

14. Довідник із землеустрою / за ред. Л. Я. Новаковського. – 4-те вид., перероб. і доповн. – К. : Аграр. наука, 2015. – 492 с.
15. Про охорону земель : Закон України // Офіційний вісник України. – 2003. – № 129. – С. 9 – 29.
16. **Пазинич В.І, Свистун Л.А.** «Оцінка об'єктів нерухомості», Київ. 2009 р. ст.346-347,80-81.
17. **Кучеренко В.Р., Квач Я.П.** «Оцінка бізнесу та нерухомості», Київ. 2009р., ст. 47-51.
18. Національний стандарт № 1 «Загальні засади оцінки майна і майнових прав» затверджений постановою КМУ № 1440 від 10.09.2003 р..
19. Національний стандарт № 2 «Оцінка нерухомого майна», затверджений постановою КМУ № 1442 від 28.10.2003 р..
20. **Площанський Ю.Б.** Стабілізація на ринку нерухомості – позитивна альтернатива стабільній депресії / Ю.Б. Площанський [Електронний ресурс].–Режим доступу: [http:// www.ukrgr.net/articles/8196.html](http://www.ukrgr.net/articles/8196.html).
21. **Дехтяренко Ю.Ф., Драпиковський О.І, Іванова І. Б.** Регулювання земельних відносин в місті. - К.: Основи, 1997. - 144 с.
22. **Дехтяренко Ю., Лихогруд М., Манцевич Ю., Палеха Ю.** «Методичні основи грошової оцінки земель в Україні», НВЦ "Профі", Київ, 2006.

Рукопис подано до редакції 16.04.2018

УДК 629.113

С.В. МАКСИМОВ, О.С. МАКСИМОВА, кандидати економ. наук, доценти
Криворізький національний університет

ОПТИМІЗАЦІЯ СТРУКТУРИ РЕМОНТНИХ ЦИКЛІВ КАР'ЄРНИХ САМОСКІДІВ НА ОСНОВІ ДОСЛІДЖЕННЯ НАДІЙНОСТІ ЇХ РОБОТИ

Мета. Метою даної роботи є розробка теоретичних і методичних положень, а також організаційно-економічного механізму впровадження нормативів системи відновлення працездатності кар'єрних самоскидів гірничо-видобувних підприємств.

Методи дослідження. Для вирішення завдань визначення тривалості міжремонтних циклів використати метод оптимізації на основі функцій зміни експлуатаційних витрат, а для визначення тривалості міжремонтних періодів - метод оптимізації на основі довговічності елементів. Завдання визначення оптимальної тривалості міжремонтних циклів зводиться до знаходження таких значень кількості й тривалості міжремонтних періодів, які в межах нормативного терміну служби машини забезпечують мінімальну величину приведених витрат на виробництво одиниці продукції. Для вирішення поставлених задач використано методи техніко-економічного, методологію управління проектами, метод групового урахування аргументів, методи дослідження операцій, метод порівняльного економічного аналізу та методи перебору.

Наукова новизна. При встановленні оптимальних строків заміни елементів устаткування, формуванні ремонтних груп вирішенні задачі оптимізації структури міжремонтних циклів.

Практична значимість. Оптимізація міжремонтних періодів містить у собі визначення оптимальних періодів заміни для кожного елемента машини окремо, формування ремонтних груп елементів із близькими значеннями періодів заміни і знаходження оптимальних міжремонтних періодів для кожної ремонтної групи. Статистичний аналіз загальних закономірностей роботи агрегатів показує, що пробіги нових і після ремонту агрегатів між замінами істотно розрізняються. Нові агрегати між замінами працюють значно довше, ніж після ремонту.

Результати. Результати розрахунків показали, що оптимальною структурою міжремонтних циклів кар'єрного самоскида є структура, що передбачає періодичне проведення поточних ремонтів трьох ступенів складності. У роботі пропонується коректувати періодичність профілактичних заміни у другому міжремонтному циклі, що характеризує ступінь скорочення наробітку на відмову машини в циклі до капітального ремонту й після нього.

