

УДК 622.8:62:006:004.1

doi: [10.31474/1999-981x-2018-2-69-79](https://doi.org/10.31474/1999-981x-2018-2-69-79)

В.В. Грядуща

## УРАХУВАННЯ ПОКАЗНИКІВ НАДІЙНОСТІ УСТАТКУВАННЯ ПРИ УПРАВЛІННІ РИЗИКАМИ В СИСТЕМІ ОХОРОНИ ПРАЦІ ВУГЛЕДОБУВНИХ ПІДПРИЄМСТВ

**Мета.** Метою роботи є вдосконалення методології визначення ризиків з питань охорони праці шляхом врахування показників експлуатаційної надійності устаткування.

**Методи дослідження.** У роботі застосовувалися загальні наукові методи аналізу та синтезу, моніторингу; діагностичні методи; математичного моделювання – для встановлення основних співвідношень і параметрів відмов, надійності і ризиків з питань охорони праці.

**Результати.** Розглянуто реформування системи управління охороною праці в Україні з урахуванням міжнародного досвіду та євроінтеграції, підкреслено, що пріоритетним напрямом є ризик-орієнтовний підхід. Проаналізовано існуючі методики визначення ризиків з питань охорони праці. Проаналізовано типи ризиків з питань охорони праці, та обґрунтовано, що показники надійності устаткування можуть бути використані при оцінці виробничих типів ризиків. Доведено, що розробка методики оцінки ризиків відмов шахтного вентиляторного устаткування потребує розробки й проведення аналізу критичності й наслідків відмов вентиляторів. Визначені можливі ризики та наслідки відмов шахтних вентиляторів головного провітрювання. Запропоновано методику оцінювання ризиків з питань охорони праці з урахуванням показників експлуатаційної надійності на прикладі вентиляторів головного провітрювання, що дозволяє підвищити безпеку ведення гірничих робіт в шахтах та в свою чергу покращити умови праці. Представлено приклад автоматизованої оцінки вібраційної надійності для вентилятора ВЦД-31,5 № 1, розташованого на вентиляційному стовбурі № 4 Шахти «Добропільська» (ТОВ «ДТЕК Добропільвугілля»).

**Наукова новизна.** Науковою новизною роботи є встановлення співвідношень ризиків та показників експлуатаційної надійності.

**Практична значимість.** Практичним результатом роботи можна вважати розробку методики оцінювання ризиків з урахуванням показників експлуатаційної надійності на прикладі вентиляторів головного провітрювання, що дозволяє підвищити безпеку ведення гірничих робіт в шахтах та в свою чергу покращити умови праці.

**Ключові слова:** ризик-орієнтовний, надійність, вібраційні параметри, відмова, несправність, безпека.

### Вступ.

Україна розпочала курс на євроінтеграцію. Відповідно до Програми інтеграції України до Європейського Союзу [1] євроінтеграція є головним і незмінним зовнішньополітичним пріоритетом України, а подальша розбудова та поглиблення взаємовідносин між Україною та ЄС здійснюється на принципах політичної асоціації та економічної інтеграції, що у свою чергу передбачає здійснення країною реформ, як правових так і соціальних.

Угода про асоціацію України з ЄС, ратифікована в 2014 році. Угода про асоціацію замінює Угоду про партнерство та співробітництво між Європейськими співтовариствами і Україною та дає змогу перейти від партнерства і співробітництва до політичної асоціації та економічної інтеграції.

Одним із найважливіших напрямів євроінтеграції є гармонізація законодавства відповідно до норм ЄС. Розвиток сфери праці відповідно до вимог ЄС представляє для України особливий інтерес, адже це шлях до

покращення роботи українських підприємств.

Станом на 2018 рік [2] Україна ратифікувала 71 конвенції МОП, з них 8 фундаментальних, 4 пріоритетних і 59 (з 177) технічних конвенцій.

В рамках Плану заходів Уряду щодо виконання Європейської соціальної хартії (переглянутої) на 2015-2019 роки розглядається питання про ратифікацію Україною ще 8 конвенцій МОП, пов'язаних з нормами охорони праці в промисловості, в тому числі вугільної.

Україна розглядається питання про ратифікацію Конвенції про основи, що сприяють безпеці та гігієні праці № 187 (2006 роки), яка визначає обов'язки роботодавців проводити роботу з виявлення, оцінки, усунення або мінімізації ризиків.

Більшість з прийнятих конвенцій, а також тих, які передбачається прийняти, передбачають впровадження систем управління охороною праці, заснованих на управлінні ризиками.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Відповідно до Протоколу проведення круглого столу «Реформування системи управління охороною праці з урахуванням міжнародного досвіду» в рамках проведення XVI Міжнародного форуму «Паливно-енергетичний комплекс України: сьогодні та майбутнє» [3] розглядалися стан законодавчого та нормативно-правового забезпечення ПЕК з питань охорони праці та промислової безпеки, його відповідність міжнародно-правовим зобов'язанням України у сфері європейської інтеграції, а також проблеми, перспективи та адаптація. Було прийнято рішення вважати роботу з удосконалення системи управління охороною праці з урахуванням вимог міжнародних стандартів пріоритетним напрямком в діяльності з охорони праці на підприємствах паливно-енергетичного комплексу.

Було відмічено, що організація системи управління охороною праці та виробництвом повинні враховувати міжнародні стандарти управління охороною праці, основаних на управлінні ризиками OHSAS – 18001, ISO 9001. крім того необхідне вивчення та поширення позитивного досвіду роботи на підприємствах паливно-енергетичного комплексу (ПЕК) з питань охорони праці, а саме сучасних методик, технологій, систем і приладів, спрямованих на підвищення безпеки робіт і поліпшення умов праці працівників ПЕК.

