

УДК 622. 673

Нормативно-технічне забезпечення працездатності устаткування головних технологічних комплексів шахт

Проведено аналіз працездатності устаткування головних технологічних комплексів вугільних шахт. Розглянуто галузеві стандарти з проведення експертизи рівня промислової безпеки устаткування, що перебуває в експлуатації. Установлено обсяги та методи обстежень з метою визначення внутрішніх резервів для подальшої безпечної і безаварійної експлуатації. Вказано на необхідність підтримки сучасного професійного рівня фахівців енергомеханічної служби в галузевих навчальних центрах.

Ключові слова: технологічний комплекс, шахтні стаціонарні установки, підймальні машини, вентилятори головного провітрювання, шахтні копри, галузеві стандарти.

Контактна інформація: mail@niigm.dn.ua

Постановка проблеми в загальному вигляді та її зв'язок з важливими практичними завданнями. Останніми роками на багатьох шахтах Мінвуглепрому України погіршився технічний стан устаткування головних технологічних комплексів, відсутні необхідні умови для забезпечення ефективної експлуатації, значно зросли втрати від аварій і простоїв, швидко збільшується частка устаткування, що відпрацювало нормативний термін служби.

Згідно з наказом Міністерства палива та енергетики України від 13 лютого 2003 р. № 80 Департаментом вугільної промисловості із залученням НДІГМ імені М. М. Федорова було складено та затверджено щорічні графіки обстеження фактичного стану й залишкового ресурсу шахтних стаціонарних установок (ШСУ), а також доручено розробити технічні рішення для продовження терміну їх безпечної експлуатації.

У 2003–2014 рр. проведено цільові обстеження вугільних підприємств України з метою оцінки зношеності ШСУ та створення безпечних умов їх подальшої експлуатації.

Нині на шахтах України для перевезення людей і транспортування вантажів, вугілля та породи використовують 1017 підймальних машин, із яких 658 (73 %) відпрацювали нормативний термін служби, у тому числі 416 одиниць – 1,5 і більше нормативного терміну; понад 50 років працює 81 підймальна машина. Із 428 стовбурів шахт більш як 140 вертикальних – особливо дефектні, тобто потребують термінової заміни армування та ремонту кріплення; 120 копрів експлуатуються понад 50 років: 40 із них потребують термінової заміни, а 80 – капітального ремонту.



А. М. КОВАЛЬ,
канд. техн. наук
(ПАТ «НДІГМ ім. М. М. Федорова»)



М. О. ЧЕХЛАТИЙ,
канд. техн. наук
(ПАТ «НДІГМ ім. М. М. Федорова»)

Парк шахтних стаціонарних компресорних установок нараховує майже 1500 машин. Водночас близько 20 % відцентрових і 57 % поршневі машин віпрацювали нормативний термін служби.

Для відкачування води з шахт використовують понад 1600 насосних агрегатів. Разом з тим 68 % шахт не обладнані проектною кількістю насосних агрегатів, трубопроводу зношені й не мають достатньої площі перетину.

Для провітрювання підземних виробок на шахтах функціонує майже 3000 вентиляторів головного провітрювання. У роботі перебуває понад 66 % осьових і близько 34 % відцентрових вентиляторів головного провітрювання. Фактичний термін служби у половини діючих вентиля-

торів перевищив нормативний, майже 44 % установок працюють у граничному режимі.

На шахтах тепер експлуатується понад 2300 конвеєрних установок, загальна довжина конвеєрної стрічки яких становить більш як 1600 км. Понад 60 % головних конвеєрних установок перевищили нормативний термін служби, майже 45 % конвеєрів експлуатуються зі зношеними й механічно пошкодженими стрічками.

Ураховуючи також, що більшість основних технологічних комплексів шахт Донецького й Луганського регіонів протягом двох останніх років опинилися в умовах найвищого ризику, зазнали значного руйнування поверхневих будівель і споруд та пошкодження значної частини наявного устаткування, забезпечення безпечної експлуатації комплексів потребує пошуку невідкладних рішень.

Треба визнати й те, що робота окремих шахт має бути тимчасово призупинена, а деякі шахти підлягають закриттю. Тому збереження діючих технологічних комплексів потребує особливої уваги. Це також необхідно й зважаючи на те, що як на тимчасово призупинених, так і на шахтах, що підлягають закриттю, більша частина устаткування (підймальні, водовідливні й вентиляторні установки) використовуватиметься протягом тривалого часу.

У вугільній і гірничорудній галузях України діє Постанова Кабінету Міністрів України від 26 травня 2004 р. № 687 «Про затвердження Порядку проведення оглядів, випробувань та технічного діагностування машин, механізмів, обладнання підвищеної небезпеки». Роботи з експертизи промислової безпеки технічних пристроїв і обладнання, що використовуються на небезпечних виробничих об'єктах, регламентовані нормативними документами з експертного обстеження та провадяться відповідно до устатовлених Правилами вимог [1]. Продовження терміну служби шахтних стаціонарних установок, проведення своєчасного ремонту й відновлення експлуатаційних характеристик – одне з актуальних завдань безпечної експлуатації устаткування. Особливо важливим етапом під час проведення експертизи ШСУ є оцінка залишкового ресурсу їх елементів і пристроїв [2].

