

У роботі [7] відзначається, що профіль СВПУ перевершує вітчизняні та зарубіжні аналоги за всіма розрахунковими параметрами. Це дозволяє ефективно використовувати високоякісні сталі і економити більше 20 % металу при великому зниженні витрат на зарплату, металовироби, внутрішньовиробничий транспорт, що зменшуються з вагою профілів. Зменшується також кількість перекріплення виробок і збільшується термін служби елементів кріплення. Елементи кріплення з високоякісних сталей можуть бути піддані виправленню у шахті в холодному вигляді, що сприяє їх багаторазовому повторному використанню.

Таким чином використання раціональних профілів креслення призводить до зниження трудомісткості гірничих робіт, спрощення зведення аркового кріплення, а також до здешевлення робіт, тобто зниження собівартості однієї тонни видобутої залізної руди.

*Список літератури*

1. Каретников В.Н., Клейменов В.Б. Рациональный профиль элементов металлической крепи // Проектирование и строительство угольных предприятий, 1971. – № 8 (151). – С. 19.
2. Попов В.Л., Каретников В.Н., Еганов В.М. Расчет крепи подготовительных выработок на ЭВМ. - М.: Недра, 1978. - 230 с.
3. Каретников В.Н., Кпейшеное В.Б., Чижик А.С. Определение секториальных характеристик новых шахтных профилей//Механика подземных сооружений. - Тула: ТулГУ, 1995. - С. 51-60.
4. Несущая способность профилей и технико-экономическая эффективность их применения при креплении штреков. Пер. с нем. - М.: ЦИТИ уголь, пром-сти, 1958. -49 с.
5. Малиюков Ц.П., Белан Н.А., Тихонюк П.С. Механизация работ при проведении подготовительных выработок на шахтах ФРГ. Обзор. - М.: ЦНИЭИуголь, 1982. - 29 с.
6. Зигель Ф.С., Компанец В.Ф., Сытник А.А. Новые шахтные специальные профили для крепей горных выработок/Шахт. стр-во., 1988. -№ 10.-С. 15-17.
7. Залесский К.Е., Клейменов В.Б. Рациональные профили металлической шахтной крепи // Горный информационно-аналитический бюллетень: Сб. научн. тр. МГГУ, 2008. - №8. - С. 317-326.
8. Саммаль А. С. Оценка надежного состояния крепи горных выработок при действии вертикальной локальной нагрузки / А. С. Саммаль, О. А. Тормышева // Гірничий вісник Криворізький національний університет. – 2012. – Вип. 95(1). – С. 67-69.
9. Касьян Н. Н. Шахтные исследования особенностей деформирования и разрушения пород, вмещающих выработки с рамно-анкерной крепью / Н. Н. Касьян, Новиков А. О., И. Н. Шестопалов, В. И. Каменец // Гірничий вісник ДВНЗ "Криворізький національний університет". – 2012. – Вип. 95(1). – С. 31-35.
10. Калинин В. А. Исследование влияния параметров анкерной крепи на высоту выемочных ширеков / В. А. Калинин, И. А. Горбатенко // Гірничий вісник ДВНЗ "Криворізький національний університет". – 2012. – Вип. 95(1). – С. 183-186.
11. Петренко Ю. А. Равнорядная металлическая крепь / Ю. А. Петренко, А. О. Новиков, А. В. Резник, И Н Шестопалов // Вісник ДВНЗ "Криворізький національний університет". – 2012. – Вип. 32. – С. 219-222.
12. Петренко Ю. А. Равнорядная металлическая крепь направленной податливости / Ю. А. Петренко, А. О. Новиков, А. В. Резник, И Н Шестопалов // Вісник ДВНЗ "Криворізький національний університет". – 2012. – Вип. 31. – С. 38-41.
13. Андреев Б. М. Технологія проходки устя вертикального ствола із застосуванням способу опускного кріплення / Б. М. Андреев, О. М. Родько // Вісник ДВНЗ "Криворізький національний університет". – 2012. – Вип. 31. – С. 67-71.
14. Нестеренко О.С. Зміна форми поперечного перерізу склепистої частини камери та її кріплення / О. С. Нестеренко, І. М. Лихина // Вісник Криворізького технічного університету. – 2011. – Вип. 29. – С. 64-68.
15. Козарі В. Я. Обгрунтування конструктивних елементів кріплення гідравлічних підйомників для підвищення проходницького обладнання при спорудженні вертикальних стволів шахт / В. Я. Козарі, Т. В. Селін // Вісник Криворізького технічного університету. – 2011. – Вип. 29. – С. 87-90.
16. Сосновская Е. Л. Обоснование видов крепи горных выработок по выявленным закономерностям формирования тектонических структур / Е. Л. Сосновская, В. Е. Боликов, В. А. Вицинский, Л. И. Сосновский, А. М. Павлов, Л. Г. Рубцов // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2009. – Вып. № 5. – С. 15-21.
17. Сыркин П. С., Мартыненко И. А., Данилкин М. С. Шахтное и подземное строительство. Технология строительства горизонтальных и наклонных выработок: Учеб. пособие/ Шахтинский ин-т ЮРГТУ. Новочеркасск: ЮРГТУ, 2002. 403 с.
18. Рамные крепи горных выработок. (обзорная информация и справочные материалы) / Сытник А. А., Зигель Ф. С., Компанец В. Ф., Поляковский В. С.; Отв. за вып. Таранюк Г. В. - Донецк:ДонУГИ, 1992.
19. Геомеханика охраны выработок в слабометаморфизованных породах / Усаченко Б. М., Чередниченко В. П., Головачанский И. Е.; Отв. ред. Зорин А.Н.; АН УССР. Ин-т геотехнологической механики – Киев: Наук. думка, 1990. – 144с.
20. Широков А. П. Теория и практика применения анкерной крепи. - М.: Недра. 1981