У Європейському Союзі ризик-орієнтований підхід закріплено ст.2, 3 Європейської соціальної хартії (переглянутої), а також так звану «рамковою» Директивою № 89/391/ЄЕС Ради щодо встановлення заходів із заохочення поліпшення охорони здоров'я та безпеки праці працівників [4].

Метою цієї директиви є впровадження заходів, що сприяють поліпшенню у сфері безпеки та гігієни праці, тобто заходів превентивного характеру. Для цього вона містить загальні принципи, що стосуються запобігання професійним ризикам (на мові оригіналу – occupational risk), охорони безпеки та здоров'я, виключення факторів ризику та нещасних випадків, інформування, консультування та пропорційної участі відповідно до національних законів та/або практики, навчання працівників та їх

представників, а також вказівки з імплементації цих принципів.

Таким чином, як підкреслено у [3] необхідне вивчення та поширення позитивного досвіду роботи на підприємствах паливно-енергетичного комплексу (ПЕК) з питань охорони праці, а саме сучасних методик, технологій, систем і приладів, спрямованих на підвищення безпеки робіт і поліпшення умов праці працівників ПЕК. У цьому напрямі потрібні проведення науковими установами досліджень та науково-технічних (експериментальних) розробок, впровадження кращих світових практик в системі управління охороною праці з урахуванням ризиків на підприємствах паливно-енергетичного комплексу.

#### **Мета роботи.**

Метою роботи є вдосконалення методології визначення ризиків з питань охорони праці шляхом врахування показників експлуатаційної надійності устаткування.

#### **Методи дослідження.**

У роботі застосовувалися загальні наукові методи аналізу та синтезу, моніторингу; діагностичні методи; математичного моделювання – для встановлення основних співвідношень і параметрів відмов, надійності і ризиків з питань охорони праці.

#### **Виклад основного матеріалу.**

Виходячи з міжнародного досвіду [5] та досвіду ряду вітчизняних організацій, можна стверджувати, що безперервне та ефективне вдосконалення та розвиток системи управління охороною праці (СУОП) пов'язані із запровадженням обґрунтованих методів управління ризиками на базі аналізу, оцінки та доведення рівнів ризиків до оптимальних (прийнятних) значень.

При цьому необхідно чітко визначитися з об'єктом управління та користуватися встановленими термінами, такими як «ризик», «ідентифікація небезпек», «оцінка ризиків», «управління ризиками» тощо.

Визначення терміну «ризик» Законом України «Про охорону праці» не передбачено, а в інших законодавчих і нормативних документах України з охорони

праці його [5] трактування не є однозначним. Проте всі визначення зводяться до того, що ризики формуються двома величинами – ймовірністю негативної події з урахуванням величини збитку від неї шляхом проведення розрахунків або поєднанням чи комбінацією їх за допомогою матриць ризиків.

Методика керування ризиками з питань охорони праці передбачає: 1) визначення найнебезпечніших професій та ризиків (із анкетуванням працівників); 2) розроблення порядку планування заходів з управління професійними ризиками; 3) забезпечення системності оцінки та аналізу факторів, що впливають на професійні ризики; 4) формалізація процесу контролю та аналізу професійних ризиків; 5) забезпечення системності та цільове планування організаційно-технічних заходів.



Рис. 1. Методика керування ризиками з питань охорони праці

У СУОП на рівні підприємства ключовими в проведенні процедур оцінки та управління ризиками є такі поняття як ідентифікація, ймовірність нещасного випадку та його тяжкість, оцінка ризиків та їх рівні (незначний, прийнятний, неприйнятний, неприпустимий, середній, високий) тощо [5].

При проведенні зазначених процедур необхідно перш за все визначитися, які фактори ризику передбачається аналізувати, оцінювати та чим слід управляти.

Стосовно підприємств, конкретних виробництв та робочих місць у міжнародній практиці та з досвіду ряду вітчизняних організацій найбільш поширеним методом експертної оцінки є визначення ризику на підставі матриць категорій рівня вірогідності

небезпек і рівня (ступеня) тяжкості можливих наслідків.

Розрахунок ризиків [2]:

$R = S * E * P$ , де:

R – ризик;

S – серйозність наслідків;

E – тривалість впливу небезпеки/ статистика за минулі роки

P – ймовірність настання нещасного випадку.

Чому дорівнює S? Які наслідки тягне за собою небезпека:

А) у людських втратах = .....

Б) у фінансових затратах на ліквідацію наслідків (у тому числі, виплат постраждалим, та інші непрямі витрати) = ...

Таблиця 1 – Оцінка можливих наслідків в залежності від визначеної небезпеки S

Наслідків від визначеної небезпеки S			
Значення	Збитки	Опис	
		Людські втрати	Фінансові втрати, USD
100	Катастрофи	Велика кількість людських жертв	Більше 10 млн
40	Великі аварії	Деякі смертні	3 – 10 млн.
15	Дуже великий	Один смертельний випадок	0,3 – 3 млн.
7	Великий	Серйозні поранення (шкода для здоров'я)	10000-300000
3	Середній	Втрата працездатності	1000 – 10000
1	Низький	Перша допомога	До 1000

Чому дорівнює E?

Тривалість впливу небезпечного фактору = .....

АБО

Частота подібних випадків (статистика за попередні роки) = .....