Мета дослідження – систематизація інформації щодо оцінки зношеності ШСУ, визна-

чення внутрішніх резервів для його подальшої безпечної і безаварійної експлуатації та розробка ефективного нормативно-технічного забезпечення працездатності устаткування головних технологічних комплексів шахт.

Аналіз останніх досліджень і публікацій, виокремлення невирішених чинників загальної проблеми. Основна проблема, з якою стикаються фахівці, – брак достовірних даних про навантаження і вплив різних чинників на конструкцію впродовж її експлуатації, особливо в умовах найвищого ризику, а також про особливості виготовлення і монтажу. Засоби прямого інструментального оцінювання, що використовуються нині, наприклад відбір мікропроб у критичній зоні, пошкоджують конструкцію. Ресурсні характеристики ділянок відбору проб змінюються, вони потребують додаткового посилення, зміни напружено-деформованого стану, що зводить нанівець ефективність зусиль. До того ж результат значною мірою визначається правильністю вибору місця відбору проби. Неруйнівні методи контролю відпрацьовані ще недостатньо, потребують спеціальних технічних пристроїв і присутності фахівців вищої кваліфікації.

За даними інструментальної дефектоскопії ШСУ, що призначена для продовження встановленого терміну служби установки, важко визначити, скільки часу може тривати її експлуатація, щоб вважати прийняте рішення достовірним. Експерти це питання зараз вирішують лише на підставі багаторічного досвіду технічних розрахунків та інженерної інтуїції.

Установлені нормативні терміни служби ШСУ не враховують їх фактичну навантаженість, інтенсивність та умови експлуатації, мають планово-директивний характер, що негативно позначається на загальному рівні безпеки експлуатації цих важливих, складних і потенційно небезпечних об'єктів. Тож назріла потреба в обґрунтованій оцінці нормативних термінів служби установок з урахуванням навантаженості, інтенсивності роботи й умов експлуатації.

За основу чинних нормативних документів з експертного обстеження шахтних підймальних і вентиляторних установок узято конструкторські методики з визначення ресурсу устаткування, які не враховують, що границя

втомі матеріалу є не постійним, а змінним показником і залежить від кількості циклів навантаження кожної окремої деталі.

Результати дослідження. У НДІГМ імені М. М. Федорова розроблено й затверджено Мінвуглепромом України *галузевий стандарт* [3], що встановлює методику розрахунку залишкового ресурсу валів шахтних підймальних машин, вентиляторів головного провітрювання та осей копрових шківів, які входять до складу устаткування ШСУ. Запропонована методика ґрунтується на тому, що крива втоми (крива Веллера) у зоні значної кількості циклів навантаження не може бути паралельною осі циклів, а повільно знижується. Кут нахилу кривої залежить від характеристик металу деталі та її конструктивних властивостей.

Залишковий ресурс валів підймальних машин, вентиляторів та осей копрових шківів розраховують на тривалий термін з умови визначення кількості циклів кожного вала або осі до вичерпання нормативного запасу міцності. Термін безпечної експлуатації визначає технічний експерт, ураховуючи, що він не повинен перевищувати термін чергового експертного обстеження згідно з Правилами [1].

Прогнозування залишкового ресурсу валів підймальних машин, вентиляторів та осей копрових шківів здійснюють після проведення не менше ніж трьох експертних обстежень.

Базовою деталлю підймальної машини є корінний вал. Він має багатоступеневу форму і в умовах експлуатації зазнає комплексної дії змінних згинального і крутного моментів, навантажень від власної маси. Розрахунок запасу міцності металу вала на втому ведеться за симетричного циклу зміни напруг.

Запас міцності вала за спільної дії нормальних і дотичних напружень визначають за формулою

$$n = n_{\sigma} n_{\tau} / \sqrt{n_{\sigma}^2 + n_{\tau}^2}, \quad (1)$$

де n_{σ} і n_{τ} – запаси міцності відповідно за нормальних і дотичних напружень.

Отримане значення запасу міцності порівнюють із допустимим запасом міцності за умови, що $n > 1,5\sigma_{-1}$ (де σ_{-1} – границя витривалості матеріалу за симетричного циклу). Отримане значення запасу міцності регламентоване нормативним документом [1].

Якщо кількість циклів навантаження вала є досить значною, зниження неруйнівних напруг стає малопомітним. Проте воно має місце, отже, границя втоми металу вала (σ_{-1} при згині, τ_{-1} при крученні), як і запас міцності, – змінні значення, що монотонно зменшуються в міру зростання кількості циклів навантаження вала.

На підставі викладеного залишковий ресурс вала підймальної машини, виражений у циклах його навантаження, визначають за формулою

$$\Delta N_{\text{зал}} = N_{\text{доп}} - N_{\phi}, \quad (2)$$

де $N_{\text{доп}}$ – допустима кількість циклів навантаження вала машини з урахуванням місцевих перенапруг у зонах концентраторів напружень, зумовлених зміною геометричної форми (галтелі, виточки, місця посадки), а також внаслідок гістерезисних явищ у матеріалі вала при змінних напругах;

N_{ϕ} – фактична кількість циклів навантаження вала за період експлуатації підймальної машини:

$$N_{\phi} = (H/D\pi) hAr, \quad (3)$$

H – глибина стовбура, м;

D – діаметр барабана машини або головного шківа;

h – кількість циклів спускання-підймання на добу;

A – кількість днів роботи машини на рік;

r – фактична кількість років експлуатації машини.