Рукопис подано до редакції 28.10.13

УДК 622.062: 622.281

Д.В. БРОВКО, канд. техн. наук, доц., Криворожский национальный университет

## ИССЛЕДОВАНИЯ НАДЕЖНОСТИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБЪЕКТОВ ПОВЕРХНОСТИ ГОРНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

© Бровко Д.В., 2014

Рассмотрены критерии надежности невосстанавливаемых элементов промышленных объектов поверхности горных предприятий. Выведены выражения для оценки количественных характеристик надежности элементов до первого отказа.

**Проблема и ее связь с другими практическими задачами.** Теория надежности промышленных объектов поверхности горных предприятий - сравнительно молодое научное направление, формирование которого в современном виде относится к 50-м годам XX столетия. Первые шаги в области исследований надежности были связаны со сбором статистических данных о надежности отдельных элементов, а все усилия специалистов были направлены на определение причин ненадежности.

Следующими шагами стали: развитие физической надежности (физики отказов) и развитие математических основ теории надежности, явившихся обязательным атрибутом разработки и проектирования сложных и ответственных объектов поверхности.

Основные вопросы, которые изучает теория надежности - отказы технических элементов объектов поверхности; критерии и количественные характеристики надежности; методы анализа и повышения надежности элементов и объектов в целом на этапах проектирования, изготовления и эксплуатации; методы испытаний на надежность; методы оценки эффективности повышения надежности.

В конкретных областях техники разрабатывались и продолжают разрабатываться прикладные вопросы надежности, при этом решается вопрос о наиболее рациональном использовании общей теории надежности в конкретной области техники и ведется разработка таких новых положений, методов и приемов, которые отражают специфику данного вида направления.

Обеспечение надежности является серьезной задачей для специалиста, эксплуатирующего сложные объекты поверхности, отказ которых может привести к авариям и чрезвычайным происшествиям.

Во-первых, он должен рассмотреть последствия каждого отказа.

Неучтенные отказы могут стать впоследствии причиной невыполнения производственной программы.

Во-вторых, частые отказы или длительные периоды неисправного состояния могут привести к полной потере работоспособности всего объекта и его непригодности к последующей эксплуатации.