Таблиця 2 – Тривалість впливу небезпеки на підставі статистики за минулі роки

Значення E	Опис впливу
10	Постійний вплив
6	Частий (кожен день)
3	Тимчасовий (раз у тиждень)
2	Випадковий (раз на місяць)
1	Мінімальний (декілька разів на рік)
0,5	Ізольований (раз на рік)

Чому дорівнює Р? Наскільки ймовірно обрушення? (виходячи із значення Е)

**Таблиця 3** – Оцінка ймовірності настання нещасного випадку

Ймовірності Р		
Значення Р	Опис	Процент ймовірності
10	Дуже ймовірно	50
6	Ймовірно	10
3	Не дуже ймовірно (але можливо)	1
1	Можливо рідко	0,1
0,5	Можна взяти до уваги	0,01
0,2	Практично неможливо	0,001
0,1	Можливо чисто теоретично	0,0001

$$R = S * E * P$$

**Таблиця 4** – Визначення категорії ризику

Категорія ризику	Значення
Незначний	менш 20
Низький	20 – 70
Середній	70 – 200
Високий	200 – 400
Дуже високий	Більше 400

Об'єктами оцінки ризиків є шкідливі та небезпечні виробничі фактори, що можуть призвести до травмування та професійних захворювань працівників.

При проведенні оцінювання враховується тільки один фактор ризику, який визначається наявністю шкідливого і небезпечного виробничого чинника безпосередньо на робочих місцях, робочих зонах або сукупності робочих місць, об'єднаних технологічним процесом [2,5].

У статті запропоновано враховувати показники надійності устаткування при управлінні ризиками в системі охорони праці вугледобувних підприємств. Розрахунки представлені на прикладі оцінки надійності шахтних вентиляторів головного провітрювання.

Як відомо [6] застарілий і зношений фонд шахтних вентиляторів України вимагає постійного моніторингу й діагностики. Однак визначення загального стану машин, а також їх окремих вузлів і деталей, виявлення несправностей і прогнозування відмов не

дають всебічної відповіді на запитання про доцільність експлуатації з погляду безпеки.

На сьогодні в Україні немає єдиної методики для оцінки ризиків можливих відмов вентиляторів головного провітрювання. Ризики розглядаються в основному з технічної точки зору, не зачіпаючи безпеку праці, економічну сторону й оцінку масштабу наслідків (Рис.2).

На першому етапі розробки методики оцінки ризиків відмов шахтного вентиляторного встаткування необхідні розробка й проведення аналізу критичності й наслідків відмов вентиляторів.

Несправний стан неминучий поступово або миттєво приводить вентиляторний агрегат до втрати працездатності (відмови). Спостерігаючи за зовнішніми проявами відмов, можна бачити, що вони приводять до різних наслідків – повне припинення роботи вентилятора, погіршення її характеристик, тимчасове припинення роботи з наступним відновленням і т.п. Тому при експлуатації необхідно розділяти несправності по їхньому впливу на працездатність, а відмови – по формах небажаних наслідків і ступені серйозності (критичності) [7].

Як показано в [7], до першої групи ставляться несправності, що не приводять до негайної відмови й зупинці вентилятора. Як приклад можуть виступати несправності типу ослаблення кріплення на невідповідальних елементах устаткування вентиляторних агрегатів, відшарування покриття на сталевих металевих елементах, течі масла через ущільнення, підвищення температури підшипників і т.п.

До другої групи несправностей відносять такі несправності, через які вентилятор перестає повністю або частково виконувати свої функції і які викликають граничні стани основних вузлів.

Третя група несправностей (як правило, аварійні стани) – це несправності, що негайно приводять до втрати працездатності. Згідно з вимогами безпеки, такі несправності повинні або бути виключені, або мати протягом усього встановленого терміну служби шахтних вентиляторів головного провітрювання досить малу ймовірність появи.

Кожний вид відмови вентиляторів необхідно ранжировать із урахуванням таких складових критичності, як інтенсивність

виникнення й вага наслідків відмови. Визначення параметрів критичності необхідно для формування процесу прийняття розв'язків по попередженню й усуненню відмов, а також визначення пріоритетності заходів щодо забезпечення безпеки в процесі експлуатації шахтних вентиляторів.

Аналіз критичності класифікує елементи по різних категоріях критичності для різних видів відмов (табл. 5).

Незалежно від розглянутих елементів і категорії відмов при аналізі наслідків порушення функціонування головних вентиляторів шахт необхідно виділяти три групи об'єктів, яким може бути нанесений збиток:

- люди – персонал, що обслуговує вентилятори при їхній експлуатації, а також робітники та службовці, перебувають у шахті;
- навколишнє середовище – ґрунт, вода, біосфера й т.п.;
- матеріальні об'єкти – безпосередньо самі головні вентиляторні агрегати, а також інше устаткування, що перебуває в шахті.

**Таблиця 5** – Ранжирування критичності відмов елементів шахтних вентиляторів головного провітрювання відповідно до ваги їх наслідків

Категорія	Наслідку відмови шахтного вентилятора головного провітрювання
I	Жертви
II	Невиконання основної функції забезпечення нормальних атмосферних умов у гірських виробітках
III	Затримки, збій або тимчасовий простій у роботі вентиляторів
IV	Додаткове, незаплановане обслуговування

На рис. 2. показані різні ризики, пов'язані з погрозою для здоров'я й життя людей, небезпекою для навколишнього середовища, а також з економічними витратами, що проявляються в різноманітних формах (травми, матеріальний збиток, втрата навколишньому середовищу й ін.).