Допустиму кількість циклів навантаження вала підймальної машини знайдено за формулою

$$N_{\text{доп}} = 10^m, \quad (4)$$

де m – показник кута нахилу кривої втоми на ділянці, що відповідає кількості циклів навантаження вала при $N > 10^7$ циклів.

Уважають, що границя втоми для сталі 45, з якої виготовляють вали підймальних машин, – це напруження, яке може витримати цей матеріал при 10^7 циклах навантаження. Також вважають, що, досягнувши границі втоми, крива втоми перетворюється на пряму, паралельну осі абсцис. З цього випливає, що границя втоми – постійна величина, якою б великою не була кількість циклів навантаження деталі. Утім реальна кількість циклів навантаження валів підймальних машин у багаті разів перевищує кількість циклів,

прийняту для визначення границі втоми, і вали при цьому не руйнувалися.

Кількість років додаткової експлуатації підіймальної машини

$$\Delta t = \Delta N_{\text{зал}} / (hAr). \quad (5)$$

Для валів вентиляторів характерним є асиметричний цикл навантаження, і при спільній дії нормальних і дотичних напружень запас їх міцності визначають за формулою (1), а залишковий ресурс – за формулою (2).

Робочу кількість циклів навантаження вала вентилятора визначають з урахуванням передумови, що протягом усього терміну служби t безперервної роботи шахтної вентиляторної установки вентилятор працюватиме на максимальній швидкості обертання.

Фактична кількість циклів навантаження вала

$$N_{\phi} = 60n \cdot 24tM = 1440ntM, \quad (6)$$

де t – кількість календарних років роботи вентиляторної установки;

n – частота обертання ротора, хв^{-1} ;

M – кількість днів у році.

Тоді залишковий ресурс вала вентилятора $\Delta N_{\text{зал}} = 10^m - 1440ntM$.

Міцність вала на витривалість вважають забезпеченою, якщо робоча кількість циклів за весь можливий термін експлуатації в 1,4–1,6 раза менша від знайденого руйнівного значення.

На відміну від вала підіймальної машини і вентилятора вісь копрового шківа не передає обертового моменту. Навантаження, що діє на вісь, викликає в ній тільки напругу згину, яку обчислюють за симетричним циклом. Тому запас міцності щодо нормальних напружень в i -му перерізі осі в цьому разі

$$n_{\sigma i} = \sigma_{-1} \beta_{\sigma} \varepsilon_{\sigma} / (\sigma_a k_{\sigma}),$$

де σ_{-1} – границя витривалості стандартних зразків у разі симетричного згину;

β_{σ} – коефіцієнт, що враховує стан зразка поверхні під час згину;

ε_{σ} – коефіцієнт масштабного чинника;

σ_a – амплітуда змінних напружень під час згину;

k_{σ} – ефективний коефіцієнт концентрації напружень під час згину в перерізі осі.

Залишковий ресурс осі копрового шківа $\Delta N_{\text{зал}}$ (у циклах навантаження), за чин-

ником її міцності на втому, визначають за формулою

$$\Delta N_{\text{зал}} = (N_{\text{доп}} - N_{\phi}) - 10^m.$$

Фактичну кількість циклів навантаження вала за період експлуатації підіймальної машини знаходять за формулою (3).

Кількість років додаткової експлуатації підіймальної машини

$$\Delta t = \Delta N_{\text{зал}} / (hAr).$$

Оцінювання технічного стану та визначення терміну безпечної експлуатації для формування системи технічного діагностування устаткування шахтних підіймальних установок (ШПУ) як промислових об'єктів підвищеної небезпеки виконують згідно з розробленим НДІГМ імені М. М. Федорова *галузевим стандартом* [4].

Об'єктом технічної діагностики залежно від методів оцінювання і прогнозування технічного стану устаткування ШПУ є функціональні, структурні, аналітичні моделі, а також моделі ідентифікації та ін.

Оцінювання технічного стану устаткування ШПУ здійснюють розрахунковими та експертними методами.

Розрахункові методи оцінювання технічного стану поділяють на методи розпізнавання і аналітичні, що відрізняються постановкою завдання й способами його розв'язання. Ці методи використовують два види розпізнавання – імовірний (стохастичний) і детерміністський (логічний).

До методів, які застосовують для оцінювання технічного стану устаткування ШПУ, входять: опис та обґрунтування адекватності математичної моделі фізичному процесу зміни параметрів; критерії оцінювання; методики розрахунку показників надійності й працездатності; умови застосування та оцінки ефективності методу.

Умови застосування методу мають включати:

- обмеження кількісних параметрів статистичних і (або) фізичних проявів процесів зміни технічного стану, за якими здійснюють його оцінювання, розрахунок залишкового ресурсу й терміну безпечної експлуатації;

- вимоги до точності й достовірності засобів діагностування, які використовують для оцінювання технічного стану;

• обмеження щодо умов подальшої експлуатації устаткування ШПУ, що забезпечує встановлена ефективність методу.

Експертні методи оцінювання технічного стану розробляють на підставі критеріїв, за якими приймають рішення щодо віднесення деградаційних процесів до типу, класу або еталону, а також інтегральної оцінки технічного стану.

