

КОНТРОЛЬ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ НЕСУЧИХ КОНСТРУКЦІЙ МЕТАЛЕВИХ ШАХТНИХ КОПРІВ В ПРОЦЕСІ ЇХ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

В.А. Куліш, Е.С. Крилов

ДП «Інститут «УкрНДПроект» Мінералогічного України, 03142, м. Київ, просп. Академіка Паладіна, 46/2.
E-mail: post.unp@ukr.net

В ДП «Інститут «УкрНДПроект» проведені науково-технічні дослідження, по результатах яких розроблені галузеві нормативно-технічні документи (НТД) СОУ-Н10.1.00174125.001:2012 «Порядок і організація обстеження металевих копрів» та КД 12.005-94 (зі змінами) «Металеві конструкції шахтних копрів. Вимоги до експлуатації», які регламентують процедури контролю і оцінки технічного стану несучих металевих конструкцій шахтних копрів в процесі їх обстеження і експлуатації. Вони відповідають вимогам діючого законодавства і нормативних документів та сприяють підвищенню безпеки і надійності експлуатації шахтних копрів за рахунок своєчасного отримання інформації про їх фактичний технічний стан. Бібліогр. 9, табл. 3, рис. 5.

Ключові слова: контроль, технічний стан, науково-технічне дослідження, несуча конструкція, металевий шахтний копер, дефект, обстеження, перевірний розрахунок.

В теперішній час в Україні одними з найрозповсюджених і відповідальних видів гірничотехнічних споруд шахтної поверхні є металеві копри (рис. 1), які були побудовані 40–60 років тому, в результаті чого спрацювання їх становить більше 50 % і має тенденцію до зростання. В той же час нормативний строк служби їх складає 35–55 років.

В металевих копрах основною частиною є металеві конструкції (МК), які складають 50–70 % маси копра, небезпека руйнування яких значно вища, ніж механізмів, і тому лімітуючим фактором працездатності є технічний стан МК.

В цій ситуації актуальною є проблема визначення можливості експлуатації копрів з використанням терміном служби, яка може бути вирішена по результатах контролю технічного стану несучих МК.

Зокрема вирішення цієї проблеми регламентується Постановою Кабміну від 26.05.2004 р. № 687 «Порядок проведення огляду, випробування та експертного обстеження (технічного діагностування) машин, механізмів, устаткування підвищеної небезпеки» [1].

Технічний стан копрів визначається в процесі їх оглядів, інструментальних обстежень та паспортизації, які являють собою комплекс заходів виявлення дефектів і пошкоджень конструкцій, оцінки технічного стану і визначення працездатності [2, 3].

Враховуючи вищезазначене ДП «Інститут «УкрНДПроект» провело науково-технічні дослідження, за результатами яких були розроблені нормативно-технічні документи, що регламентують порядок і організацію обстеження металевих копрів, а також вимоги до експлуатації їх несучих конструкцій.

Результати проведених досліджень мають наукову новизну в вугільній галузі України в частині:

– класифікації дефектів і пошкоджень несучих МК споруд шахтної поверхні (зокрема копрів) з урахуванням [4]:

а) гранично припустимих значень параметрів дефектів при працездатному технічному стані;

б) методів контролю та нормативних документів, по яких він здійснюється;

в) категорії небезпечності за ДБН 362-92 [5].

Завдяки цьому в процесі обстеження МК копрів в першу чергу виявляються дефекти і пошкодження в місцях концентрації напружень металевих ферм і балок з урахуванням ступеню небезпеки цих дефектів.

