

2. **Вдовиченко І.Н.** Загальні тенденції розвитку експертних технологій для дослідження складних систем // Научно-практический информационный журнал "Научно-техническая информация". 2004. №3. С. 17-20.
3. **Вдовиченко І.Н.** Методи обробки інформації, отриманої в результаті експертної оцінки // НАН України Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка. Межведомственный сборник научных трудов "Відбір і обробка інформації". – Львов, 2006. Вип. 24(100). С. 56-58.
4. **Дункан Крамер** Математическая обработка данных в социальных науках. Современные методы / **Дункан Крамер** – М.: Академия, 2007. – 288 с.
5. **Батыгин Г.С.** Лекции по методологии социологических исследований. М.: АО Аспект Пресс, 1995. □ 350 с.
6. **Денисова А. Л.** Теория и практика экспертной оценки товаров и услуг. Учеб. Пособие / **А. Л. Денисова, Е. В. Зайцев.** - Тамбов: Изд. Тамб. Гос техн. ун-та, 2002. - 72 с.
7. **Гайдышев И. П.** Программное обеспечение анализа данных AtteStat. Руководство пользователя. Версия 13. 2012. – 506 с.
8. **Монтгомери Д. К.** Планирование эксперимента и анализ данных. / Д. К. Монтгомери. – Л. : Судостроение, 1980. – 384 с.
9. **Hinton G. E.** How neural networks learn from experience. [online] / G. E. Hinton. Scientific American, September 1992. – pp. 145–151. Available from: <http://www.cs.toronto.edu/~hinton/absps/sciam92.pdf>
10. **Rojas R.** Neural Network. / R. Rojas. – Berlin Heidelberg Springer Verlag, 1996. – 502 p.
11. **Евланов Л.Г.,** Экспертные оценки в управлении. М.: Экономика, 1978. - 133 с.
12. **Крымский С.Б.** Экспертные оценки в социологических исследованиях. К.: Наукова думка, 1990, -319с.
13. **Абдикеев Н.М.** Проектирование интеллектуальных систем в экономике. М.: ЭКЗАМЕН, 2004 - 453с.
14. **Ларичев О.И.,** Мошкович Е.М. Качественные методы принятия решений. М.: НАУКА ФИЗМАТЛИТ, 1996
15. <http://expert.psychology.ru>.

Рукопись постуила в редакцию 18.03.16

УДК 622.3.012.2.002.5.004(075.8)

**М.В. КИЯНОВСЬКИЙ**, д-р техн. наук, проф., **С.С. ДУБРОВСЬКИЙ**, канд. техн. наук, доц.,  
Криворізький національний університет

## ДОСЛІДЖЕННЯ ЯКОСТІ СИСТЕМИ ТОІР ОБЛАДНАННЯ ГЗК

Проведено комплексний аналіз різних факторів, що впливають на якість системи технічного обслуговування і ремонту (ТОіР) на підприємствах гірничо-металургійного комплексу. Визначено позитивні та негативні чинники, що здійснюють вплив на вірний вибір стратегії технічного обслуговування і ремонту обладнання на прикладі гірничо-збагачувальних комбінатів (ГЗК). Виділено основні напрямки роботи для забезпечення ефективності ТОіР, в першу чергу це моніторинг та діагностична підтримка ТОіР у режимі безрозбірної оцінки працюючого обладнання, розробка рекомендацій з керування технічним станом енергетичного й технологічного устаткування в режимі «реального часу», розробка технічного завдання (ТЗ) на створення систем технічної діагностики, маловитратних гнучких технологій організації прогнозованого технічного обслуговування механізмів технологічних систем і окремих агрегатів «за станом».

**Ключові слова:** технічне обслуговування, ремонт, експлуатація, стратегія, надійність, метод, стан, ресурс, акт.

**Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями.** Проблема забезпечення ресурсу і підвищення надійності машин є частиною загальної проблеми безпеки і ефективності їх використання. Саме від злагодженої роботи систем та машин залежить економічна ефективність підприємств експлуатантів. Забезпечення високої надійності в першу чергу залежить від якості складових будь якого механізму та ефективності стратегії і системи технічного обслуговування та ремонту.

**Аналіз досліджень і публікацій.** На підприємствах гірничо-металургійного комплексу України організація, порядок і перелік заходів по ТОіР обладнання регламентується системою нормативних документів, а саме: державні та галузеві стандарти системи технічного обслуговування та ремонту техніки і відповідні правила технічної експлуатації (далі - ПТЕ) підприємств гірничо-металургійного комплексу, ПТЕ окремих видів обладнання. Останнє Положення про технічне обслуговування обладнання гірничодобувних підприємств, затверджено наказом Мінпромполітики України від 04.07.2003 № 281, зареєстроване в Мінюсті України 22.08.2003 № 733/8054, та інші нормативно-правові акти [1,2].