Третий аспект надежности связан с безопасностью для людей и окружающей среды.

Работа любой технической системы может характеризоваться ее эффективностью [1] (рис. 1), под которой понимается совокупность свойств, определяющих способность системы выполнять при ее создании определенные задачи.



Рис. 1. Основные свойства технических систем

1. Надежность - свойство объекта сохранять во времени способность выполнять требуемые функции.

2. Выполнение требуемых функций должно происходить при значениях параметров в установленных пределах.

3. Способность выполнять требуемые функции должна сохраняться в заданных режимах; в заданных условиях.

4. Объект должен обладать свойством сохранять способность выполнять требуемые функции в различные фазы: при рабочей эксплуатации, техническом обслуживании и ремонте.

В соответствии с ДБН В.1.2-14-2009 [2] под надежностью понимают свойство объекта сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, ремонтов, хранения и транспортировки.

Таким образом сформулированы основные понятия:

1. Надежность - свойство объекта сохранять во времени способность выполнять

Надежность - важный показатель качества объекта. Его нельзя ни противопоставлять, ни смешивать с другими показателями качества. Вот почему в определение понятия надежности входит выполнение заданных функций и сохранение этого свойства при использовании объекта по назначению.

**Постановка задачи.** Очевидно, без знания основных вопросов математической теории надежности невозможно реализовать наилучшие условия проектирования промышленных объектов поверхности горных предприятий и решить задачи безопасности при их эксплуатации. Рассмотрение вопросов теории надежности, рассмотрение понятий, законов распределения отказов, способов резервирования, и основных методов расчета надежности объектов поверхности до первого и последующих отказов элементов (всего объекта в целом) являются на сегодня одними из актуальных.

**Изложение материала и результатов.** Одним из основных понятий теории надежности является понятие отказа (объекта, элемента, системы) [3].

Отказ объекта - событие, заключающееся в том, что объект полностью или частично перестает выполнять заданные функции. При полной потере работоспособности возникает полный отказ, при частичной - частичный. Понятия полного и частичного отказов каждый раз должны быть четко сформулированы перед анализом надежности, поскольку от этого зависит количественная оценка надежности. По причинам возникновения отказов в данном месте различают:

- из-за конструктивных дефектов;
- из-за технологических дефектов;
- из-за эксплуатационных дефектов;
- из-за постепенного старения (износа).

Отказы по причинным схемам возникновения подразделяются на следующие группы:

- с мгновенной схемой возникновения;
- с постепенной схемой возникновения;
- с релаксационной схемой возникновения;
- с комбинированными схемами возникновения.

Указанные свойства промышленных объектов и промышленная безопасность - взаимосвязаны. Так, при неудовлетворительной надежности промышленного объекта вряд ли следует ожидать хороших показателей по его безопасности. В то же время, перечисленные свойства имеют свои самостоятельные функции. Если при анализе надежности изучается способность объекта выполнять заданные функции (при определенных условиях эксплуатации) в установленных пределах, то при оценке промышленной безопасности выявляют причинно-следственные связи возникновения и развития аварий и других нарушений с всесторонним анализом последствий этих нарушений.

Критерием надежности называется признак, по которому можно количественно оценить надежность различных устройств.

К числу наиболее широко применяемых критериев надежности относятся: вероятность безотказной работы в течение определенного времени  $P(t)$ ; средняя наработка до первого отказа  $T_{cp}$ ; наработка на отказ  $t_{cp}$ ; частота отказов  $f(t)$  или  $a(t)$ ; интенсивность отказов  $l(t)$ ; параметр потока отказов  $w(t)$ ; функция готовности  $K_2(t)$ ; коэффициент готовности  $K_g$ .

Характеристикой надежности следует называть количественное значение критерия надежности конкретного устройства. Выбор количественных характеристик надежности зависит от вида объекта.