Ключові слова: ремонтні роботи, витрати на ремонт, ремонтні цикли, ремонтні групи, довговічність.

doi: 10.31721/2306-5451-2018-1-47-122-128

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. Виробниче устаткування та машини складаються з різних по своєму складу елементів, тому зношення окремих вузлів відбувається нерівномірно. Тому визначення виду ремонту та необхідності його проведення дозволяє зменшити витрати та збільшити строки експлуатації машини. Під системою ремонту розуміють сукупність технічних заходів з обслуговування та ремонту машин протягом всього строку їх використання з визначенням кількості планових ремонтів та оглядів, тривалості міжремонтних та міжоглядових періодів, визначення вартості та якості проведених заходів. Тому постає питання у визначенні оптимальної ремонтної системи, що забезпечить максимальну

(мінімальну) величину цільової функції: максимальну величину прибутку, мінімізує простой на ремонт, максимізує ймовірності виконання завдання, мінімізує ймовірності виникнення аварійної ситуації (катастрофи) і т.д.

Аналіз досліджень і публікацій. Основними напрямками дослідження вітчизняних науковців було визначення оптимальних параметрів системи планово-попереджувальних ремонтів (ППР) [6,7,9-11]. В цих роботах були спроби визначення оптимальної величини міжремонтних циклів та оптимального терміну служби машини [1-5,8]. Запропоновані методики дозволяють забезпечити найбільшу рентабельність використання машини, створити оптимальну систему ремонтів для всіх машин та механізмів, незалежно від їх конструкції, амортизаційних термінів служби й умов експлуатації [12,13]. Також було проведено дослідження практично на всіх підприємствах Кривбасу, де було визначено надійність гірничого устаткування [14,15].

Однак більшість дослідники, які вирішують завдання оптимізації системи ремонтів виходячи із довговічності не мають наукового обґрунтування та мають більш теоретичне ніж практичне значення. Тому виникає необхідність удосконалення даної методики.

Постановка задачі. На промислових підприємствах України експлуатується більше 2500 одиниць кар'єрних самоскидів виробництва ВАТ «БелАЗ». Основи організації технічного обслуговування й ремонту усієї лінійки кар'єрних самоскидів «БелАЗ» викладені у двох «Положеннях про технічне обслуговування, діагностування й ремонт кар'єрних самоскидів «БелАЗ». Ці «Положення» та керівництва по експлуатації та ремонту кар'єрних самоскидів «БелАЗ» носять не обов'язковий, а рекомендаційний характер і тільки частково вирішують питання ефективного функціонування машин, розширюють поле для творчості фахівців, що експлуатують цю техніку. Тому основним завданням даного дослідження є адаптація «Положення» до конкретних гірничотехнічних умов.

Викладення матеріалу та результати. Побудова оптимальної структури міжремонтного циклу передбачає визначення тривалості міжремонтних періодів і виду ремонтних робіт. У практиці організації ремонту гірничо-збагачувального устаткування основними видами ремонтних робіт є капітальні й планові ремонти різної категорії складності (ПР₁, ПР₂). Тому, надалі під оптимальною структурою міжремонтного циклу розуміється структура, що визначає кількість, складність і періодичність планових ремонтів.

Пропонована методика оптимізації структури міжремонтних циклів включає наступні етапи: встановлення характеру відмов різних елементів машини, що передбачає визначення законів розподілу наробітку на відмову;

вибір оптимальної стратегії ремонту елементів з різними законами розподілу;

відбір елементів, що включають у номенклатуру ремонтуємих;

побудова оптимальної структури міжремонтного циклу.

У цьому зв'язку, як критерій оптимальності при побудові раціональної структури міжремонтного циклу обраний мінімум питомих витрат на поточний ремонт (з урахуванням, звичайно, величини збитку, обумовленого простоями устаткування на ремонті).