**Постановка завдання.** Відповідно до вимог чинних нормативно-правових документів з врахуванням специфіки виробництва та місцевих умов на підприємствах галузі розробляються стандарти підприємств, інструкції, положення та інші локальні документи про ТОіР обладнання. Адекватно вимогам чинних нормативних документів на провідних підприємствах галузі,

наприклад в ГЗК, розроблені і активно використовуються СТП «Система ремонту обладнання», які є об'єктом дослідження в приведеній роботі.

**Викладення матеріалу та результати.** Абсолютно позитивним в плануванні, організації і забезпеченні якості ремонтних робіт є наявність і використання уніфікованих форм СТП (графіків всіх видів операцій ТОіР, де кожний об'єкт експлуатації (технологічне і допоміжне оснащення) має чітку, прозору, календарно визначену структуру операцій ТОіР впродовж календарного року. Це створює єдине для системи розуміння і чіткий алгоритм в розробці установчих документів і виконанні всіх видів ТОіР.

Потрібно усвідомлювати, що СТП «Система ремонту обладнання» при організації ТОіР, опирається на принципи стратегії ППР «за напрацюванням», яка тривалий час була, і поки що є основною, незалежно від рівня її ефективності, від рівня надійності обладнання і прийнятої (задекларованої) стратегії експлуатації.

У назві документів для планування та організації ТОіР є використання аббревіатури ППР і при цьому нема посилань на нормативні засади чи принципи названої стратегії експлуатації. Система ППР припускає наявність і використання статистичних моделей надійності обладнання. У даному випадку на всіх підприємствах такі моделі відсутні, через нехтування системних дослідження надійності обладнання та технологічних систем. Дані про експлуатаційні властивості накопичуються лише через показник середніх термінів напрацювання, без використання критеріїв оцінки їх достовірності. Тому підгрунтям планування, потрібно припускати, стає досвід виробництва, окремих фахівців, що частіше називають використання експертного методу, при необгрунтованій згоді на його достовірність.

Перша складність при розробці регламентів ТОіР на підставі названого СТП «Система ремонту обладнання» полягає у відсутності в СТП критерію призначення, обгрунтування змісту і тривалості КР (капітальних ремонтів), ПР (поточних ремонтів), ТО (технічного обслуговування) технологічних агрегатів. При цьому періодичність і зміст ТОіР потрібно розуміти має експертне обгрунтування (розробників графіків) і пов'язані із технічним станом обладнання тільки на підставі досвіду експерта.

Досвіду експерта, як правило, недостатньо для визначення ремонтних періодів. Точний розрахунок ускладнюється надзвичайно великими діапазонами розсіювання величин напрацювань. Останній факт ставить питання, чим пояснюється встановлений діапазон розсіювання ресурсних показників: нерівномірною вихідною якістю запасних частин, неякісним ремонтом чи несталими параметрами технологічного процесу, на які потрібно мати відповіді організатору ТОіР. Розрахунок кількості запасних частин будується на двох методичних платформах: за напрацюванням обладнання та його елементів у годинах; за напрацюванням у кількості переробленої сировини. При цьому передбачено використання середніх напрацювань обладнання до граничного стану і тому розрахунок запасних частин не буде коректним, через великі діапазони розсіювання ресурсних показників, що апіорі несе ризик аварійної відмови, або недовикористання індивідуальних ресурсів при існуючій практиці призначення міжремонтних періодів, що є властивим для даної системи організації ремонтів і суттєво знижує її ефективність.

У місячних графіках (всіх видів ТОіР) наведено тип обладнання, календарна дата, тривалість операцій ТОіР, але без конкретизації змісту робіт, відповідності трудоемності роботи плановому періоду, що не дає змогу переконатись у їх виконанні підрядною організацією, навіть при наявності акта виконаних робіт.

Структура графіка припускає, що всі об'єкти експлуатації рівнонадійні, швидкість спрацювання однакова незалежно від умов експлуатації, технічного стану, наявності експлуатаційних дефектів, що стає вагомим фактором дезорганізації здавалось би чіткої системи організації ТОіР. Графіки передбачають рівномірну занятість виконавців ТОіР впродовж року без врахування пріоритетів у відновленні працездатності обладнання. Тривалість операцій ТОіР і продуктивність праці виконавців нормативно не узгоджено і теж визначається тільки на підставі досвіду експерта, тому продуктивність праці, технічний рівень виконання робіт визначається виконавцем робіт (підрядна організація) виходячи із обмежень планової тривалості операцій ТОіР і не регламентується замовником.