Рассмотрим следующую модель работы промышленного объекта. Пусть объект состоит из  $N_0$  элементов и пусть, если все они отказали, работа объекта считается законченной (т.е. произошло обрушение элементов). Причем отказавшие элементы не ремонтируются и не восстанавливаются. Тогда критериями надежности данных изделий являются:

- вероятность безотказной работы  $P(t)$ ;
- частота отказов  $f(t)$  или  $a(t)$ ;
- интенсивность отказов  $l(t)$ ;
- средняя наработка до первого отказа  $T_{cp}$ .

Вероятностью безотказной работы называется вероятность того, что при определенных условиях эксплуатации в заданном интервале времени или в пределах заданной наработки не произойдет ни одного отказа.

Согласно определению

$$P(t) = P(T < t), \quad (1)$$

где  $T$  - время работы элемента от его включения до первого отказа;  $t$  - время, в течение которого определяется вероятность безотказной работы.

Вероятность безотказной работы по статистическим данным об отказах оценивается выражением

$$\bar{P}(t) = [N_0 - n(t)] / N_0, \quad (2)$$

где  $N_0$  - число элементов в начале работы (испытаний);  $n(t)$  - число отказавших элементов за время  $t$ ;  $\bar{P}(t)$  - статистическая оценка вероятности безотказной работы. При большом числе элементов (башенный копер)  $N_0$  статистическая оценка  $\bar{P}(t)$  практически совпадает с вероятностью безотказной работы  $P(t)$ . На практике иногда более удобной характеристикой является вероятность отказа  $Q(t)$ .

Вероятностью отказа называется вероятность того, что при определенных условиях эксплуатации в заданном интервале времени возникает хотя бы один отказ элемента. Отказ и безотказная работа являются событиями несовместными и противоположными, поэтому

$$Q(t) = P(T \leq t), \bar{Q}(t) = \frac{n(t)}{N_0}, Q(t) = 1 - P(t) \quad (3)$$

Частотой отказов по статистическим данным называется отношение числа отказавших элементов в единицу времени к первоначальному числу работающих при условии, что все вышедшие из строя изделия не восстанавливаются

Согласно определению

$$\bar{f}(t) = n(\Delta t) / N_0 \Delta t, \quad (4)$$

где  $n(\Delta t)$  - число отказавших элементов в интервале времени от  $(t - \Delta t)_2/2$  до  $(t + \Delta t)/2$ .

Частота отказов есть плотность вероятности (или закон распределения) времени работы изделия до первого отказа. Поэтому

$$P(t) = 1 - Q(t), \quad P(t) = 1 - \int_0^t f(t) dt. \quad (5)$$

Интенсивностью отказов по статистическим данным называется отношение числа отказавших изделий в единицу времени к среднему числу изделий, исправно работающих в данный отрезок времени.

Согласно определению

$$\bar{\lambda}(t) = n(\Delta t) / (N_{cp} \Delta t), \quad (6)$$

где  $N_{cp} = (N_i + N_{i+1}) / 2$  - среднее число исправно работающих элементов в интервале  $\Delta t$ ;  $N_i$  - число изделий, исправно работающих в начале интервала  $\Delta t$ ;  $N_{i+1}$  - число элементов исправно работающих в конце интервала  $\Delta t$ .

Вероятностная оценка характеристики  $\lambda(t)$  находится из выражения

$$\lambda(t) = f(t) / P(t). \quad (7)$$

Интенсивность отказов и вероятность безотказной работы связаны между собой зависимостью

$$P(t) = \exp\left(-\int_0^t \lambda(t) dt\right). \quad (8)$$

Средней наработкой до первого отказа называется математическое ожидание времени работы элемента до отказа.

Как математическое ожидание,  $T_{cp}$  вычисляется через частоту отказов (плотность распределения времени безотказной работы)

$$M[t] = T_{cp} = \int_{-\infty}^{+\infty} t f(t) dt. \quad (9)$$

Так как  $t$  положительно и  $P(0) = 1$ , а  $P(\infty) = 0$ , а, то

$$T_{cp} = \int_0^{\infty} P(t) dt. \quad (10)$$

По статистическим данным об отказах средняя наработка до первого отказа вычисляется по формуле

$$\bar{T}_{cp} = \sum_{i=1}^{N_o} t_i / N_o . \quad (11)$$

где  $t_i$  - время безотказной работы  $i$ -го элемента;  $N_o$  - число исследуемых элементов.