Прогнозування деградації устаткування ШПУ ґрунтується на вивченні тенденцій зміни технічного стану об'єкта або контрольованих (діагностичних) параметрів, що його характеризують як функцію часу.

Залишковий ресурс устаткування розраховують на довгостроковий термін (глобальний прогноз), а термін безпечної експлуатації – на короткостроковий (локальний прогноз). Залишковий ресурс устаткування визначають після експертних обстежень, кількість яких установлюють прийнятим методом прогнозування. Економічно доцільний граничний залишковий ресурс визначають у разі вирішення питання щодо можливості подальшого використання устаткування ШПУ або його складової частини.

Для прогнозування залишкового ресурсу устаткування ШПУ і його складових частин застосовують **методи інженерного прогнозування**: аналітичний, імовірний або статистичної класифікації.

У разі відсутності необхідних даних залишковий ресурс і термін безпечної експлуатації устаткування ШПУ визначають із заданою вірогідністю щодо аналогічних зразків. Номенклатуру діагностичних параметрів устаткування ШПУ та його складових частин установлюють під час розробки методики, якщо вони не регламентовані чинною нормативною документацією на це устаткування.

У разі виявлення критичних дефектів, які впливають на безпеку експлуатації устаткування ШПУ, що обстежувалось, а також загрожують життю і здоров'ю працівників, або коли контрольовані параметри не відповідають вимогам чинних нормативних документів, установлюють термін для усунення дефектів.

Розроблені у НДІГМ імені М. М. Федорова *галузеві стандарти* [5–7] забезпечують об'єктивну оцінку обов'язкових вимог до стану залізобе-

тонних баштових копрів, що встановлені чинними нормативними документами відповідно до теперішнього науково-технічного рівня їх безпечної експлуатації, визначають терміни до перших обстежень і періодичність під час оцінювання технічного стану й паспортизації копрових і поверхневих споруд шахт.

Виявлені в процесі обстеження дефекти й пошкодження класифікують на такі, що знижують:

- 1) міцність конструкцій до неприпустимих для експлуатації меж;
- 2) довговічність конструкцій;
- 3) міцність конструкцій незначно;
- 4) міцність конструкцій до рівня, допустимість якого встановлюють розрахунком.

У разі значного зниження міцності роблять висновок про неможливість експлуатації таких конструкцій і розробляють заходи для їх підсилення. До завершення робіт із підсилення конструкцій перебування працівників у небезпечній зоні, а також збільшення навантажень на конструкції має бути обмежене або виключене.

У другому і третьому випадках розробляють заходи щодо забезпечення працездатності баштових копрів, а в четвертому виконують перевірочний розрахунок конструкцій на міцність, у якому враховують виявлені під час обстеження дефекти й пошкодження.

Результати обстеження покрівель або гідроізоляції аналізують для встановлення типів небезпечного стану покрівлі або її гідроізоляції.

Під час визначення термінів планових та аварійних обстежень і паспортизації технічного стану будівель і споруд [6] потрібно враховувати такі основні чинники:

- рівень безпеки будівель і споруд;
- конструктивні особливості будівель і споруд, характеристики їх основи;
- наявність у конструкціях будівель і споруд контрольно-вимірювальної апаратури;
- досвід експлуатації аналогічних будівель і споруд.

Рівень безпеки будівель і споруд оцінюють коефіцієнтом безпеки

$$K_6 = Y_n K_{ек} K_{ар}$$

де $Y_n = 0,8...1,25$ – коефіцієнт надійності за призначенням;
 $K_{ек} = 0,8...1$ – коефіцієнт, що характеризує еколо-

гічну небезпеку виробництва, яка може виникнути через відмову будівельних конструкцій будівель і споруд;

$K_{ар} = 0,7 \dots 1$ – коефіцієнт впливу агресивності виробничого середовища.

Терміни планових обстежень будівель і споруд (кількість років) рекомендуються призначати залежно від коефіцієнта безпеки, визначаючи їх за формулою

$$T = T_6 K_6,$$

де T_6 – термін до першого планового обстеження для будівель і споруд, що перебувають у середніх для галузі умовах експлуатації.

Із урахуванням досвіду експлуатації термін T_6 може коригуватися залежно від конструктивних особливостей будівлі або споруди та характеристик їхніх основ, наявності в них контрольно-вимірювальної апаратури та інших чинників, зокрема екстремальних, що істотно впливають на параметри надійності й довговічності будівель і споруд.

Розроблений у НДІГМ імені М. М. Федорова *галузевий стандарт* [8] установлює правила проведення контролю геометричних розмірів жорсткого армування: металевих, дерев'яних і коробчастих провідників і контактних з ними елементів підймальних посудин у вертикальних шахтних стовбурах, а також вимоги до геометричних розмірів провідників і технічних засобів їх вимірювань.

Провідники підлягають заміні в разі зносу на один бік: рейкові – понад 8 мм, дерев'яні – понад 15 мм, коробчасті – більш як на половину товщини стінки. Разом з тим допускається сумарний боковий знос рейкових провідників за їх двобічного розташування відносно посудини до 16 мм.

Знос полиці, яка з'єднує головку рейкових провідників з підшовою, допускається не більш як на 25 % номінальної її товщини. При парашутах різання дерев'яні провідники в стовбурі замінюють, якщо їх сумарний знос становить понад 20 мм. Експлуатація провідників у разі зносу, що перевищує вказані значення, допускається на підставі експертного висновку, наданого спеціалізованими організаціями, які виконують експертизи відповідно до Закону України «Про охорону праці».