– розробки методики акустико-емісійного контролю несучих МК, яка передбачає схему навантаження для кожного вузла (елемента) за допомогою

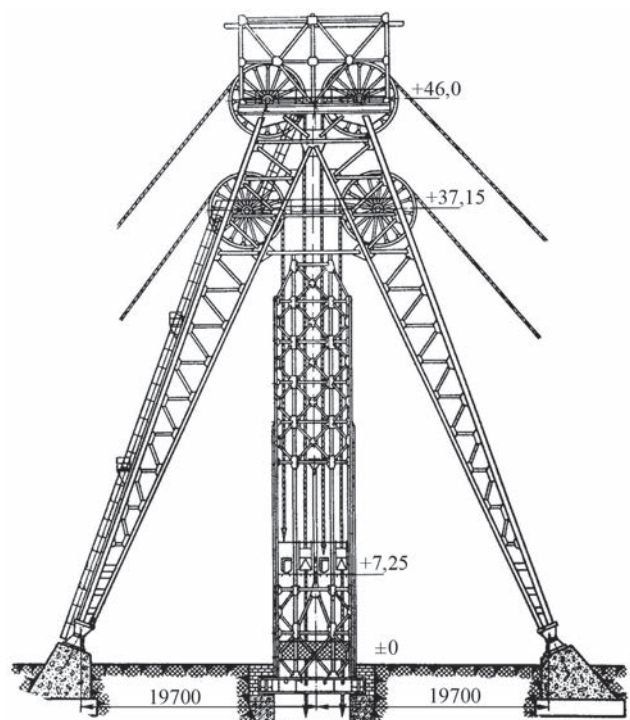


Рис. 1. Металевий шахтний копер шатрової системи

Таблиця 1. Дефекти і пошкодження елементів і вузлів металоконструкцій копрів, які виявляються при обстеженні

Найменування вузлів і елементів металоконструкцій	Види пошкоджень							
	Вигнутість, скрученість	Увігнутість (опуклість)	Вирізи	Корозія	Тріщини в метали, розшарування	Дефекти зварних швів	Ослаблення кріплення	Різкі
1. Підкопрова рама								
1.1. Опорні вузли головних балок	-	+	+	+	+	+	+	+
1.2. Вузли сполучення балок зі стійками станка	-	+	+	+	+	+	+	+
1.3. Вузли сполучення головних та допоміжних балок	-	+	+	+	+	+	+	+
1.4. Балки	+	+	+	+	+	+	+	+
2. Станок копра								
2.1. Опорні балки	+	+	+	+	+	+	-	+
2.2. Сійки	+	+	+	+	+	+	+	+
2.3. Вузли кріплення елементів решітки	-	+	-	+	+	+	+	+
2.4. Вузли кріплення елементів решітки до стійок	-	+	+	+	+	+	+	+
2.5. Елементи решітки ферм	+	+	+	+	+	+	+	+
2.6. Розстріли	+	+	+	+	+	+	+	+
2.7. Площадка під амортизатори	+	+	+	+	+	+	+	+
2.8. Обшивка станка	-	+	+	+	+	+	+	+
3. Голівка копра								
3.1. Підшківна ферма (елементи ферми, фасонки)	+	+	+	+	+	+	+	+
3.2. Опорні підкоси	+	+	-	+	+	-	+	+
3.3. Вузли обпирання підшківних ферм на головні балки укосини	-	+	-	+	+	+	+	+
3.4. Вузли примикання підшківних ферм до опорних балок станка	-	+	-	+	+	+	+	+
3.5. Надбудова для монтажу шківів (елементи надбудови, фасонки)	+	+	+	+	+	+	+	+
3.6. Елементи зв'язків головки копра	+	+	+	+	+	+	-	+
4. Укосина								
4.1. Вузли обпирання віток укосини на фундаменти (опорні ребра, фасонки)	+	+	-	+	+	+	+	+
4.2. Вітки (головні балки) укосини (верхній пояс, нижній пояс, стінка, опорні ребра, ребра жорсткості)	+	+	+	+	+	+	+	+
4.3. Ферми укосини і підпірки під укосину	+	+	+	+	+	+	+	+
4.3.1. Елементи решітки ферм	+	+	+	+	+	-	-	+
4.3.2. Вузли кріплення елементів решітки	-	+	-	+	+	+	+	+
4.3.3. Вузли кріплення елементів решітки до балок укосини	-	+	-	+	+	+	+	+
4.4. Вузол сполучення віток (головних балок) укосини з голівкою копра	-	+	-	+	+	+	+	+

Примітка: «+» – перевірка на присутність пошкодження; «-» – перевірка не проводиться.