**Рис. 2.** Структура взаємозв'язків об'єктів, яким може бути нанесений збиток при втраті працездатності головних вентиляторів шахт, що й виникають при цьому ризиків

У першу чергу, це негативні впливи на людину, що виражаються у формі індивідуального ризику, що й проявляються в якості стресової ситуації для працівника, тимчасової втрати працездатності, каліцтва (які можуть привести надалі до його загибелі, інвалідності або відновлення) і смерті. У більшості випадків індивідуальний ризик пов'язаний з недотриманням правил безпеки при технічному обслуговуванні й ремонтах вентиляторів.

Негативні впливи на людину можуть проявлятися також у формі соціального групового ризику, джерелом якого є надзвичайні ситуації. Виникнення групового ризику зв'язують із порушеннями у виконанні основної функції вентиляторів головного провітрювання – забезпеченні нормальних атмосферних умов. Так, наприклад, при припиненні подачі повітря у вибій при несвоєчаснім виведенні людей виникає серйозна небезпека ядухи або отруєння вугарними газами.\*<sup>1</sup>

Процес газовиділення на діючих і ліквідованих шахтах має різний ступінь впливу на навколишнє середовище, але завжди пов'язаний з екологічним ризиком, нерідко з істотними негативними наслідками. Незважаючи на низький зміст метану у вентиляційнім повітрі, дані викиди, особливо при припиненні вентиляції (навіть тимчасовому), є одним із джерел екологічних проблем. Існує реальна небезпека прояву шахтного метану (86,7% вугільних шахт Донецької області мають газовість), пов'язаного з його витисненням на поверхню й погрозою не тільки працюючим на шахтах,

\* Зниження вмісту кисню до 17-18% викликає у людей задишку і прискорене серцебиття, до 12% - приводить до непритомного стану, 9% - смертельний результат.

Відповідно до Правил безпеки, вміст кисню в рудничному повітрі має бути не нижче 20% [8].

але й проживаючим на територіях, прилеглих до вуглевидобувних підприємств.

Вже зараз при припиненні вентиляції в районах закритих шахт Донецької й Луганської областей шахтні води «виносять» на поверхню легкозаймистий метан, що просочується в підвали, цокольні поверхи житлових будинків, комунальні магістралі й ін., що приводить до можливості загорання газу й істотній зміні хімічного складу ґрунтів [7].

В основі технічного ризику лежать небезпека поломки вентилятора головного провітрювання, аварії або катастрофи, обумовлені технічними факторами.

В інженерній практиці термін «аварія» має широке значення. До аварій вентиляторів головного провітрювання відносять усі відмови, усунення яких вимагає значних витрат часу й засобів і які приведуть до ушкодження або знищення матеріальних цінностей, поразці або загибелі людей. Виробнича аварія пов'язана з раптовою зупинкою роботи вентилятора або порушенням установленого процесу його функціонування.

Аварії на шахтних вентиляторах головного провітрювання зв'язують [7,9] з винятковими впливами (ударними навантаженнями, навантаженнями від підривної хвилі, пожежами й т.п.) і несприятливою комбінацією звичайних навантажень із досить малою ймовірністю появи випадкових додаткових навантажень. Вихідною причиною аварії можуть служити великі помилки, допущені при проектуванні, розрахунках, виготовленні, монтажі, експлуатації й технічному обслуговуванні, а також комбінації цих помилок з несприятливими зовнішніми умовами, що не залежать від обслуговуючого персоналу.

Катастрофи – це великі аварії з більшими людськими жертвами.

Як правило, наслідком великих аварій і катастроф, пов'язаних з головними вентиляторами, є пожежі в шахтах, підземних і гірських виробітках, які можуть викликати вибухи, якісь у свою чергу можуть бути вторинною причиною пожежі, у результаті яких руйнуються виробничі будинки, ушкоджуються техніка й устаткування. У ряді випадків вони викликають загазованість атмосфери.

Економічний ризик проявляється у формі матеріального збитку, що включає такі основні

компоненти, як збиток підприємства, збиток бюджету державного соціального страхування й пенсійного фонду (витрати на виплату пенсій інвалідам праці, на санаторно-курортне лікування, оплата допомоги з тимчасової непрацездатності), а також збиток бюджету охорони здоров'я (витрати на госпіталізацію й лікування працівників).

Збиток підприємства залежно від критичності відмови полягає в додаткових витратах або недоодержанні прибутку при недовиконанні робіт.

Додаткові витрати підприємства можуть бути пов'язані з компенсаціями, доплатами й проведенням заходів внаслідок травмування й загибелі людей; витратами по фонду заробітної плати на надбавки за сумісництво, установлені на час відсутності працівника, що одержав травму; навчанням знову прийнятих працівників; додатковою оплатою понаднормових робіт при ліквідації безпосередньо аварій і їх наслідків; непередбаченим технічним обслуговуванням і ремонтами; економічними витратами, спрямованими на відновлення зіпсованих матеріалів, устаткування і т.д.

Поряд з наведеними статтями витрат, у ряді випадків повинен урахуватися збиток, пов'язаний з іншими факторами: наприклад, запобігання проникнення шахтних газів до земної поверхні, пов'язане із припиненням вентиляції, що сполучене з небезпекою загазування житлових і виробничих приміщень і запалення метану й ін.

Таким чином, економічні ризики об'єднані прямими й зворотними зв'язками як з ризиками для об'єктів, так і з ризиками для навколишнього середовища й соціальними ризиками. Крім цього, такі ж зв'язки існують і між усіма іншими наведеними групами ризиків (рис. 2.) і наслідками їх виникнення, що, у свою чергу, говорить про те, що їх не можна розглядати незалежно друг від друга.