Сумарний зазор між напрямними башмаками ковзання підйальної посудини (противаги) та провідниками при їх встановленні має бути:

- на базовій позначці: для рейкових провідників – 10 мм, для дерев'яних – 20 мм;
- за глибиною стовбура: для рейкових – (10 ± 8) мм, для дерев'яних – (20 ± 10) мм.

Розроблений у НДІГМ імені М. М. Федорова *галузевий стандарт* [9] установлює вимоги до порядку підготовки та проведення контролю елементів підвісних пристроїв і парашутів ШПУ під час експлуатації та капітального ремонту.

Підвісні пристрої та парашути контролюють візуальним, вимірювальним, магнітопорошковим або ультразвуковим методом.

Контроль здійснюють у два етапи:

- отримання інформації про фактичний стан об'єкта за ознаками і показниками його властивостей;
- порівнювання отриманої інформації із встановленими вимогами, нормами і критеріями та виявлення відповідності або невідповідності фактичних даних до встановлених.

Критеріями бракування контрольованих елементів підвісних пристроїв і парашутів є знос елементів (деталей) понад норму та наявність дефектів у деталях.

До переліку робіт з підготовки щодо контролю елементів підвісних пристроїв і парашутів входять перевірка технічної документації та підготовка робочого місця, деталей і засобів контролю.

Розроблені у НДІГМ імені М. М. Федорова *галузеві стандарти* [10, 11] установлюють вимоги до організації та проведення технічного обслуговування й ремонту устаткування вертикальних стовбурів шахт. Ці стандарти поширюються на устаткування та його складові, що розташовані у вертикальних стовбурах та їх гірничотехнічних спорудах.

Технічний огляд устаткування вертикальних стовбурів проводять для перевірки відповідності фактичного технічного стану, умов експлуатації, рівня технічного обслуговування та якості ремонту устаткування. Контроль за дотриманням вимог безпеки, що регламентуються нормативними документами, здійснюють головний інженер шахти, головний механік, механік шахтного підйому,

а також інспектори державного гірничого нагляду та (або) експерти спеціалізованих або уповноважених організацій з технічного нагляду.

Перекриття стовбурів проводять відповідно до проектів з технічного обслуговування, ремонту або заміни підймальних посудин, підвісних пристроїв і парашутів, канатів, що розроблені для конкретних підймальних установок і затверджені технічними керівниками об'єднань (компаній) і самостійних підприємств.

Проект пристрою перекриття і його установа на конкретному стовбурі розробляє спеціалізована проектна організація, яка має дозвіл Держпромгірнагляду МНС України.

Розроблений у НДІГМ імені М. М. Федорова *галузевий стандарт* [12] визначає комплекс робіт з установа технічного стану, умов і терміну подальшої безпечної експлуатації устаткування вентиляторів головного провітрювання з урахуванням режиму роботи, а також визначення потреби в проведенні ремонту, модернізації, реконструкції або виведенні вентилятора з експлуатації.

Експертне обстеження коліс осьових і радіальних вентиляторів складається з таких етапів:

- збір та аналіз технічної документації щодо агрегатів вентиляторної установки;
- підготовка робочих коліс вентиляторів для визначення фактичних розмірів зносу лопаток і дисків роторів;
- вимірювання фактичних товщин обшивок лопаток і дисків робочих коліс вентиляторів;
- обробка експериментального матеріалу із застосуванням затвердженої методики.

Після експертного обстеження елементів робочих коліс вентиляторів оцінюють їх залишковий ресурс і визначають критерії технічного стану в такому порядку:

- розрахунок запасів міцності елементів як відношення діючого напруження до припустимих значень;
- визначення можливості подальшої експлуатації роторів вентиляторів або їх заміна новими роторами.

Розрахунки напруженого стану лопаток осьового ВОД-30 і радіального ВЦД-31,5М2 вентиляторів дають змогу встановити міні-

мальний залишковий ресурс зношених профільних і листових лопаток робочих коліс шахтних вентиляторів у середньому діапазоні від 0,4 до 0,5 щодо номінальних показників товщини лопаток нових коліс вентиляторів. Критерії оцінок припустимого зносу корінних дисків шахтних радіальних вентиляторів у середньому становлять від 0,9 до 0,8, а покривних дисків – від 0,8 до 0,7 щодо номінальних розмірів нових коліс вентиляторів. Значення коефіцієнтів запасу міцності металу, з якого виготовлені лопатки й диски коліс шахтних вентиляторів, мають бути не меншими ніж 2.

Згідно з Правилами [1] допустиму можливість продовження експлуатації вентиляторів і вентиляторних установок установають на підставі ревізії, налагодження та експертного звіту експертної організації про технічний стан вентиляторів і вентиляторних установок, але вона не повинна перевищувати п'яти років. Найбільш зношеними елементами вентиляторів і вентиляторних установок є робочі колеса, їх лопатки й диски.