Рис. 2. Корозія металевих листів і балок із двотавра підкопрові рами копра

робочих і холостих режимів роботи копрів (розроблені спеціальні карти режимів навантаження).

Для інструментальних обстежень МК копрів використовуються як традиційні методи НК (радіографічний, ультразвуковий, магнітний та інші), так і перспективні (акустико-емісійний (АЕ)).

АЕ метод контролю дозволяє накопичувати інформацію про динаміку виникнення і розвиток пошкоджень в металі в процесі навантаження і деформування МК з наступною інтегральною оцінкою технічного стану.

До того ж, виявлені за допомогою АЕ контролю дефекти (особливо тріщини), розвиваються і є особливо небезпечними. Тому при використанні

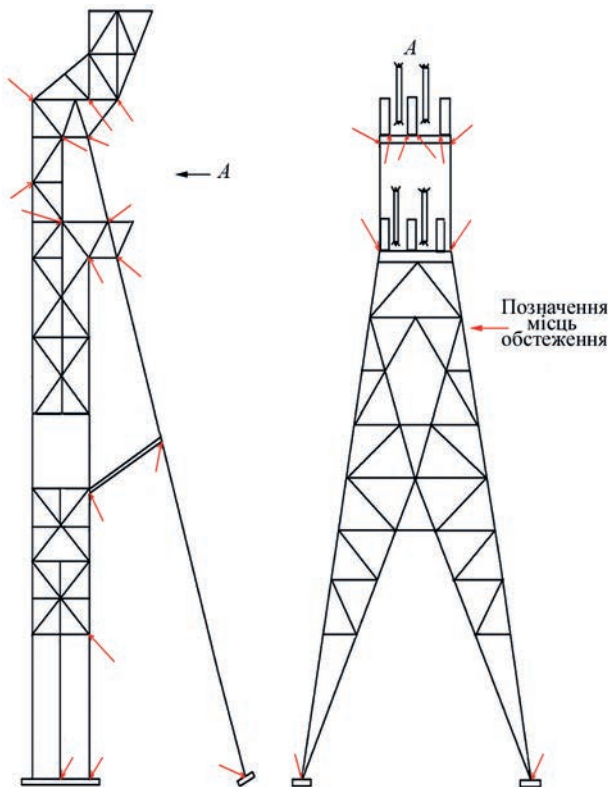


Рис. 3. Місця обстеження металоконструкцій копра станкової системи

цього методу питання про ступінь небезпечності вирішується автоматично.

В ДП «Інститут «УкрНДІпроект» розроблені, виготовлені і пройшли успішно випробування в стендових і виробничих умовах комплекси АЕ контролю «КАРАТ» і «КОМПАС».

Серед традиційних методів і засобів контролю при обстеженні металевих копрів, в основному, застосовуються наступні методи [4]:

- ультразвуковий – дефектоскопи УД2-70, серія DFX, товщиноміри ЕУЗ-1, ТУЗ-2;
- радіографічний – портативні рентгеновські апарати серій SITE-X, РАТМИР-160; РАТМИР-190;
- магнітопорошковий – магнітні дефектоскопи DA750, DA1500;
- капілярний (кольоровий) – комплект OVER-SHECK для капілярного контролю.

На рис. 2 наведено несучі МК підкопрових рам копра, які пошкоджені атмосферною корозією і шахтними водами в процесі його експлуатації на шахті «Степова» ДП «Львіввугілля».