На підставі аналізу методів виявлення несправностей з використанням основних пристроїв контролю параметрів функціонування і відповідності технічним вимогам вентиляторів і статистичного аналізу відмов підтверджено [10], що однією з найважливіших характеристик технічного стану динамічного устаткування, крім режимних параметрів, є інтенсивність вібраційних процесів, що несуть у собі інформацію про дефекти і несправності роторів, опорних і сполучних елементів,

різного роду дисбалансах, розцентруваннях, зазорах, натягу і т.п. Крім цього, рівень інтенсивності коливальних процесів свідчить про ступінь розвитку вже виявлених дефектів і несправностей.

Обґрунтовано, що оцінка змін стану шахтних вентиляторів головного провітрювання в часі на підставі вивчення трансформації їх вихідних параметрів повинна здійснюватися методами параметричної надійності. Таким чином, основою рішення проблеми оцінювання ризиків є оцінка експлуатаційної надійності та розгляд моделей взаємодії шахтних вентиляторів з навколишнім середовищем і процесами, що відбуваються в них, з одночасним урахуванням фізики явищ і природи імовірнісних процесів, змінюючих початковий стан машини, який вивчається, а в якості параметрів, що максимально повно характеризують експлуатаційну надійність вентиляторів, прийняті параметри вібрації.

У якості початкових даних при оцінці вібронадійності шахтних вентиляторів головного провітрювання нами використані дані, одержані в результаті вібромоніторингу вентиляторів діючих вентиляторних установок шахт України, працюючих в представницьких умовах (температура перемішуваного повітря 285°K, щільність 1,2 кг/м<sup>3</sup>, відносна вологість 79 %, запилення на скіпових стовбурах 101 мг/м<sup>3</sup>, на вентиляційних – 68 мг/м<sup>3</sup>). Проведена обробка результатів вібровимірювань, одержаних на відцентрових вентиляторах з діаметром робочого колеса 3150 мм і частотою його обертання 600 хв<sup>-1</sup> (на 36 вентиляторах, що відпрацювали нормативні терміни експлуатації, на 15 – не відпрацювали нормативні терміни експлуатації).

Експериментальні дані, накопичені в електронній базі даних, автоматично оброблені засобами обчислювальної техніки за допомогою програм, написаних в комп'ютерних системах Mathcad і Statistica. Після цього сформовані результати розрахунків параметричної надійності вентиляторів, одержана їх графічна інтерпретація.

Приклад автоматизованої оцінки вібронадійності для вентилятора ВЦД-31,5 № 1, розташованого на вентиляційному стовбурі № 4 ОП «Шахта «Добропільська». Дані одержані з системи УТАС (рис. 3), введеної на шахті в експлуатацію 15.12.2006 р., і є умовно безперервними.

На підставі спрогнозованих значень віброшвидкості для ВЦД-31,5 № 1 ОП «Шахта «Добропільська» в програмному комплексі була розрахована імовірність його безвідмовної роботи (рис. 3, 4).

На підставі критерію згоди Пірсона (критерію  $\chi^2$ ) визначено, що імовірність безвідмовної роботи вентилятора не суперечить нормальному закону розподілу з довірчою імовірністю 95 %.

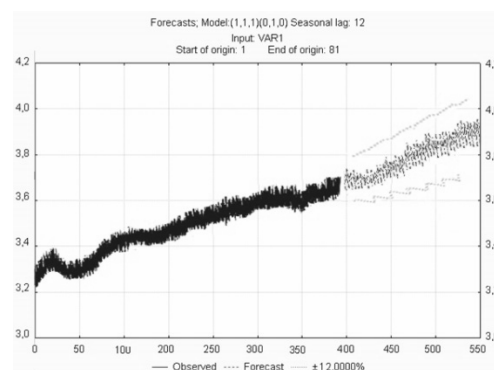


Рис. 3. Спрогнозовані значення часового ряду віброшвидкості і довірчий інтервал проведених розрахунків

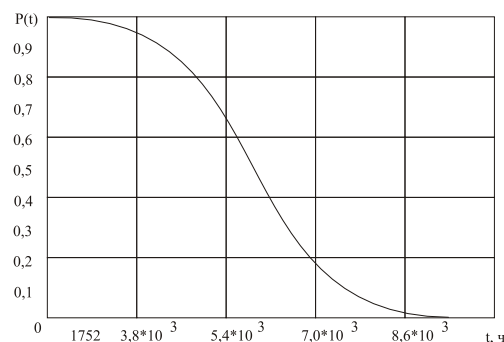


Рис. 4. Розподіл імовірності безвідмовної роботи вентилятора ВЦД-31,5 ОБ «Шахта «Добропільська»

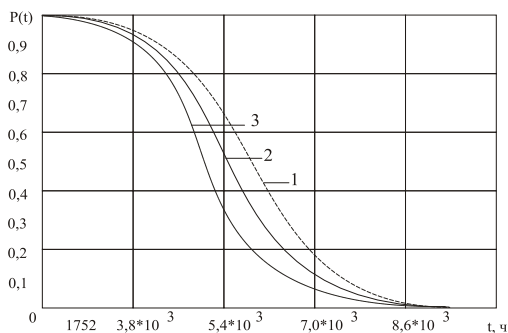
Основною відмінною оцінки параметричної надійності шахтних вентиляторів головного провітрювання від оцінки надійності по відмовах функціонування є оцінка надійності не сукупності об'єктів, а кожного конкретного вентиляторного агрегату. Проте на підставі статистичного узагальнення результатів оцінок надійності окремих вентиляторів, що відноситься до певної групи, можна будувати обґрунтовані висновки і за їх сукупністю.