Как видно из формулы (11), для определения средней наработки до первого отказа необходимо знать моменты выхода из строя всех испытуемых элементов. Поэтому для вычисления средней наработки на отказ  $\bar{T}_{cp}$  пользоваться указанной формулой неудобно. Имея данные о количестве вышедших из строя элементов  $n_i$  в каждом  $i$ -м интервале времени, среднюю наработку до первого отказа лучше определять из уравнения

$$\bar{T}_{cp} = \sum_{i=1}^m n_i t_{cpi} / N_o . \quad (12)$$

В выражении (12)  $t_{cpi}$  и  $m$  находятся по формулам

$$t_{cpi} = (t_{i-1} + t_i) / 2, \quad m = t_k / \Delta t ,$$

где  $t_{i-1}$  - время начала  $i$ -го интервала;  $t_i$  - время конца  $i$ -го интервала;  $t_k$  - время, в течение которого вышли из строя все элементы;  $\Delta t = t_i - t_{i-1}$  - интервал времени.

**Выводы и направление дальнейших исследований.** Из выражений для оценки количественных характеристик надежности видно, что все характеристики, кроме средней наработки до первого отказа, являются функциями времени.

Рассмотренные критерии надежности позволяют достаточно полно оценить надежность невосстанавливаемых элементов. Они также позволяют оценить надежность восстанавливаемых элементов до первого отказа. Наличие нескольких критериев вовсе не означает, что всегда нужно оценивать надежность элементов по всем критериям.

Также для наиболее широкого анализа надежности элементов промышленных объектов поверхности горных предприятий, требуется модель исследования и разработка критериев надежности для восстанавливаемых элементов.

#### Список литературы

1. ДБН В.1.2-14-2009. Общие принципы обеспечения надежности и конструктивной безопасности зданий, сооружений, строительных конструкций и оснований / Минрегионстрой Украины, 2009.
2. Диллон Б., Сингх Ч. Инженерные методы обеспечения надежности систем. М.: Мир, 1984. - 318 с.
3. Томаков В.И. Прогнозирование техногенного риска с помощью "Деревьев отказов": Учебн.пособие / Курск. гос. техн. ун-т. Курск, 1997. - 99 с.

Рукопись поступила в редакцию 23.09.13

УДК 330.1

С.О. ЖУКОВ, В.П. ХОРОЛЬСЬКИЙ, доктори техн. наук, проф.,  
К.Д. ХОРОЛЬСЬКИЙ, пошукач, Т.В. ХОРОЛЬСЬКА, старший викладач,  
ДВНЗ «Криворізький національний університет»

#### РЕІНЖІНІРИНГ БІЗНЕС-ПРОЦЕСІВ УПРАВЛІННЯ НА ПІДПРИЄМСТВАХ ГІРНИЧОЇ ТА БУДІВЕЛЬНОЇ ГАЛУЗЕЙ

Розроблено теорію та практика використання технологій реінжинірингу бізнес - процесів на підприємствах будівельної галузі . Розглянуті концепції підвищеної ефективності бізнес - процесів на основі оцінки ефективності управління підприємством.

**Проблема та її зв'язок з науковими та практичним завданнями.** Глобальна економічна криза 2008-2010 рр., в якій опинилася світова і українська економіка привела до суттєвих знижень темпів економічного зростання будівельної галузі. Зупинити кризи , управляти підприємством в умовах рецесії дуже важко, але обґрунтувати стратегії післякризового розвитку і допомогти топ-менеджерам позбавитись особливо важких кризових наслідків можна за допомогою інструментарію та технологіям реінжинірингу [1]. Методично грамотне проведення реінжинірингу бізнес-процесів дозволяє знизити витрати, збільшити продуктивність праці, швидкість