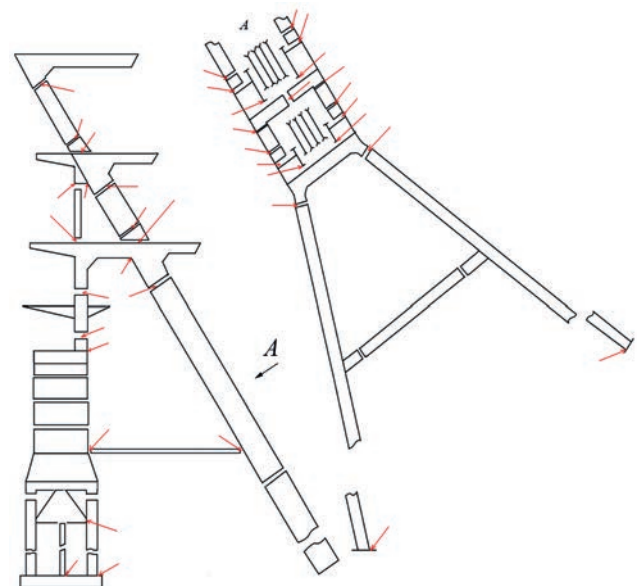


Рис. 4. Місця обстеження металоконструкцій копра напівшатрової системи

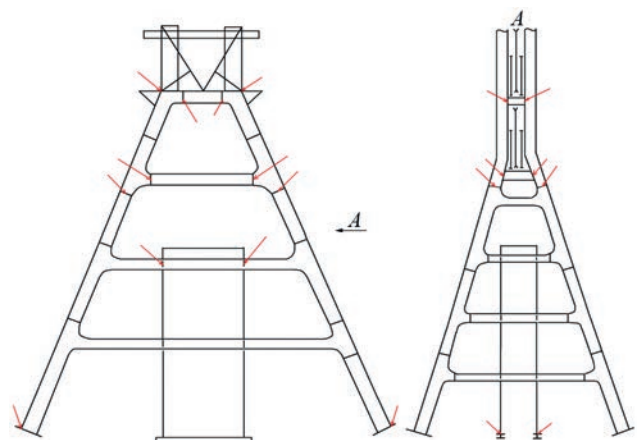


Рис. 5. Місця обстеження металоконструкцій копра шатрової системи

Дослідження і впровадження розробок в наведених вище напрямках проводились впродовж декількох років на металевих шахтних копрах різних конструкцій і призначення, які експлуатуються на шахтах вугільної галузі України, а саме:

- ДП «Львіввугілля»
- ДП «Красноармейськвугілля»
- ДП «Волиньвугілля»
- ДП «Шахтарськантрацит»
- ДП «Дзержинськвугілля»
- ДП «Ровенькиантрацит»
- ДП «Донецька вугільна енергетична компанія».

В процесі обстеження копрів виявленню підлягають дефекти і пошкодження в місцях, наведених в табл. 1 та рис. 3–5 та які класифіковані по категоріях небезпечності згідно ДБН 362-92 [5].

У випадку, якщо виявлені дефекти і пошкодження знижують міцність конструкцій або призводять до їх непроєктних навантажень, необхідно виконувати перевірний розрахунок несучих МК.

Розрахункові системи конструкцій (умови спирання, геометрія, розрізи, перетини, в т. ч. ослаблені) приймаються по результатах обстеження, з врахуванням виявлених дефектів і пошкоджень.

Розрахунок МК шахтних копрів проводиться за методом граничних станів згідно вимог ДБН В. 1.2-14-2009 та ДБН В. 2.6-163:2010 [6, 7], які забезпечують надійність копра як в процесі його експлуатації за основним призначенням, так і при проходці ствола і будівництві копра. При цьому розрахунок проводиться по першій і другій групам граничних станів.

Таблиця 2. Перелік конструкцій копрів і їх елементів з класифікацією за групами і категоріями [7]