При цьому прийнятий порядок планування технічного обслуговування (ТО) ігнорує необхідність проведення типових операцій (огляди, діагностика, налаштування, змашення та інш.). В системі організації технічного обслуговування на підприємствах ГЗК активне використання

діагностики не передбачається. Але за загальною оцінкою більш широкого досвіду у галузі - сервісні підрозділи для забезпечення ефективності ТОіР повинні в першу чергу надавати послуги з діагностики, моніторингу та діагностичної підтримки ТОіР у режимі безрозбірної оцінки працюючого обладнання, розробку рекомендацій з керування технічним станом енергетичного й технологічного устаткування в режимі «реального часу», ефективність яких доведена досвідом їхнього використання на багатьох об'єктах галузі, розробки ТЗ на створення систем технічної діагностики; маловитратних гнучких технологій організації прогнозованого технічного обслуговування механізмів технологічних систем і окремих агрегатів «за станом».

При наданні таких послуг діагностичної підтримки ТОіР повинно досягатись:

- попередження аварійних станів і виходу з ладу устаткування;
- зниження динамічних навантажень, збільшення довговічності опор робочих органів;
- запобігання витрат на аварійно-відновлювальні роботи;
- запобігання стресових станів обслуговуючого й ремонтного персоналу;
- спрощення організаційно-технічних і психологічних аспектів керування, тому що інструментальний контроль чітко розділяє вплив виконавців на технічний рівень агрегату;
- пуск в експлуатацію машини з параметрами, що забезпечують максимально можливий ресурс деталей і вузлів (наприклад, усунення перекосів підшипників в декілька разів підвищує термін їхньої служби);

- побудова обґрунтованих відносин з виконавцями ремонту;
- прогнозування моментів зупинки без шкоди для виробництва, своєчасна розробка технологій і підготовка ремонтно - відновлювальних робіт;

Відсутність у вимогах СТП «Система організації ремонтів» названих регламентів ТО не дозволяє ввести в технологію відносин замовників і виконавців ТОіР об'єктивних, інструментально-підтверджених показників контролю якості виконання регламентів процесу експлуатації і лише це може забезпечити ефективність «Система організації ремонтів» із значним скороченням експлуатаційних витрат (до 25%) .

Проблема виконання регламентів ТОіР в існуючій практиці реалізації СТП «Система організації ремонтів» ускладнюється правилами вибору їх виконавців - підрядних організацій, які обираються за принципом найнижчих ендерних показників, без ревізії технічної і фахової спроможності підрядними організаціями використання високоякісних технологій ремонту. Аналіз ланцюжка відомість дефектів, ремонтна відомість, графік ремонтів, кошторис, тендер завжди проводиться без участі виконавців (сервісних підрозділів), тобто без врахування технічного рівня можливих технологій ремонту чи ремонтного відновлювання з боку фахівців. Але саме на цьому етапі можливі варіанти різних технологій з різними якісними і вартісними параметрами, що може відкрити шлях суттєвих економії чи витрат.

Друга складність полягає у відсутності нормативно передбачених економічних критеріїв оперативного керування процесом виконання ТОіР. Інформація про ресурсне забезпечення фіксується в системі MY SAP ERP і має тільки контрольно-обмежувальну функцію і частинно інформаційну систематику подій процесів експлуатації обладнання виробничих систем. Відповідальні за організацію ТОіР не мають даних про достатність і оперативну готовність ТМЦ на момент початку ТОіР. Відсутні відомості про використання ТМЦ в детальному розгляді, якість виконаних ремонтних робіт. Замовник послуг ТОіР передбачає вартість послуг виконавців на рівні 0,35 тис. грн/нормо-година, що свідчить про орієнтацію на використання малопродуктивної праці і низької кваліфікації виконавців!

При цьому активно не аналізуються причини простоїв обладнання. Відомості про втрати виробництва від простою обладнання не домінують в процесах прийняття рішень. Певна кількість відмов аварійні. Будь яка стратегія експлуатації допускає певний відсоток аварійних станів, відмов і відповідно проведення ремонтно-відновлювальних заходів. Це найбільш складна ситуація, тому що вона не передбачена і не забезпечена плануванням і приводить до значної дезорганізації робіт. На підрозділах ГЗК аварійні відмови відповідно звітам відносяться до категорії позапланових ремонтів, але досить вагома величина непланових простоїв (до 6% тривалості планових простоїв) не створює позитивну оцінку ефективності існуючої системи планування профілактичних заходів. Звіти про проведення позапланових ремонтів передбачають оцінку їх ефективності (практично завжди заявлена максимальна оцінка ефективності), що ймовірно передбачає оцінку тільки часових втрат і зовсім не розкриває джерел і вартості усу-

нення аварійних відмов. Посилаючись на постійну максимальну оцінку ефективності проведення позапланових ремонтів з'являється думка про доцільність витрат на утримання сфери з планування ремонтів.