Обстеження робочих коліс вентиляторів передбачає:

- визначення фактичної товщини зношеної обшивки профільної крилоподібної загнutoї назад лопатки робочого колеса радіального вентилятора за допомогою імпульсного ультразвукового товщиноміра, що в обмірюваній товщині зношеної обшивки δ_3 містить у собі корозійний шар донної поверхні лопатки $\Delta_{к.вн}$, товщина якого залежить від умов і терміну експлуатації вентилятора. Тож фактичну товщину визначають за формулою

$$\delta_{\phi} = \delta_3 - \Delta_{к.вн}$$

де δ_3 – товщина обшивки, визначена імпульсним товщиноміром, мм;

$\Delta_{к.вн}$ – товщина корозійного шару донної поверхні обшивки лопатки, мм.

Уважається, що товщини внутрішнього і зовнішнього корозійних шарів є однаковими:

$$\Delta_{к.вн} = \Delta_{к.зов}$$

- розрахунок для визначення показників напруженого стану елементів коліс осьових і радіальних вентиляторів та встановлення коефіцієнтів запасу міцності металу зношених робочих коліс.

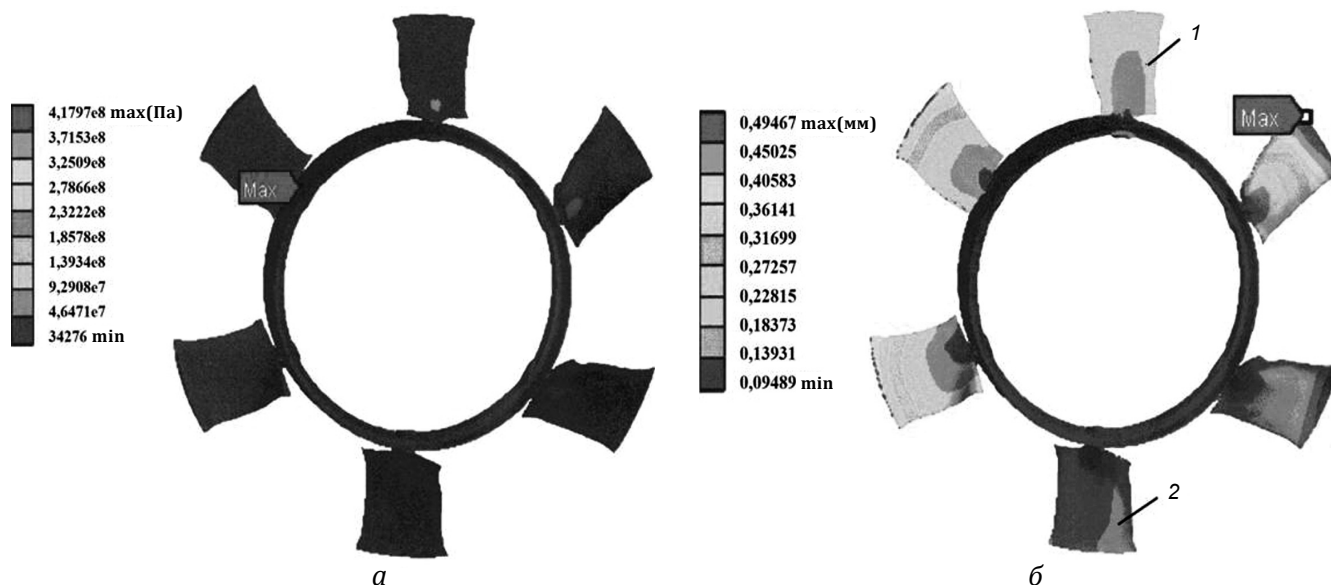


Рис. 1. Якісна й кількісна оцінка стану ротора осьового вентилятора ВОД-30 після нормативного терміну його експлуатації: *а* – напруженість в металі роторів; *б* – знос металу; 1, 2 – нові лопатки з мінімальним зносом.

Результуючу напруженість у верхньому перетині лопатки робочого колеса вентилятора ВОД-30 визначають за формулою

$$\sigma_{рез} = \sqrt{(\sigma_{роз} + \sigma_{зг} + \sigma_{зг}^{3C})^2 + 4\tau^2}, \quad (7)$$

де $\sigma_{роз}$ – напруженість розтягу від відцентрових сил;
 $\sigma_{зг}$ – напруженість згину від аеродинамічних сил;
 $\sigma_{зг}^{3C}$ – напруженість згину в разі зсуву центру тяжіння лопатки від розрахункового;
 τ – напруженість кручення.

Статичну міцність по границі текучості матеріалу лопатки визначають за формулою

$$C = \sigma_s / \sigma_{рез}, \quad (8)$$

її значення має бути $n \geq 2$.

Завдяки використанню новітньої обчислювальної техніки поряд із традиційними методами оцінювання технічного стану діючого устаткування стало можливим застосування сучасних методів комп'ютерної обробки та відповідного відображення результатів обстежень з метою ретельнішого дослідження особливо складних, відповідальних і важкодоступних вузлів та окремих частин устаткування.

Приклади якісної і кількісної оцінки стану роторів осьових і радіальних вентиляторів, що відпрацювали нормативний термін експлуата-

ції, зображено на рис. 1 і 2, де напруженість металу наведена в паскалях, а товщина металу – в міліметрах. На рис. 1, *а* і 2, *а* зображено розподіл полів напружень в металі роторів. Розрахунки виконувалися методом кінцевих елементів у пакеті програм ANSYS-13. Використання кольорових шкал дає змогу визначити зони найбільшої інтенсивності напружень.