Конструкція та елемент	Група конструкцій по ДБНВ.2.6-163:2010	Категорія	
		за призначенням	за напруженим станом
1. Підкопрова рама:			
1) Балки, фасонки, опорні ребра;	1	А	II
2) опорні плити;	3	Б	II
3) ребра жорсткості	4	В	III
2. Станок:			
1) основні елементи станка, які належать до конструкцій в'язів (вітки, грати);	2	А	III
2) листова оболонка станка оболонкової конструкції або обшивка станка стрижневої системи, яка включена в силову схему;	2	А	III
3) фасонки;	1	А	II
4) розпори;	2	Б	I
5) балки спирання протипожежних яд, балки майданчиків для посадки посудин, балки парашутних та амортизуючих пристроїв, розвантажувальні криві скіпових підйомів;	1	А	I
6) балки перекриття станка;	3	Б	II
7) обшивка, яка виконує тільки функцію огороження (зокрема ребра жорсткості і фахверк)	4	В	III
3. Укосини:			
1) основні елементи укосини (вітки і розподільні балки, ригелі укосин рамного типу, опорні ребра розподільних балок);	2	А	III
2) в'язи між витками;	3	Б	III
3) фасонки в'язів;	1	А	II
4) опорні бази віток;	3	Б	II
5) грати двоплощинних в'язів, діафрагми, ребра жорсткості	4	В	III
4. Головка:			
1) підшківні і фасадні ферми, балки, які безпосередньо сприймають навантаження від шківів;	1	А	I
2) ребра балок, які передають великі зосереджені сили, опорні ребра;	1	А	II
3) фасонки;	1	А	II
4) балки, які забезпечують спільну роботу укосини і станка;	2	А	III
5) горизонтальні в'язи;	3	Б	II
6) грати, які з'єднують елементи підшківних і фасадних ферм, діафрагми елементів коробчастого перетину	4	В	III
5. Горизонтальні в'язи між станком і укосиною:			
1) основні елементи;	3	Б	III
2) фасонки	2	А	III
6. Пристрій для зміни шківів	2	А	III
7. Допоміжні конструкції:			
1) косоури сходин;	2	А	III
2) інші елементи сходин, майданчика, обгороджування	4	В	III

Примітка. 1) Елементи, які сприймають зусилля розтягнення в напрямку товщини прокату, слід відносити до групи 1. 2) Невантажені елементи (з напруженням менше $0,2 R_y$ (розрахункового опору основного металу)), які призначені тільки для зменшення розрахункової довжини інших елементів, допускається відносити до групи 4 і категоріям В та III.

Конструкції копра та їх елементи поділяються на три категорії в залежності від наслідків, які викликані їх відмовою.

А – основні несучі конструкції або конструкції, які поєднують несучі і огорожувальні функції, а також елементи, відмова яких може призвести до повної непридатності копра до експлуатації в цілому, або значної його частини;

Б – допоміжні несучі функції, які поєднують несучі і огорожувальні функції, а також елементи, відмова яких може призвести до утруднення нормальної експлуатації копра або до відмови інших конструкцій, які не належать до категорії А;

В – допоміжні несучі і огорожувальні конструкції, відмова яких не призводить до порушення експлуатаційних вимог, які пред'являються до інших конструкцій.

Перелік конструкцій копра та їх елементів з класифікацією по групах і категоріях наведені в табл. 2.

Навантаження і впливи на шахтні копри приймаються згідно вимог СНиП 2.01.07-85 (актуалізована редакція) і паспортними даними підйомних машин і устаткування.

Види навантажень копрів з класифікацією за СНиП 2.01.07-85 (актуалізована редакція) і коефіцієнти надійності по навантаженню наведені в табл. 3.