Особливо критично потрібно оцінити правила завершення планових заходів по відновленню працездатності обладнання. В системі передбачено проводити оцінку якості виконання лише капітальних ремонтів. Взагалі існуюча система СТП чинної системи ТОіР передбачає досить значну, представницьку кількість звітних документів, які можна використовувати для контролю якості процесу ТОіР і контролю якості виконаних робіт та регламент взаємовідносин замовників та виконавців робіт, наприклад: Форма акту прийому об'єкту в ремонт, Форма звіту про виконання ремонту, Форма акта прийому об'єкту після ремонту, Акт прийому об'єкту в експлуатацію після капітального ремонту та інш. Кожний документ передбачає певну кількість узгоджених дій Замовника та Виконавця ремонтів, що ведуть до закриття «форми-2» на момент закінчення КР, яка свідчить про освоєння планових ресурсів, а чи досягнута мета ТОіР? Акт виконання планових робіт складається із формулювання з боку Замовника «Претензій нема» і зовсім не через нехтування своїх обов'язків, а через відсутність елементарних засобів контролю параметрів ТМЦ та якості.

Отже, при наявності великої кількості документів, що фіксують факт виконання планових та непланових робіт не встановлено регламент опрацювання, накопичення, зберігання, систематизації та оперативного використання отриманої інформації для нормування критеріїв розробки регламентів ТОіР.

Відсутність у стандартах СТП прямих вимог по оцінці продуктивності праці виконавців (учасників процесів експлуатації) засвідчує, що існуюча система ТОіР не зорієнтована на активне використання цих показників з метою розуміння вкладу цього показника в оцінку ефективності системи по економічним критеріям згідно з визначенням СТП «Система організації ремонтів».

Визначення продуктивності праці (за потребою) можливо побічними методами при аналізі повноти виконання критеріїв службових обов'язків для учасників системи ТОіР, а саме: для аналізу продуктивності праці працівників підрядних організацій найбільш інформативним може стати ремонтна відомість, а саме: відомість робіт ТОіР, де приведена трудомісткість кожної операції ТОіР та кількість її виконавців.

Розрахунок чи облік показників якості системи ТОіР не передбачено основоутворюючими положеннями системи СТП «Система організації ремонтів».

Але потрібно зважити, що в теорії існує інтегральний показник якості системи ТОіР, що використовують для оцінки її досконалості і який відрізняється комплексним урахуванням відносних оцінок елементарних показників характеризують результати вирішення завдань. Інтегральний показник якості системи ТОіР визначається з частинних показників, набір та зв'язок яких мають багаторівневу ієрархічну структуру, а значення визначаються з елементарних показників, що знаходяться на нижньому рівні ієрархії. Для забезпечення можливості підсумовування різних елементарних показників вони представлені відносними нормованими оцінками, які в загальному випадку визначаються з порівняння фактичного і максимального значення.

Наприклад, відносна оцінка елементарного показника «частка планових ремонтів» визначається з виразу

$$P = T_p / (T_a + T_p),$$

де  $T_a$  - тривалість аварійних ремонтів;  $T_p$  - планових.

Значенням інтегрального показника приймається нормоване середнє від суми частинних показників якості: обладнання; ремонтних впливів; використання трудових ресурсів; системи менеджменту; підготовки ремонту; системи логістики; використання фінансів.

**Висновки та напрямки подальших досліджень.** Існуюча система ТОіР, що створена на підставі СТП «Система ремонту обладнання» забезпечує працездатність обладнання підрозділів ГЗК і є компромісом між обсягами експлуатаційних витрат і сталістю досягнутого рівня працездатності обладнання.

Система ТОіР є комбінованою і складається із елементів різних систем відібраних експертами впродовж тривалого періоду експлуатації обладнання.

Система ТОіР підрозділів ГЗК, як будь-яка організаційна структура безперервно піддається вдосконаленню. В першу чергу це стосується уніфікації змісту і обсягів потрібних докумен-

тів, порядку їх розробки, узгодження і виконання, що є предметом СТП і передбачає певний інформаційний супровід операцій ТОіР.