Таким чином, завдання оптимізації системи ремонту елемента зводиться до знаходження міжремонтного періоду τ , що задовольняє виразу

$$Be(\tau) = \frac{M[\tau] \cdot (B_1 + z_a \cdot Z_a) + (B_2 + z_n \cdot Z_n)}{\tau} \rightarrow \min, \quad (1)$$

де $Be(\tau)$ - повні витрати, обумовлені витратами на ремонт елемента й збитком через простой системи; $M[\tau]$ - математичне очікування числа аварійних відмов елемента за період τ_0 (оптимальне значення τ); B_1, B_2 - витрати на проведення аварійних і планових ремонтів (робота й вартість замінних елементів); z_a, z_n - математичне очікування тривалості відповідно аварійного й планово-попереджувального ремонту; Z_a, Z_n - величина збитку через простой устаткування відповідно на аварійному й планово-попереджувальному ремонті; τ - інтервал часу оптимізації (у нашому випадку тривалість міжремонтного періоду).

Задача досягнення оптимальної якості функціонування системи в цілому зводиться до знаходження оптимальної тривалості міжремонтного періоду для кожного елемента системи. Однак, для переважного числа технічних систем (у тому числі й для робочих машин й устаткування гірничо-збагачувальних підприємств) витрати на одночасну заміну групи елементів значно менше сумарних витрат на заміну кожного елемента групи окремо.

Таким чином, досягнення мінімальних витрат вимагає з однієї сторони, проведення профілактичних заміन кожного елемента в оптимальний термін τ_0 , з іншого боку - об'єднання великої кількості елементів у групи й проведення профілактичної заміни всієї групи.

Розглянемо порядок формування ремонтних груп. Будемо користуватися досить простим й ефективним методом, сутність якого проілюструємо наступним прикладом.

Нехай у результаті оптимальних значень τ по кожному елементу системи, що складається з 15 елементів отримані результати: $\tau_{про1} = 20$; $\tau_{про2} = 10$; $\tau_{про3} = 15$; $\tau_{про4} = 30$; $\tau_{про5} = 45$; $\tau_{про6} = 90$; $\tau_{про7} = 10$; $\tau_{про8} = 50$; $\tau_{про9} = 80$; $\tau_{про10} = 5$; $\tau_{про11} = 40$; $\tau_{про12} = 5$; $\tau_{про13} = 80$; $\tau_{про14} = 30$; $\tau_{про15} = 20$.

При формуванні ремонтних груп будемо прагнути поєднувати в групи елементи з найбільш близькими значеннями τ_0 . Так, для нашого приклада доцільно вести розрахунки при наступному варіанті групування: у першу групу включаються 2, 3, 7, 10 й 12 елементи; у другу - 1, 4, 11, 14, 15 елементи; у третю - 5, 6, 8, 9 й 13 елементи.

Для отриманих у такий спосіб варіантів ремонтних груп визначаються оптимальні значення міжремонтних періодів τ шляхом вирішення наступного рівняння

$$\frac{1}{T} \left[\sum_{j=1}^{k_i} (n+1) \cdot C_{1ji} \cdot M_{ji}[\tau_i] + C_{2i} n_i \right] = 0, \quad (2)$$

де n – кількість заміни i -го елемента за міжремонтний цикл, тривалістю T ; k_i - число елементів в i -ої групі; C_{2i} - вартість заміни i -ої ремонтної групи; $M_{ji}[\tau_i]$ - математичне очікування числа аварійних відмов j -го елемента i -ої групи за інтервал часу τ .

Для одержання необхідних статистичних величин потрібне проведення спеціальних досліджень по стійкості елементів устаткування. Аналіз роботи основних вузлів й агрегатів кар'єрних самоскидів, встановлення закономірностей втрат працездатності його агрегатами, законів розподілу наробітків на відмову виконаний по картках обліку роботи двигунів, агрегатів і вузлів автосамоскидів БелАЗ-75131 вантажопідйомністю 120 т, наданих цехом технологічного автотранспорту відкритого акціонерного товариства «Інгuleцький гірничо-збагачувальний комбінат».