Таблиця 3. Класифікація навантажень копрів

Класифікація навантажень за СНиП 2.01.07-85	Вид навантажень	Коефіцієнт надійності за навантаженням, γ_f
Постійні	1. Вага несучих і огорожувальних металевих конструкцій, розпорів, провідників, майданчиків і сходів.	1,05
	2. Вага бетонних, залізобетонних і кам'яних фундаментів з середньою щільністю не менше 1600 кг/м ³ .	1,1
	3. Вага зворотньої засипки ґрунту на фундаментах ¹ .	1,15
	4. Вага споруд, які спираються на копер ¹ .	розрахункові
Тимчасові, тривалі	5. Вага стаціонарного обладнання (шківів, амортизаторів, парашутних пристроїв, посудин, вагонеток, підйомних і урівноважувальних канатів).	1,05
	6. Вага вантажів, що переміщуються:	1,2
	1) насипних;	1,1
	2) інших.	1,2
	7. Зусилля натягу канатних провідників.	1,3
	8. Динамічні навантаження від коливань посудин на канатах в нормальному робочому режимі.	1,3
	9. Динамічні навантаження на копер від нерівноважених мас відхиляючих шківів, які обертаються в робочому режимі.	1,2
	10. Тиск, який викликаний депресією або компресією.	розрахункові
	11. Навантаження, які передаються на копер спорудами, що спираються на нього і впливають тривалий час.	Відповідно СНиП 11-8-78 в залежності від виду деформації земної поверхні
	12. Вплив від нерівномірного осідання основи в результаті підроблення.	1,1
13. Температурні кліматичні впливи зі зменшеними нормативними значеннями.	розрахункові	
14. Впливи осідання основи від дії будівель і споруд, які розташовані рядом.	розрахункові	
Короткочасні	15. Навантаження від обладнання, які виникають в пусканалагоджувальному режимі (пуск і зупинка приводів для підйому-спускання ляд).	1,0
	16. Навантаження, які виникають при монтажу, транспортуванні, заміні канатів і шківів.	1,2
	17. Навантаження, які виникають при використанні копра для проходки ствола.	1,2
	18. Розподілене навантаження на сходи, сходові майданчики і майданчики для обслуговування при величині:	1,3
	до 2 кПа	1,2
	більше 2 кПа	розрахункові
	19. Навантаження від споруд, які спираються на копер і викликані дією на ці споруди короткочасних навантажень.	1,1
	20. Температурні кліматичні впливи.	1,4
21. Снігові навантаження ²	1,4	
22. Вітрові навантаження, включаючи пульсації ну складову.	1,3	
23. Навантаження від ожеледиці ²	1,2	
24. Навантаження від посадки кліті на кулаки.	1,0	
Особливі	25. Аварійні навантаження, які передаються на копер головними канатами.	1,0
	26. Навантаження, що викликані перепідйомом посудини, або спрацюванням амортизуючого пристрою.	1,0
	27. Навантаження від тормозних канатів при спрацюванні парашута.	1,0
	28. Сейсмічний вплив.	Згідно з СНиП III-7-81
	29. Вплив вибухів в зоні копра.	розрахункові
	30. Вплив при замочуванні просадних ґрунтів і осіданні в районі виробок.	розрахункові

Примітка. ¹Для перевірки основи. ²Навантаження від снігу і ожеледиці можуть не враховуватися.

Результати контролю і оцінки технічного стану МК шахтних копрів (зокрема з використанням перевірного розрахунку) заносять в паспорт технічного стану згідно НПАОП 45.2-1.01. Паспортизація технічного стану копрів, забезпечує їх періодичними обстеженнями силами спеціалізованих організацій, надає своєчасну інформацію для планування і здійснення ефективних заходів підтримання надійності, безпеки та експлуатаційної придатності копрів, а за потреби виведення їх із небезпечного стану (аж до ліквідації).

Багаторічний досвід проведення обстежень копрів в різних регіонах України, а також розробки НТД для їх реалізації, дозволили ДП «Інститут «УкрНДДПроект» розробити наступні галузеві НТД [8, 9]:

– СОУ-Н10.1.00174125.001:2012. Порядок і організація обстеження металевих копрів.

– КД 12.005-94 (із змінами). Металеві конструкції шахтних копрів. Вимоги до експлуатації.

Висновки

За результатами проведених багаторічних науково-технічних досліджень шахтних копрів в ДП «Інститут «УкрНДДПроект» розроблені галузеві НТД, які регламентують процедури контролю і оцінки технічного стану металевих копрів в процесі їх обстеження і паспортизації, а також вимоги до їх експлуатації.

Впровадження на шахтах рекомендацій цих документів дозволяє:

– оцінювати термін безпечної експлуатації несучих конструкцій копрів;

– встановлювати елементи несучих копрів, які потребують ремонту конструкцій або заміни;

– забезпечувати прогноз залишкового ресурсу елементів несучих конструкцій копрів та обґрунтування подовження терміну їх безпечної експлуатації;

– визначати перелік та забезпечення показників надійності елементів несучих конструкцій копрів з урахуванням відмов;

– визначити конструктивні, технологічні та експлуатаційні обмеження, що забезпечують роз-

рахунковий термін служби конструкцій при обслуговуванні їх згідно з фактичним станом.