При 95% довірчої імовірності і помилці вибірки не більш 15% достатній об'єм вибірки складає 36 одиниць.

Матеріал, що містить інформацію стосовно змін в часі вібропараметрів шахтних вентиляторів головного провітрювання, що використаний при оцінці параметричної надійності групи вентиляторів, одержаний з електронної бази даних НДІГМ ім. М.М.Федорова по парку стаціонарного устаткування шахт, яка почала формуватися в електронному вигляді з 2002 р.

Одержані 36 незалежних випадкових величин, що мають нормальний розподіл (критерій згоди Пірсона для окремих вентиляторів з вибірки – від 0,8 до 0,95) та характеризують імовірність безвідмовної роботи 36 шахтних вентиляторів головного провітрювання з діаметром робочого колеса 3150 мм і частотою його обертання  $600 \text{ хв}^{-1}$ , що відпрацювали нормативні терміни експлуатації

Оскільки дані випадкові величини є незалежними, то на підставі усереднювання одержаних результатів визначено теоретичний розподіл імовірності безвідмовної роботи для групи шахтних вентиляторів головного провітрювання, що відпрацювали нормативні терміни експлуатації, та відносяться до даного типорозмірного ряду (рис. 5).



**Рис. 5.** Розподіл імовірності безвідмовної роботи: 1 – ВЦД-31,5 шахти «Добропільська», 2 – для групи вентиляторів з діаметром 3150 (36 вентиляторів), 3 – для групи вентиляторів з діаметром 3150 (28 вентиляторів), що визначене по відмовах функціонування

На підставі рис. 3 зроблений висновок про те, що функції розподілу імовірності безвідмовної роботи для окремих вентиляторів, що відносяться до певної групи за типорозміром, і для групи таких же вентиляторів близькі. Проте оцінка безвідмовності для кожного окремого вентилятора є точнішою і може

коректуватися з урахуванням особливостей його експлуатації.

Для вентиляторів, що не відпрацювали нормативні терміни експлуатації, середня амплітуда віброшвидкості відповідає «доброму» технічному стану, в свою чергу для вентиляторів, які відпрацювали нормативний термін експлуатації, середні значення амплітуд віброшвидкості характеризують технічний стан вентиляторів як «задовільний».

### Обговорення результатів.

Контроль параметрів механічних коливань дозволяє ідентифікувати від 69 до 90 % виниклих в вентиляторі несправностей, достовірність діагностування складає біля 80 %. У зв'язку з цим у якості параметрів технічного стану при побудові параметричних моделей надійності нами прийняті вібропараметри.

Для прогнозування розвитку відмов вентиляторів, що відбуваються через випадкові зміни параметрів їх технічного стану, і оцінки імовірності знаходження цих параметрів в допустимих границях, побудовані фізико-імовірнісні моделі параметричних відмов, що визначають густину розподілу часу перетину відповідним параметром границі робочої області.

Таким чином, повертаючись до розрахунку ризиків, то ми маємо можливість пов'язати імовірності безвідмовної роботи вентилятора з ймовірністю настання нещасного випадку. Для цього потрібно провести додатковий статистичний аналіз кількості нещасних випадків пов'язаних з відмовами у роботі вентиляторів.

Треба відмітити, що такий підхід можливо застосовувати для різних видів устаткування.

### Висновки.

Відмови вентиляторів головного провітрювання мають як імпульсивний, так і кумулятивний характер, а основними причинами їх появи є конструктивні помилки й недоробки, виробничі недоліки, неправильні експлуатація й технічне обслуговування, неякісний ремонт або ушкодження справних агрегатів під час ремонту, а також поломки деталей через деградаційні явища.

При структурі контролю стану вентиляторної техніки, що склалася, а також



здійснення технічного обслуговування й ремонтів імовірність виникнення відмов вентиляторів головного провітрювання шахт є надзвичайно високою. Це, у свою чергу, може призвести у першу чергу до ризиків, пов'язаних з погрозою для здоров'я й життя людей.

Аналіз можливих наслідків відмов по формах небажаних наслідків і ступені їх критичності, а також облік не тільки природи походження відмов шахтних вентиляторів головного провітрювання, але й можливих їхніх проявів, дають можливість як якісної, так і кількісної оцінки наслідків ризиків їх виникнення, а також їх страхування та попередження.