Характер зносу металу (рис. 1, *б* і 2, *б*) вказує на місця найбільш можливих пошкоджень під час подальшої експлуатації роторів. На рис. 1, *б* видно, що знос лопаток 1 і 2 значно менший, ніж на інших, установлених на роторі, що свідчить про їх недавню заміну.

Навіть цей неповний перелік важливих і відповідальних робіт зі збереження працездатності діючого устаткування головних технологічних комплексів шахт в екстремальних умовах, виконання потрібних ремонтів і настрійок, проведення своєчасної і достовірної оцінки технічного стану устаткування забезпечить значне зростання відповідальності фахівців енергомеханічних служб підприємств вугільної галузі за їх виконання, що потребує практичних знань.

Забезпечення потрібного професійного рівня фахівців можливе за умови постійного оновлення знань щодо сучасних систем технічного обслуговування діючого устаткуван-

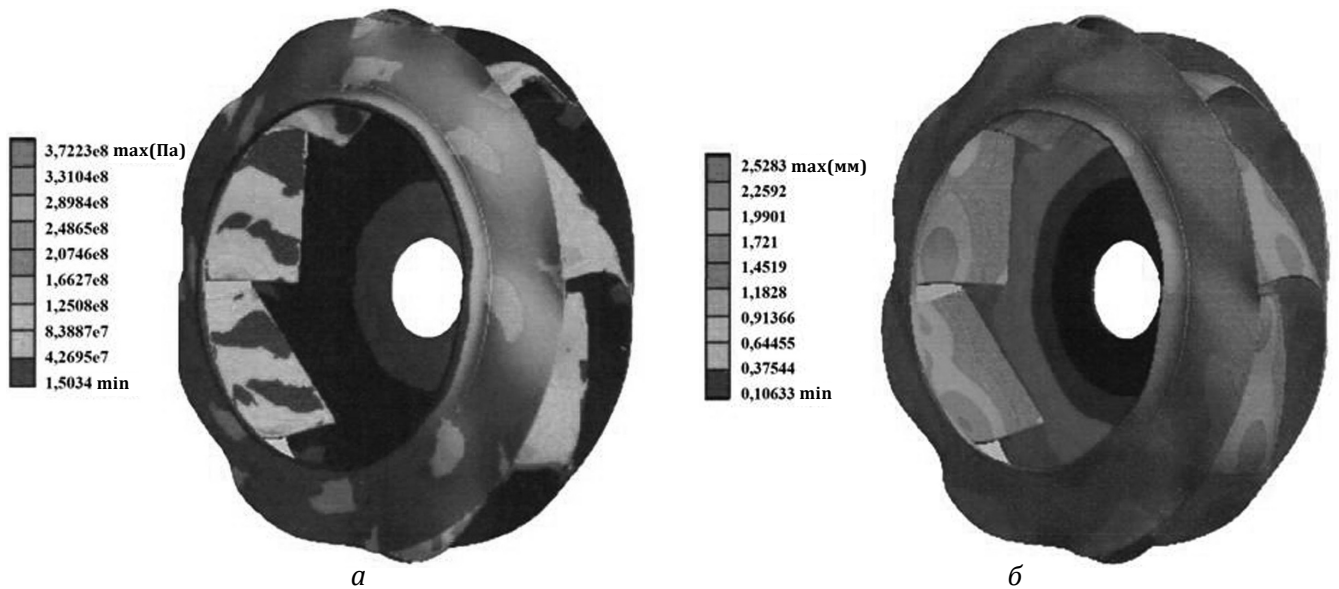


Рис. 2. Якісна й кількісна оцінка стану ротора радіального вентилятора ВЦД-31,5М2 після нормативного терміну його експлуатації: *а* – напруженість у металі роторів; *б* – знос металу.

ня, оцінки його стану, обміну досвідом із працівниками інших підприємств, ремонтних заводів і налагоджувальних управлінь, забезпечення технічними посібниками і насамперед за умови періодичної перепідготовки фахівців у галузевих навчальних центрах.

На більшості шахт спостерігається негативна тенденція до скорочення чисельності професійно підготовлених фахівців з ремонту і обслуговування ШСУ. Проблема підвищення професійно-кваліфікаційного рівня посадових осіб і спеціалістів енергомеханічних служб гірничодобувних підприємств є дуже актуальною через відсутність розроблених навчальних програм і посібників, взаємозв'язку між освітою і виробництвом.

Підготовка і підвищення кваліфікації спеціалістів енергомеханічних служб спрямовані на:

- забезпечення пристосування професійної кваліфікації до нових тенденцій у технічному й фаховому рівні працівників для більш конкретних робочих функцій;
- поглиблення, розширення та доповнення раніше набутої кваліфікації;
- вивчення законодавчих і нормативних документів, що впроваджуються в Україні для підвищення безпеки та ефективності ШСУ, сучасних досягнень науки, техніки й технологій у галузі охорони праці;

- підготовку професійної кар'єри, перехід на вищий рівень кваліфікації.

Основна мета підготовки й навчання персоналу – надання, оновлення та вдосконалення знань і вмінь, які необхідні для вирішення питань підвищення ефективності експлуатації ШСУ, охорони праці та промислової безпеки, а також кваліфікованого виконання своїх обов'язків.

