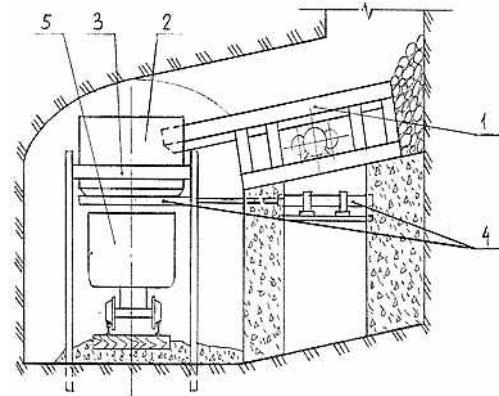
Викладення матеріалу та результати досліджень. Для досягнення поставленої мети пропонується виконання завантажувального пункту у складі вібраційної машини, що здійснює випуск, доставку і навантаження гірничої маси з блоку або рудозвальної акумуляційної виробки, та згаданого вище пристрою безупинного завантаження вагонів.

Для прикладу розглянемо варіант з використанням в якості вібромашини вібраційного люку для випуску і навантаження руди з блокової рудозвальної висхідної виробки. У такій ємності зосереджується значний рудопотік у сотні тисяч тонн гірничої маси, тому проблема підвищення надійності та довговічності подібного завантажувального пункту з огляду на недоцільність використання режиму постійних пусків і зупинок вібролюка представляється надзвичайно актуальною. З усього існуючого на сьогоднішній день різноманіття конструкцій вібраційних люків найдосконалішою слід визнати установку ЛШВ-3,35 розробки інституту «КриворіжНДП-рудмаш» (колишній ВНДП рудмаш) [15]. Незважаючи на досить поважний вік конструкції вона й досі відрізняється високим загальним технічним рівнем. Вібролюк ЛШВ-3,35 має значну (до 400 кН) несучу здатність, високі показники надійності та продуктивності, можливість багаторазового використання [14,15].

Для забезпечення безупинного режиму роботи вібролюка протягом усього часу завантаження електровозного потягу пропонується обладнати його спеціальним проміжним накопичувальним бункером, розташованим під розвантажувальним кінцем вантажонесучого органу ус-

тановки над рейковою колію відкотної виробки. Принципова схема завантажувального пункту показана на рис. 1.

Рис. 1. Принципова схема пункту з пристроєм для безупинного завантаження вагонів електризованої відкатки: 1 – вібролюк ЛШВ-3,35; 2 – проміжний бункер; 3 – опорна рама; 4 – затвор; 5 – вагонетка



Конструкція проміжного бункера повинна забезпечити можливість проходження під ним вагонів локомотивного потягу. Загальна будова завантажувального пункту виглядає наступним чином. Вібролюк 1 встановлений в усті рудозвальної виробки таким чином, що розвантажувальний кінець його робочого органу входить у контур проміжного бункера 2, який з боку люка має відповідну прорізь. Бункер розміщений на опорній рамі 3 порталної конструкції з чотирма стояками, які охоплюють рейкову колію, створюючи наскрізний отвір для проїзду рухомого складу. Днище бункера виконано у вигляді плоского рухомого затвору 4, який за допомогою керуючого пневмоциліндру може висуватися назовні і повертатися назад. Висування затвору відкриває бункер знизу, а зворотний його рух – закриває. Затвор рухається штоком пневмоциліндру, спираючись на підтримувальні ролики у напрямних опорної рами, а корпус останнього закріплений на фундаменті вібролюка.

Проміжний бункер призначений для вільного пропускання гірничої маси, яку завантажує у нього вібролюк, під час знаходження під ним кузовів вагонеток та виконує роль накопичувальної ємності у ті періоди, коли під ним опиняються проміжки між вагонами потягу. Робота вібролюка та рух потягу через завантажувальний пункт відбуваються при цьому безупинно. Вібролюк вмикається при наближенні до зони завантаження потягу і починає заповнювати бункер із закритим затвором рудою. Коли перша вагонетка потрапляє під бункер, затвор відкривається і гірнича маса завантажується до неї. На період проходження під бункером міжвагонних проміжків затвор тимчасово закривається.