Нами було досліджено показники надійності елементів двигуна 8РА4-185, тягового генератора ГПА-600, генератору-збудника ДК-913, тягового електродвигуна ДК-722, редуктора електромотору колеса.

Статистичний аналіз загальних закономірностей роботи агрегатів показує, що пробіги нових і після ремонту агрегатів між замінами істотно розрізняються (рис. 1, 2). Нові агрегати між замінами працюють значно довше, ніж після ремонту. Їхній пробіг перебуває в діапазоні від 50000 до 150000 км, у той час, як у відремонтованих агрегатів максимальна кількість приходить на діапазон 0-50000 км.

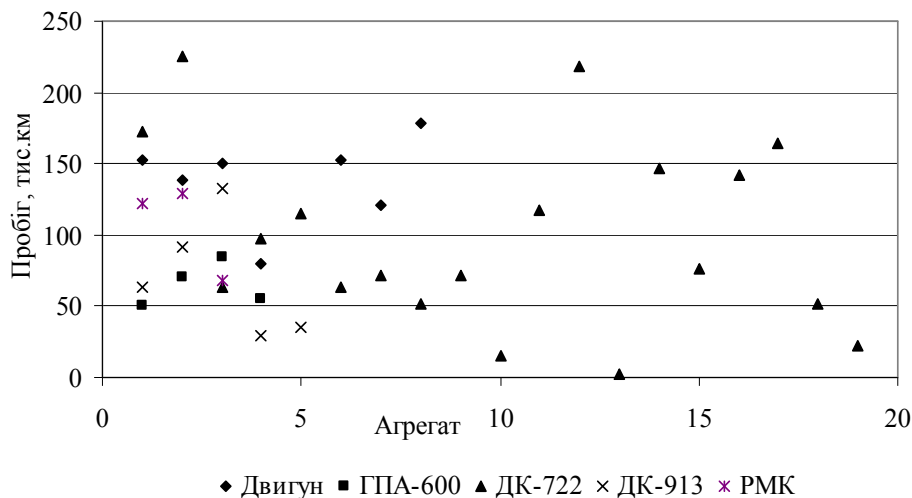


Рис.1. Пробіги нових агрегатів між замінами

Наробіток двигунів становить від 28 тис. км до 180 тис. км при середнім значенні по всіх двигунах - 123 тис. км, при цьому нові двигуни напрацьовують до заміни від 82 тис км до 180 тис км (у середньому 135 тис. км), а відремонтовані від 28 тис до 150 тис км (у середньому 81 тис км), що в 1,7 рази менше нових. Середнє внутрішньо значення вибірки після відкидання 20% екстремальних крапок практично дорівнює середньому значенню вибірки.

Нові тягові генератори ГПА-600 відробили від 55 тис. км до 88 тис. км при середньоарифметичному 67 тис. км, відремонтовані, відповідно від 3 тис. км до 80 тис. км й 23 тис. км. Половина відремонтованих ГПА-600 напрацьовала не більше 18 тис. км.

19 нових й 37 після ремонту лівих і правих тягових електродвигунів ДК-722 разом відробили більше 2,6 млн км, при цьому було замінено 33 лівих й 29 правих ДК, що свідчить про специфічність трас руху даного підприємства. На противагу отриманим результатам в умовах ВАТ «Олкон» частіше з ладу виходять праві ДК [2]. У середньому новий ДК-722 до заміни працює 70 тис. км, після ремонту - близько 11 тис. км. Вибірка по нових агрегатах характеризуються середньою правобічною асиметрією ($A=0,45$), а вибірки по всіх агрегатах й агрегатам після ремонту високою правобічною асиметрією (відповідно $A=1,7$ й $A=0,7$) це пояснюється розходженням у границях інтервалів, внаслідок якого більшість (33) відремонтованих агрегатів попадає в перший інтервал сумарної вибірки.