У навчальному центрі НДІГМ імені М. М. Федорова навчання здійснюється за програмами, що затверджені Міністерством енергетики та вугільної промисловості України і погоджені з Держнаглядом охорони праці України. У програмах ураховано пропозиції і вимоги останнього часу до системи підвищення кваліфікації та перепідготовки керівних працівників і фахівців.

Виконання навчальної програми реалізується читанням лекцій, розбором виробничих ситуацій, проведенням занять у виробничих умовах, участю слухачів у науково-практичних конференціях. Це позитивно впливатиме на діяльність підприємства, оскільки забезпечить зростання продуктивності праці робітників завдяки підвищенню кваліфікації. Підвищення продуктивності праці зумовить збільшення обсягів продукції і зменшення витрат на її виготовлення.

ЛІТЕРАТУРА

Висновки. Розроблені галузеві стандарти визначають сукупність і послідовність дій експертної організації з проведення експертизи промислової безпеки ШСУ, що перебувають в експлуатації, установлюють обсяги та методи обстежень з метою виявлення внутрішніх резервів для їх подальшої безпечної і безаварійної експлуатації. Методичні вказівки обов'язкові для експертних організацій, що мають ліцензію на право проведення експертизи промислової безпеки, і організацій, які експлуатують стаціонарні установки у вугільній і гірничодобувній промисловості.

Упровадження сучасних технологій діагностування стану гірничошахтного устаткування та підвищення коефіцієнта його використання і продовження ресурсу дасть змогу скоротити витрати приблизно на третину, що зумовить зниження на 10 % середньої вартості 1 т вугілля.

Ефективність вугільного виробництва багато в чому залежить від професійно-кваліфікаційного рівня посадових осіб, фахівців енергомеханічних служб гірничодобувних підприємств, від відповідності рівня їх підготовки вимогам науково-технічного прогресу. Основні тенденції у сфері професійної орієнтації, підготовки й підвищення кваліфікації відображають дедалі більшу потребу в робітничих кадрах високої кваліфікації. Удосконалення організації виробництва, розширення і прискорення науково-технічного прогресу ставить високі вимоги до рівня підготовки кадрів, від професійного складу яких залежить ефективне використання гірничої техніки. Навчання в рамках навчального центру доповнює знання, набуті у виші, дає можливість ознайомитися з досвідом виконання найскладніших робіт, з технологіями ліквідації аварій, запобігання виникненню небезпечних ситуацій під час експлуатації устаткування, сприяє вдосконаленню професійних знань.

1. *Правила безпеки у вугільних шахтах.* – Харків: Форт, 2010. – 244 с.
2. *Коваль А. Н.* Остаточный ресурс механической части длительно действующих подъемов / А. Н. Коваль, В. А. Пристром // Уголь Украины. – 2009. – № 4. – С. 28–31.
3. *Устаткування шахтних стаціонарних установок.* Настанова з розрахунку залишкового ресурсу валів підйомальних машин, вентиляторів головного провітрювання та осей копрових шківів під час проведення технічного діагностування: СОУ-Н 10.1.00174094.012:2009. – Офіц. вид. – К.: Мінвуглепром України, 2009. – 22 с.
4. *Оцінювання технічного стану та визначення терміну безпечної експлуатації устаткування ШПУ:* СОУ 10.1.00174094.002:2005. – Офіц. вид. – К.: Мінвуглепром України, 2005. – 21 с.
5. *Правила оцінки технічного стану металевих шахтних копрів:* СОУ 10.1.00174094.007:2005. – Офіц. вид. – К.: Мінвуглепром України, 2005. – 42 с.
6. *Копрові поверхневі споруди шахт.* Паспортизація. Терміни до перших експертних обстежень технічного стану і їхня періодичність: СОУ-Н 10.1.00174094.013:2010. – Офіц. вид. – К.: Мінвуглепром України, 2010. – 34 с.
7. *Металеві шахтні копри.* Типові конструкції з мінімальним терміном монтажу для багатонавантажених одноканатних і багатоканатних підйомних установок: СОУ-Н10.1.00174094.014:2010. – Офіц. вид. – К.: Мінвуглепром України, 2010. – 28 с.
8. *Жорстке армування вертикальних стволів шахт.* Вимоги до контролювання: СОУ 10.1.00174094.003:2005. – Офіц. вид. – К.: Мінвуглепром України, 2005. – 15 с.
9. *Шахтні підвісні пристрої і парашути.* Вимоги до контролювання: СОУ 10.1.00174094.006:2005. – Офіц. вид. – К.: Мінвуглепром України, 2005. – 63 с.
10. *Устаткування вертикальністю стволів шахт.* Вимоги до технічного обслуговування і ремонту: СОУ 10.1.00174094.005:2005. – Офіц. вид. – К.: Мінвуглепром України, 2005. – 130 с.
11. *Пристрої перекриття вертикальних стволів та похилих виробок шахт.* Загальні технічні вимоги: СОУ 10.1.00174094.004:2005. – Офіц. вид. – К.: Мінвуглепром України, 2005. – 15 с.
12. *Шахтні вентиляційні установки.* Оцінка стану елементів робочих коліс вентиляторів головного провітрювання шахт, які відробили нормативний термін: СОУ-Н 10.1.00174094.011:2008. – Офіц. вид. – К.: Мінвуглепром України, 2008. – 28 с.