Для нормальної роботи завантажувального пункту його конструктивні та експлуатаційні параметри мають бути ретельно узгоджені. Розглянемо розрахунок цих параметрів для умов застосування вібролюка ЛШВ-3,35 та вагонеток з глухим кузовом, широко використовуваних для локомотивної відкатки на вітчизняних залізорудних шахтах (наприклад, типу ВГ4,0А).

Перш за все потрібно вибрати розміри проміжного бункера, достатні для безупинного режиму роботи вібролюка із закритим затвором, та узгодити їх зі швидкістю руху потягу. Остання буде залежати від продуктивності вібролюка та поперечного перетину вагонетки, м/хв.,

$$v = \frac{Q_{\text{техн}}}{S},$$

де $Q_{\text{техн}} = 1400 \text{ т/г} = 23,33 \text{ т/хв.} = 9,33 \text{ м}^3/\text{хв.}$ – продуктивність вібролюка (для руди об'ємною вагою $2,5 \text{ т/м}^3$ [15]); S – поперечний перетин вагонетки, м^2 (для вагонетки з глухим кузовом ВГ4,0А внутрішні розміри кузова – ширина і висота – дорівнюють: $B_0 = 1,35 \text{ м}$; $H_0 = 0,8 \text{ м}$ [15], звідки маємо: $S = B_0 H_0 = 1,35 \cdot 0,8 = 1,08 \text{ м}^2$). Тоді, м/хв

$$v = \frac{9,33}{1,08} = 8,64.$$

Для визначення часу завантаження гірничої маси в бункер та у вагон потрібно знати розміри цих ємностей у плані. Ширина робочого органу вібролюка $B = 1,2 \text{ м}$ [15], тоді ширину бункера (з урахуванням необхідних зазорів) приймаємо $B_0 = 1,5 \text{ м}$. Довжина ж бункера у напрямку, перпендикулярному руху потягу, повинна бути не менше ширини вагону. Приймаємо $L_0 = 1,6 \text{ м}$.

Пряме завантаження гірничої маси у вагон можливе лише тоді, коли бункер повністю знаходиться над вагоном. З огляду на те, що довжина вагону $L_0 = 3,3 \text{ м}$ [15], процес завантаження буде відбуватися протягом $L_0 = L_0 - B_0 = 3,3 - 1,5 = 1,8 \text{ м}$. Звідси можна обчислити час навантаження безпосередньо у вагон, тобто час, коли затвор бункера має бути відкритим, хв

$$t_0 = \frac{L_0}{v} = \frac{1,8}{8,64} = 0,208.$$

У ті моменти, коли під будь-якою частиною бункеру будуть знаходитися міжвагонні проміжки (довжина кожного такого проміжку дорівнює $L_{мв} = 0,7$ м), потрібно буде перекривати за-твор і накопичувати гірничу масу в бункері. Таке становище буде тривати протягом $L_3 = L_{мв} + B_б = 0,7 + 1,5 = 2,2$ м. Тоді час завантаження закритого затвором бункера складатиме, м

$$t_3 = \frac{L_3}{v} = \frac{2,2}{8,64} = 0,25$$

Маючи останню величину, можна розрахувати необхідний об'єм бункера, м³

$$V_б = Q_{техн} t_3 = 9,33 \cdot 0,25 = 2,33$$

Приймаємо: $V_б = 2,4$ м³.

Звідси можна знайти висоту бункера, м

$$H_б = \frac{V_б}{B_б L_б} = \frac{2,4}{1,5 \cdot 1,6} = 1,0$$

Висновки та напрямок подальших досліджень. Застосування запропонованого пристрою у складі блокового завантажувального пункту має забезпечити безупинний режим завантаження вагонеток з глухим кузовом потягів шахтної локомотивної відкатки. Окрім суттєвого скорочення непродуктивних витрат робочого часу на операцію перестановки вагонів і зростання продуктивності процесу завантаження, таке рішення дає можливість істотно підвищити довговічність вібраційного люку, що завантажує потяг, шляхом відмови від режиму роботи його вібраційного приводу з частими запусками і зупинками, який у край несприятливий з точки зору надійності.