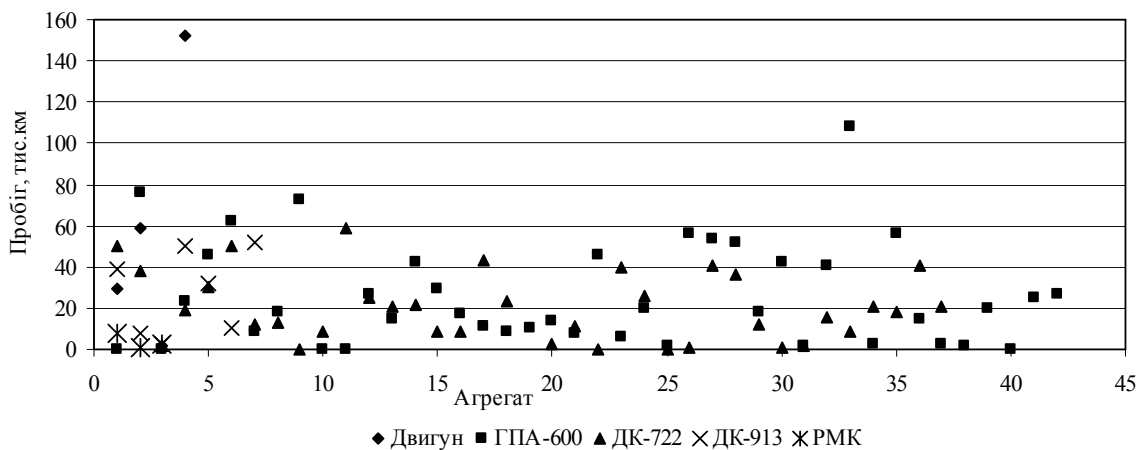


Рис.2. Пробіги агрегатів, що вийшли після ремонту між замінами

Навіть невелика кількість статистичних даних по генератору збудникові ДК-913 дозволяє судити про низьку якість ремонтних робіт. Так, нові ДК-913 у середньому напрацьовують близько 110 тис. км, а після ремонту - близько 30 тис. км. Вибірки характеризуються високою правобічною асиметрією й гостро верховим ексцесом.

За наявним даними про наробіток редукторів електромотор коліс можна сказати наступне: нові РМК стабільно відпрацьовують близько 105 тис. км, а потім вимагають заміни. Відзначені в картках РМК після ремонту відробили менш чим по 10 тис. км.

На підставі виконаних досліджень надійності роботи основних вузлів й агрегатів кар'єрного самоскида Белаз-75131 встановлювалися математичне очікування наробітку деталей на відмову й дисперсія.

Формування ремонтних груп проводилося вручну. Блок-схема визначення оптимальної структури міжремонтних циклів представлена на рис.3.

Результати розрахунків показали, що оптимальною структурою міжремонтних циклів кар'єрного самоскида є структура, що передбачає періодичне проведення поточних ремонтів трьох ступенів складності.

Результати визначення оптимальної структури міжремонтних циклів кар'єрного устаткування представлені в табл.1. При розрахунках виходили з умови, що амортизаційний період розглянутого устаткування дорівнює 8 років або 300 тис. км пробігу.

Як видно з даних табл.1, періодичність проведення поточних ремонтів у залежно від порядкового номера міжремонтного циклу зменшується, що пояснюється, в основному, зниженням надійності вузлів й агрегатів після проведення ремонтних робіт, а отже й математичному

очікуванні наробітку на відмову ряду елементів у першому й наступних міжремонтних циклах. Це зменшення обумовлене наявністю перехідного зносу в базових деталях.