Список літератури

1. Постанова Кабміну України від 26.05.2004 № 687. *Порядок проведення огляду, випробування та експертного обстеження (технічного діагностування) машин, механізмів, устаткування підвищеної небезпеки.*
2. НПАОП 10.0-1.01-10. *Правила безпеки у вугільних шахтах.*
3. НПАОП 45.2-1.01-98. *Правила обстежень, оцінки технічного стану та паспортизації виробничих будівель та споруд.*
4. Куліш В.А., Крилов Е.С. (2018) Контроль і оцінка технічного стану металевих конструкцій будівель і споруд шахтної поверхні. *Техническая диагностика и неразрушающий контроль*, **1**, 47–52.
5. ДБН362-92. *Оцінка технічного стану сталевих конструкцій виробничих будівель і споруд, що знаходяться в експлуатації.*
6. ДБН В.1.2-14-2009. *Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель, споруд, будівельних конструкцій та основ.*
7. ДБН В.2.6-163:2010. *Сталеві конструкції. Норми проектування, виготовлення і монтажу.*
8. СОУ-Н10.1.00174125.001:2012. *Порядок і організація обстеження металевих копрів. Стандарт Міненерговугілля України.*
9. КД 12.005-94 (зі змінами). *Металеві конструкції шахтних копрів. Вимоги до експлуатації. Керівний документ Міненерговугілля України.*

References

1. Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine of 26.05.2004 No. 687: *Procedure for conducting inspection, testing and expert examination (technical diagnostics) of high-risk machines, mechanisms and equipment* [in Ukrainian].
2. NPAOP 10.0-1.01-10: *Safety rules in coal mines* [in Ukrainian].
3. NPAOP 45.2-1.01-98: *Rules for inspection, assessment of technical conditions and certification of industrial buildings and structures* [in Ukrainian].
4. Kulish, V.A., Krylov, E.S. (2018) Monitoring and assessment of the technical condition of metal structures of buildings and constructions of mine surface. *Tekh. Diagnost. i Nerazrush. Kontrol*, **1**, 47-52 [in Ukrainian].
5. DBN362-92: *Evaluation of technical condition of steel structures of production buildings and facilities in operation* [in Ukrainian].
6. DBN V.1.2-14-2009: *General principles for ensuring the reliability and constructive safety of buildings, facilities, civil structures and bases* [in Ukrainian].
7. DBN V.2.6-163:2010: *Steel structures. Standards of design, manufacturing and installation* [in Ukrainian].
8. SOU-T10.1.00174125.001:2012: *Procedure and organization of metal headgear. Standard of Ministry of Energy and Coal Industry of Ukraine* [in Ukrainian].
9. KD 12.005-94 (modified): *Metal structures of shaft headgears. Operating requirements. Directives of Ministry of Energy and Coal Industry of Ukraine* [in Ukraine].

MONITORING THE TECHNICAL STATE OF LOAD-CARRYING STRUCTURES OF METAL SHAFT HEADGEAR IN OPERATION

V.A. Kulish, E.S. Krylov

SC «Інститут «УкрНДДПроект» of the Ministry of Energy and Coal Industry of Ukraine. 46/2 Akademik Palladin Prosp., Kyiv, 03142.
E-mail: post.unp@ukr.net

SC «Інститут «УкрНДДПроект» conducted scientific-technical research, the results of which were used as the base to develop industry regulatory-technical documents (RTD) SOU-N10.1.00174125.001:2012 «Procedure and organization of metal headgear inspection» and DD 12.005-94 (modified) «Metal structure of shaft headgear. Operating requirements», which regulate the procedures of monitoring and assessment of the technical condition of load-carrying metal structures of shaft headgear during their inspection and operation. They meet the requirements of current legislation and regulatory documents and promote improvement of the safety and operating reliability of shaft headgear due to timely obtaining of information on their actual technical state. 9 Ref., 3 Tabl., 5 Fig.

Keywords: monitoring, technical state, scientific-technical research, load-carrying structure, metal shaft headgear; defect, inspection, verification calculation

Надійшла до редакції 18.12.2019