### Список літератури

1. Програма інтеграції України до Європейського Союзу: Закон від 14.09.2000 № 1072/2000 //База даних «Законодавство України» / ВР України. URL: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/n0001100-00> (дата звернення 20.09.2018).
2. Інформація про Міжнародну організацію праці// Охорона праці і пожежна безпека: електрон. версія журн. 2018. №4/ URL: <http://oppb.com.ua/articles/informaciya-pro-mizhnarodnu-organizaciyu-praci> (дата звернення 30.09.2018).
3. Реформування системи управління охороною праці з урахуванням міжнародного досвіду: протокол // Палив.-енерг. комплекс України: сьогодні та майбутнє: XVI міжн. форум (6-8 листопада 2018р.). URL: <http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/control/uk/doccata/log/list?currDir=205780> (дата звернення 10.11.2018).
4. Чумакова Н., Цибульська О. Ризик-орієнтований підхід в Україні // Охорона праці: електрон. версія наук.-виробн. журн. 2018. №4 URL: <http://ohoronapraci.kiev.ua/rizik-oriyentovaniy-pidhid/> (дата звернення 21.09.2018).
5. Ромась М.Д., Іхно Д.С. Ризики в охороні праці на різних рівнях управління / М. Д. Ромась, Д. С. Іхно // Проблеми охорони праці в Україні. 2014. Вип. 28. - С. 109-120 //База даних НБУ ім. В.І.Вернадського. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/pop\\_2014\\_28\\_16](http://nbuv.gov.ua/UJRN/pop_2014_28_16) (дата звернення 20.10.2018).
6. Цванг В.В., Грядущий К.В. Анализ состояния парка шахтных вентиляторов главного проветривания и пути повышения надежности их эксплуатации // Проблемы эксплуатации оборудования шахтных стационарных установок: Матер. научн.-техн. конф., посвященная 75-летию НИИГМ им. М.М.Федорова (Донецк, 13–14 мая 2004 г.). Донецк: НИИГМ им. М.М.Федорова, 2004. С. 231–235.
7. Грядущая В.В. Определение возможных последствий отказов шахтных вентиляторов // Проблемы эксплуатации оборудования шахтных стационарных установок: 36. наук. пр. НДІГМ ім. М.М.Федорова. Донецьк, 2012-2013. Вип. 106-107. С. 234-237.
8. Правила безпеки у вугільних шахтах: НПАОП 10.0-1.01-10. К., 2010. 365 с.
9. Пристром В.А., Рубан В.Ф., Трибухин В.А., Волчек А.А. Дослідження можливості зниження

вібрацій вентиляторів головного провітрювання за допомогою динамічних гасителів коливань // Проблеми експлуатації обладнання шахтних стаціонарних установок: 36. наук. пр. НДІГМ ім. М.М.Федорова. Донецьк, 2002. Вип. 96. С. 196–215.

10. Грядуща В.В. Оцінка експлуатаційної надійності шахтних вентиляторів головного провітрювання.: Автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.05.06. Донецьк: ДонНТУ, 2010. 20 с.

### References

1. «The Program of Ukraine's Integration into the European Union» (2010), [Prohrama intehratsii Ukrainy do Yevropeiskoho Soiuzu], Baza danykh «Zakonodavstvo Ukrainy», VR Ukrainy, available at: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/n0001100-00>. (in Ukrainian).
2. «Information on the International Labour Office» (2018), [Informatsiia pro Mizhnarodnu orhanizatsiiu pratsi], Okhorona pratsi i pozhezhna bezpeka, available at: <http://oppb.com.ua/articles/informaciya-pro-mizhnarodnu-organizaciyu-praci>. (in Ukrainian).
3. «Reforming the system of management of safework taking into account international experience» (2018), [Reformuvannia systemy upravlinnia okhoronoiu pratsi z urakhuvanniam mizhnarodnoho dosvidu]. Palyv.-enerh. kompleks Ukrainy: sohodennia ta maibutnie: XVI mizhn. forum (6-8 lystopada 2018r.), available at: <http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/control/uk/doccata/log/list?currDir=205780>. (in Ukrainian).
4. Chumakova N., Tsybulska O. (2018), «Risk-oriented approach in Ukraine», [Ryzik-oriyentovanyi pidkhd v Ukraini], Okhorona pratsi, available at: <http://ohorona.praci.kiev.ua/rizik-oriyentovaniy-pidhid/>. (in Ukrainian).
5. Romas M.D., Ikhno D.S.(2014), «Risks in labor safety at different levels of management», [Ryziky v okhoroni pratsi na riznykh rivniakh upravlinnia], Problemy okhorony pratsi v Ukraini. pp.109-120. (in Ukrainian).
6. Tsvanh V.V., Griadushchy K.V. (2004) «Analysis of the state of the park of mine fans of the main ventilation and ways to increase the reliability of their operation», [Analyz sostoianya parka shakhtnykh ventilatorov glavnoho provetrivanyia i puti povyshenia nadezhnosti ikh ekspluatatsii], Problemy ekspluatatsii oborudovania shakhtnykh statsionarnykh ustanovok: nauchn.-tekhn. konf., posv. 75-letiu NYIHM im. M.M.Fedorova (13–14 maia 2004 h.), Donetsk, pp. 231–235. (in Russian).
7. Griadushchaia V.V. (2012-2013) «Determination of possible consequences of failure of mine fans», [Opredelenye vozmoznykh posledstviy otkazov shakhtnykh ventyliatorov], Problemy ekspluatatsii obladnannia shakhtnykh statsionarnykh ustanovok, pp. 234-237. (in Ukrainian).
8. «Safety rules in coal mines» (2010), [Pravyla bezpeky u vuhilnykh shakhtakh], Kyiv, 2010, 365 p.
9. Prystrom V.A., Ruban V.F., Trybukhyn V.A., Volchek A.A. (2002), «Investigation of the possibility of reducing the vibration of the main ventilation fans by means of dynamic oscillation oscillators», [Doslidzhennia mozhyvosti znyzhennia vibratsii ventyliatoriv holovnoho provitruvannia za dopomohoiu dynamichnykh hasyteliv kolyvan], Problemy ekspluatatsii obladnannia shakhtnykh statsionarnykh ustanovok, pp. 196–215. (in Ukrainian).
10. Griadushcha V.V (2006), «The assessment of the serviceability of the mining main fans», [Otsinka

eksploatatsiinoi nadiinosti shakhtnykh ventyliatoriv  
holovnoho provitriuvannia], Donetsk, 20 p.