Ще більшого позитивного ефекту можна досягти за рахунок використання вагонеток типу ВД-16. Вони мають міжкузовні перекриття, які створюють єдину суцільну ємність потягу [15]. Для такого рухомого складу описаний пристрій не потрібний, а швидкість руху потягу буде обумовлена лише продуктивністю вібролюка. Утім, поки що таких вагонеток дуже мало у масштабах галузі.

Список літератури

1. Бизов В.Ф. Гірничі машини. Підручник для студентів вищих навчальних закладів за напрямком «Гірництво». Бібліотека гірничого інженера в 14 томах. Том IX / В.Ф. Бизов, В.П. Франчук. – Кривий Ріг: Мінерал, 2004. – 468 с.
2. Громадський А.С. Проектування, формування та використання комплексів гірничорудного механізованого обладнання: Навч. посібник / А.С. Громадський, Ю.Г. Горбачов, О.С. Ліфенцов. – Кривий Ріг: КНУ, 2017. – 229 с.
3. Громадський А. С. Проектування гірничих машин і комплексів для видобутку та переробки руд: Навч. посіб. для студ. вищих і серед. спец. навч. закладів / А.С. Громадський, Ю.Г. Горбачов, А.О. Хруцький, О.С. Ліфенцов. – Кривий Ріг: Видавничий центр КНУ, 2017. – 528 с.
4. Гірничі машини та обладнання для добування руд: Навч. посіб. для студ. вищих навч. закладів / Ю.Г. Горбачов, Б.М. Гопкало, А.С. Громадський, О.С. Ліфенцов, М.С. Плішко, В.А. Семенов, А.О. Хруцький, Ю.І. Чу-мак, І.А. Шиповський / Під заг. ред. А.С. Громадського. – Кривий Ріг: Видавничий центр КНУ. – 2017. – 410 с.
5. Горбачов Ю.Г. Умови забезпечення безударного режиму роботи пневматичних вібраційних приводів діафрагмового типу / Гірничий вісник: науково-техн. збірник // Ю.Г. Горбачов, А.О. Хруцький, А.С. Громадський, О.С. Ліфенцов. – Кривий Ріг. – 2020. – Вип. 107. – С. 128–132.
6. Потураев В.Н. Вибрационная техника и технологии в энергоемких производствах / В.Н. Потураев. – Дн-ск: НГА Украины, 2002. – 190 с.
7. Blechman I.I. Revisiting the models of vibration screening process / I.I. Blechman, L.I. Blechman, L.A. Vaisberg, K.S. Ivanov. – Vibroengineering PROCEDIA, 2014, V. 3, PP. 169-174.
8. Гончаревич И.Ф. Вибротехника в горном производстве / И.Ф. Гончаревич. – М.: Недра, 1992. – 319 с.
9. Учитель А.Д. Вибрационный выпуск горной массы / А.Д. Учитель, В.В. Гушин. – М.: Недра, 1981. – 232 с.
10. Вибрационные машины для выпуска и доставки руды / В.Н. Потураев, В.И. Дырда, О.К. Авдеев, И.К. Поддубный, В.П. Надутый, Н.Г. Кравченко, В.Н. Платонов, В.И. Финюгеев. – К.: Наукова думка, 1981. – 152 с.
11. Каварма И.И. Комплексы поточного транспорта для подземной разработки крепких руд / И.И. Каварма, А.В. Бровко. – М.: Недра, 1986. – 86 с.
12. Гушин В.В. Поточная технология подземной разработки мощных рудных месторождений / В.В. Гушин, Ю.В. Демидов, Ю.А. Епимахов, Г.Н. Корнев. – М.: Недра, 1982. – 126 с.
13. Кальницкий А.М. Расчет фактической производительности вибропитателя для выпуска и доставки руды / А.М. Кальницкий // Шахтный и карьерный транспорт. Вып. 11. – М.: Недра, 1990. – С. 151-154.
14. Трішин Д.В. Обґрунтування вихідних вимог та розробка конструкції пристрою для безупинного завантаження електровозного потягу в очисному блоці: Випускна кваліфікаційна робота магістра. Рукопис / В.Д. Трішин. – Кривий Ріг: КНУ, 2020. – 102 с.
15. Машини. Оборудование. Разработки. 1989-1990 г.г. Аннотированный перечень (каталог). – Кривой Рог: ВНИПИрудмаш, 1990. – 160 с

Рукопис подано до редакції 21.03.2022