Таблиця 1

Оптимальна структура міжремонтних циклів кар'єрного устаткування

Устаткування	Міжремонтний цикл	Кількість ремонтів			Періодичність проведення ремонтів, тис. год.		
		T_1	T_2	T_3	T_1	T_2	T_3
БелАЗ 75131	перший	55	5	5	5000	10000	15000
	другий	40	4	3	5000	10000	15000

У роботі пропонується коректувати періодичність профілактичних заміни у другому міжремонтному циклі коефіцієнтом k , що характеризує ступінь скорочення наробітку на відмову машини в циклі до капітального ремонту й після нього

$$k = \frac{M_i[t]}{M_1[t]}, \quad (3)$$

де $M_i[t]$, $M_1[t]$ - математичне очікування наробітку на відмову машини відповідно в i -ом і першому міжремонтних циклах.

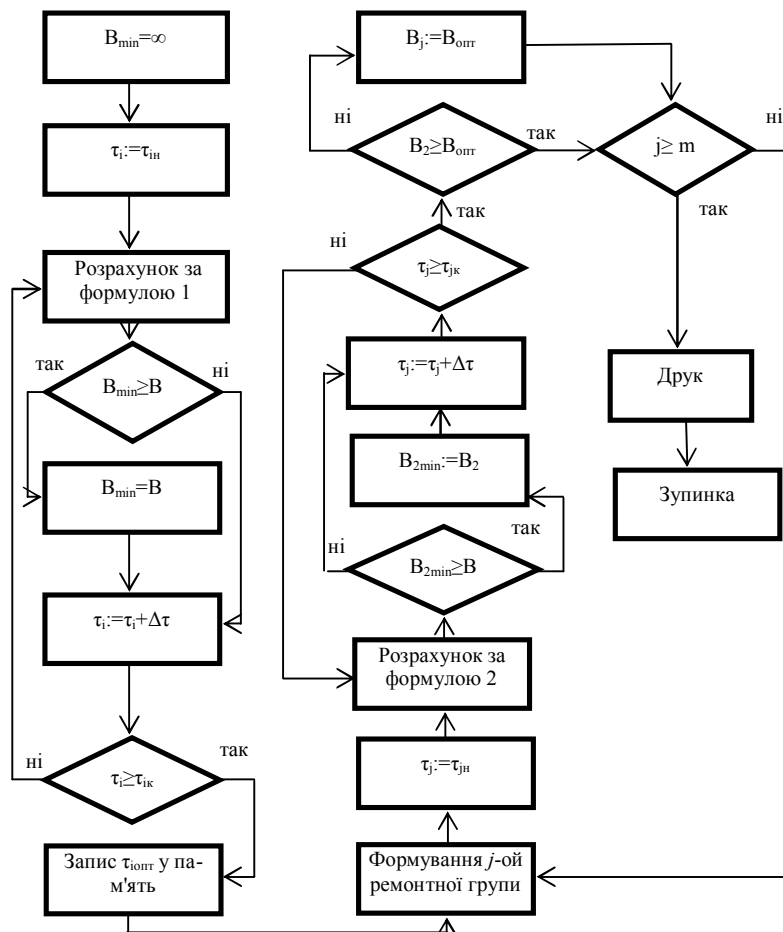


Рис.3. Блок-схема й алгоритм визначення оптимальної структури міжремонтних циклів

У цьому зв'язку періодичність проведення поточного ремонту в другому міжремонтному циклі t_{T2} буде дорівнювати

$$t_{T2} = t_{T1} \cdot k_1, \quad (4)$$

де t_1 - періодичність проведення поточного ремонту в першому міжремонтному циклі, тис. ч.; k_1 - коефіцієнт, що характеризує ступінь скорочення наробітку на відмову машини в другому міжремонтному циклі.

Значення коефіцієнта k_l склало 0,8. З обліком вищевикладеного, оптимальна структура міжремонтних циклів буде мати наступний характер (табл. 2).