Система ТОіР прагне досягнення організаційної узгодженості операцій ТОіР, але без активного контролю факторів, що впливають на інтенсивність спрацювання і втрати працездатності обладнання, раціонального використання ресурсу, технологій і якості відновлення працездатності. Досить слабкою ланкою в системі ТОіР є операції ТО. Вони не забезпечують контроль за технічним станом обладнання у сенсі їх призначення (техогляд, діагностика, налаштування, регулювання, відновлення режимів змащення, контроль за інтенсивністю спрацювання, тощо). Відносини у трикутнику: виконавці операцій ТО, виробничий персонал, підрядні організації не узгоджені. Саме у цій сфері відбувається зародження обсягу експлуатаційних витрат і саме ця сфера повинна стати предметом вдосконалення системи ТОіР.

#### Список літератури

1. **Ченцов Н.А.** Модели экспертно-диагностической системы технического обслуживания оборудования / **Н.А.Ченцов, Г.В.Сопилкин, Е.В.Ошовская.** //Прогрессивные технологии и системы машиностроения “Международный сб. научных трудов” Донецк, ДонГУТУ, 1995. - Вып. 2. - С. 73 -82.
2. **Кіянновський М.В.** Діагностичне забезпечення технічного обслуговування та ремонту (ТОіР) гірничо-металургійного обладнання. Кривий Ріг, Видавництво КНУ, типографія «ОктянПринт», 2016. - 364 с.

Рукопис подано до редакції 17.03.16

УДК 534.6: 681.5.08: 004: 622

В.В. ДРИГА, канд. техн. наук, Криворожский национальный университет

### ИССЛЕДОВАНИЕ, РАЗРАБОТКА И ПРОМЫШЛЕННЫЕ ИСПЫТАНИЯ СКВАЖИННОГО АКУСТИЧЕСКОГО ГЛУБИНОМЕРА С ПРИМЕНЕНИЕМ АЛГОРИТМА ГЕРЦЕЛЯ

В статье приведены результаты исследований, проведенных при разработке скважинного акустического глубиномера, предназначенного для экспрессного определения глубины буровзрывных скважин в условиях карьеров и шахт. Принцип акустического метода заключается в излучении короткого звукового сигнала в устье скважины и измерении интервала времени, прошедшего от момента подачи до момента прихода эхо-сигнала, отраженного от дна скважины. В работе исследовано влияние *формы* зондирующего сигнала, его *частоты*, рассмотрены методы определения *временного интервала* между прямым и отраженным сигналом с точки зрения минимизации погрешности измерения. Предложен метод построения *огibaющей* сигнала на основе дискретного преобразования Фурье и *алгоритма Герцеля*. Разработан метод определения временного интервала по пикам данной *огibaющей* с последующим уточнением результата путем дополнительного учета *фазы* сигнала. Предложенный метод позволил достичь требуемой достоверности и точности результата измерения в реальных условиях, где работающее буровое оборудование создает шум, присутствует ветер, происходит осыпание бурового шлама в скважину. Приведены результаты заключительных промышленных испытаний разработанного устройства в условиях карьеров Кривбасса с реализацией предложенных методов. На буровзрывных скважинах диаметром 250 мм и глубиной до 20 м среднеквадратическое отклонение показаний устройства от реальной глубины скважин составило 4,3 см.

**Ключевые слова:** скважина, расстояние, глубина, глубиномер, акустический, звук, синусоидальный, эхо, сигнал, импульс, время, микроконтроллер, алгоритм Герцеля, преобразование Фурье, измерение, точность.

**Проблема и ее связь с научными и практическими задачами.** Актуальность данной разработки обусловлена необходимостью экспрессного определения реальной глубины буровзрывных скважин в карьерах и шахтах при проведении взрывных работ в условиях карьеров и шахт. Измерение глубины ручным механическим методом - не оперативно и трудоемко, особенно при наклонных восходящих скважинах. Использование *акустического* метода позволяет получить результат измерения за несколько секунд, повысить эффективность горных работ и качество добываемого железорудного сырья [1-3].

**Анализ исследований и публикаций.** Общий принцип акустического метода заключается в излучении короткого звукового сигнала в устье скважины - и измерении интервала времени  $\Delta t$ , прошедшего от момента подачи до момента прихода отраженного от дна эхо-сигнала. Затем время  $\Delta t$  с учетом скорости распространения звука в воздухе ( $v=331,5-343,1$  м/с при температуре 0-20 °С соответственно [4]) пересчитывается в пройденное расстояние  $S$  и искомую глубину скважины  $L = S/2 = v \cdot \Delta t/2$ . Основной вопрос при разработке данного устройства - как наибо-