Надійшла до редакції 30.11.2018  
Рецензент д-р. техн. наук, О.П. Круковський.

**Грядуща Віра Володимирівна** – кандидат технічних наук, старший викладач кафедри технологій навчання, охорони праці та дизайну Білоцерківського інституту неперервної професійної освіти ДВНЗ «Університет менеджменту освіти» Національної академії педагогічних наук України (вул. Леваневського, 52/4, м. Біла Церква, 09108, Україна).  
E-mail: vgriadushcha@gmail.com

#### УЧЕТ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ ОБОРУДОВАНИЯ ПРИ УПРАВЛЕНИИ РИСКАМИ В СИСТЕМЕ ОХРАНЫ ТРУДА УГЛЕДОБЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ

**Цель.** Целью работы является усовершенствование методологии определения и оценки рисков по вопросам охраны труда путем учета показателей эксплуатационной надежности оборудования.

**Методы исследования.** В работе применялись общенаучные методы анализа и синтеза, мониторинга; диагностические методы; математического моделирования – для установления основных соотношений и параметров отказов, надежности и рисков по вопросам охраны труда.

**Результаты.** Рассмотрено реформирования системы управления охраной труда в Украине с учетом международного опыта и евроинтеграции, подчеркнуто, что приоритетным направлением является риск-ориентированный подход. Проанализировано существующие методики определения и оценки рисков по вопросам охраны труда. Проанализированы типы рисков по вопросам охраны труда, и обосновано, что показатели надежности оборудования могут быть использованы при оценке производственных типов рисков. Доказано, что разработка методики оценки рисков отказов шахтного вентиляционного оборудования требует разработки и проведения анализа критичности и последствий отказов вентиляторов. Определены возможные риски и последствия отказов шахтных вентиляторов главного проветривания. Предложена методика оценивания рисков по вопросам охраны труда с учетом показателей эксплуатационной надежности на примере вентиляторов главного проветривания, которая позволяет повысить безопасность ведения горных работ в шахтах и в свою очередь улучшить условия труда. Приведен пример автоматизированной оценки виброненадежности для вентилятора ВЦД-31,5 № 1, расположенного на вентиляционном стволе № 4 Шахты «Добропольская» (ООО «ДТЭК Добропольеуголь»).

**Научная новизна.** Научной новизной работы является установление соотношений рисков и показателей эксплуатационной надежности.

**Практическая значимость.** Практическим результатом работы можно считать разработку методики оценивания рисков с учетом показателей эксплуатационной надежности на примере вентиляторов главного проветривания, которая позволяет повысить безопасность ведения горных работ в шахтах и в свою очередь улучшить условия работы.

**Ключевые слова:** риск-ориентированный, надежность, вибропараметры, отказ, неисправность, безопасность.

**Грядущая Вера Владимировна** – кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры технологий обучения, охраны труда и дизайна Белоцерковского института непрерывного профессионального образования ГБУЗ «Университет менеджмента образования» Национальной академии педагогических наук Украины (ул. Леваневського, 52/4, г. Біла Церква, 09108, Україна).  
E-mail: vgriadushcha@gmail.com

#### USE OF EQUIPMENT RELIABILITY INDICATORS FOR THE RISK MANAGEMENT OF THE OCCUPATIONAL SAFETY SYSTEM OF COAL MINING ENTERPRISES

**Goal.** The aim of the work is to improve the methodology for determining and assessing occupational safety risks by taking into account the indicators of operational reliability of the equipment.

**Research methods.** The paper used general scientific methods of analysis and synthesis, monitoring; diagnostic methods; mathematical modeling - to establish the main relationships and parameters of failures, reliability and risks on occupational safety.

**Results.** Consideration is given to reforming the system of labor safety management in Ukraine taking into account international experience and European integration, emphasizing that the priority direction is a risk-oriented approach. The existing methods of determination and evaluation of occupational safety risks are analyzed. The types of occupational safety risks are analyzed, and it is substantiated that equipment reliability indicators can be used in the estimation of production types of risks. It is proved that the development of a method for assessing the risk of failure of a mine ventilating equipment requires the development and conduct of an analysis of the criticality and consequences of fan failures. The possible risks and consequences of failures of the main ventilation shaft fans were determined. The methodology of risk assessment on occupational safety issues is proposed, taking into account operational reliability indicators, for example, for fans of main airing, which increases the safety of mining operations in mines and, in turn, improves working conditions. An example of an automated evaluation of vibration reliability for a Double-sided suction centrifugal fans-31.5 fan No 1 located on the ventilation shaft No 4 of the "Dobropolskaya Mine" (Ltd «DTEK Dobropsliavuhillia») is presented.

**Scientific novelty.** The scientific novelty of the work is to establish relationships of risks and indicators of operational reliability.

**Practical significance.** The practical result of the work can be considered development of a methodology for risk assessment, taking into account operational reliability indicators, for example, fans of main airing, which allows increasing the safety of mining operations in mines and in turn improving the working conditions.

**Keywords:** risk-orientation, reliability, vibration parameters, failure, failure, safety.

**Griadushcha Vira Volodymyrivna** - Candidate of Technical Sciences, Senior Lecturer of the Department of Technology of Education, Occupational Safety and Design of the Bila Tserkva Institute for Continuing Professional Education, Public higher education institution "University of Management Education" of the National Academy of Pedagogical Sciences of Ukraine (52/4 Levanevsky St., Bila Tserkva, 09108, Ukraine).

E-mail: [vgriadushcha@gmail.com](mailto:vgriadushcha@gmail.com)