Таблиця 2

Оптимальна структура міжремонтних циклів кар'єрного устаткування скорегована

Устаткування	Міжремонтний цикл	Кількість ремонтів			Періодичність проведення ремонтів, тис. год,		
		T_1	T_2	T_3	T_1	T_2	T_3
БелАЗ 75131	перший	55	5	5	5000	10000	15000
	другий	43	4	3	4000	8000	12000

Висновки та напрямок подальших досліджень. При встановленні оптимальних строків заміни елементів устаткування, формуванні ремонтних груп і вирішенні задачі оптимізації структури міжремонтних циклів необхідна інформація про довговічність елементів. Ця інформація повинна включати: математичне очікування часу наробітку на відмову й дисперсію. Статистичний аналіз загальних закономірностей роботи агрегатів показує, що пробіги нових і після ремонту агрегатів між замінами істотно розрізняються. Нові агрегати між замінами працюють значно довше, ніж після ремонту. Результати розрахунків показали, що оптимальною структурою міжремонтних циклів кар'єрного самоскида є структура, що передбачає періодичне проведення поточних ремонтів трьох ступенів складності. У роботі пропонується коректувати періодичність профілактичних заміन у другому міжремонтному циклі коефіцієнтом k , що характеризує ступінь скорочення наробітку на відмову машини в циклі до капітального ремонту й після нього. Його величина дорівнює 0,8.

Список літератури

1. Астафьев Ю.П. Планирование и организация погрузочно-транспортных работ на карьерах / Ю.П.Астафьев, Г.К.Полищук, Н.И.Горлов. – М.: Недра, 1986. – 168с.
2. Бабец Е.К. Теория экономического анализа / Е.К.Бабец, Н.И.Горлов, С.А.Жуков. – Днепропетровск: Наука и образование, 2002. – 425с.
3. Бескровный Н.Т. Экономика и оптимизация надежности и ремонта горно-шахтного оборудования. – М.: Недра, 1974. – 214с.
4. Бруневская С.Б. Совершенствование организации ремонтных работ в условиях перехода к рыночным отношениям: Автореф. дис. канд. наук (08.00.05) / Моск. акад. пиц. пром. – М., 1993. – 23с.
5. Вопросы ремонта горного оборудования за рубежом: Сб. перевод. статей. – М., 1961. – 99с.
6. Горбунов Н.П. Повышение эффективности организации ремонтного производства и технического сервиса в условиях постплановой экономики (на примере специализир. предприятий): Дис. канд. наук (08.07.01) / Харьк. гос. политех. ун-т. – Х., 1999. – 228с.
7. Демченко В.Д. Теоретическое обоснование выбора экономически оптимальной системы ремонта машин: Дис. канд. экон. наук (08.00.05). – Харьков, 1972. – 182с.
8. Дідик Р.П. Технологія виробництва і ремонт гірничих машин: Підручник / Р.П.Дідик, В.М.Забара, П.М.Шипов. – 4-те вид., перерб. і доп. – Дніпропетровськ: Наука і освіта, 1999. – 470с.
9. Драченко В.А. Экономика ремонта карьерного оборудования / В.А.Драченко, Н.Г.Колобердян. – К.: Техніка, 1974. – 96с.
10. Ивуть Р.Б. Новые формы в организации планирования и управления ремонтным производством в США. – Минск: БелНИИТИ, 1989. – 47с.
11. Ивуть Р.Б. Совершенствование управления ремонтным производством на предприятиях машиностроения / Под ред. А.Я.Гольбина. – Минск: Наука і техніка, 1991. – 248с.
12. Колегаев Р.Н. Определение оптимальной долговечности технических систем. – М.: Советское радио, 1967.
13. Колегаев Р.Н. Экономическая оценка качества и оптимизация системы ремонта машин. – М.: Машиностроение, 1980. – 239с.
14. Рудь Ю.С. Методологические проблемы исследования надежности и эффективности фабрик окускования горно-обогатительных комбинатов / МВиССО УССР, КГРИ. – Кривой Рог, 1987. – 20с.
15. Рудь Ю.С. Оптимизация технического обслуживания и ремонтов систем технологического оборудования горно-обогатительных.

Рукопис подано до редакції 18.04.2018