

УДК 622.412; 622.817

В.А. ФЕДИН, инженер, МакНИИ, г. Макеевка

ДАЛЬНЕЙШЕЕ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ШАХТНОЙ МЕТАНОМЕТРИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ

Изложена методика усовершенствования технического диагностирования шахтной метанометрической техники с применением вероятно-статистического подхода по распознаванию состояния аппаратуры в конкретный период времени.

Ключевые слова: шахта, метанометрическая техника, техническое диагностирование, надежность, вероятность безаварийной работы, старение техники, «вызревание отказа».

Учитывая реальную экономическую ситуацию в стране, замена стареющего парка шахтного оборудования растянется на долгие годы. В данных условиях стратегия использования технических ресурсов шахт будет такой: максимально продлить срок службы эксплуатируемого оборудования.

Анализ последних достижений и публикаций свидетельствует, что наука о надёжности технических устройств возникла на стыке ряда научных дисциплин: теории вероятностей и случайных процессов, математической логики, технического диагностирования (ТД) и других наук. Вместе с тем указанные и другие дисциплины находят своё отражение в развитии теории надёжности.

Общий ход развития отраслей экономики страны определяет непрерывное развитие науки о надёжности технических устройств, которая представляет собой «вечную» проблему, так как на каждом этапе развития техники данная проблема возникает с новыми вопросами в новом формате. Нормирование надёжности производится главным образом на этапе проектирования изделий с целью прогнозирования её ожидаемого уровня, что позволяет создать наиболее подходящий вариант конструкции.

Целью статьи является усовершенствование известных и разработка нового подхода по распознаванию технического состояния метанометрической техники, отработавшей нормативный срок эксплуатации, что является актуальной научно-практической задачей.

Таблица 1

Метанометрическая техника, обследованная специалистами
МакНИИ за период 2001- 2013 годов

Годы	Объём обследованной техники, ед.								
	Переносная		Индивидуальные приборы (СМС)	Анализаторы метана		Стойка приёма информации, (СПИ)	Камеры КИМ	Метан - реле тмрк	Всего изделий
	«Сигнал»	Интерферометры (ШИ)		Датчики (ППИ, ДМТ)	Аппараты сигнализации (АС)				
2001	385	338	100	346	161	-	-	13	1343
2002	1259	2248	365	826	359	6	-	11	5074
2003	640	860	48	433	157	22	-	-	2160
2004	691	2247	41	810	297	59	16	30	4191
2005	486	2387	134	738	289	25	7	24	4090
2006	389	2012	70	676	223	26	9	25	3430
2007	628	2694	176	903	301	32	5	24	4763
2008	860	3254	4	896	328	29	17	33	5421
2009	843	1994	27	1279	374	39	30	20	4606
2010	1393	3239	81	813	285	28	14	43	5896
2011	1394	2652	-	812	289	18	21	111	5376
2012	1369	3196	-	1035	323	40	19	97	6142
2013	1427	2769	-	745	294	18	23	67	5397

Всего: 57889

За указанный период обследовано 57889 единиц, из них 1100 единиц выведено из эксплуатации из-за несоответствия стандартам надёжности.

При эксплуатации технических устройств, в практике было замечено одно естественное свойство: изделие, отработавшее определённый срок, обладает в среднем вероятностными характеристиками ниже, чем новое изделие или с меньшим сроком эксплуатации. Данное свойство говорит о том, что технические устройства подвергаются необратимым физико-химическим процессам, которые можно назвать «старением». Обозначен-

ные процессы вызывают изменения в функциональных параметрах, снижают надёжность и увеличивают риск отказа техники.

Метанометрическая техника изготавливается из металлов, сплавов, полупроводников, диэлектриков которые подвержены старению. В последние годы разработчики и производители техники стараются минимизировать её габариты и расположение элементов, электротехнических приборов, плат становится более плотным, что вызывает увеличение температурных режимов, ускорение старения материалов и элементов электроники. В элементах электроники эти процессы выглядят так:

- в электролитических конденсаторах происходит естественная деградация алюминия, диффузия паров электролита через уплотнения;
- в резисторах происходит окисление резистивного слоя, обугливание защитного покрытия;
- в изоляции и диэлектриках с течением времени происходит изменение структуры и свойств, и, как следствие, ухудшение их качеств.

Вместе с физико-химическими процессами, происходящими внутри элементов и составных частей аппаратов и приборов, во многих случаях решающее влияние на работоспособность и возникновение отказов оказывают процессы, возникающие в тех же элементах, которые подвергается непосредственному воздействию окружающей агрессивной среды.

Существенным фактором, влияющим на уровень сопротивления изоляции является воздействие рудничной пыли и влаги. Их суммарное воздействие на печатный монтаж приводит к труднообнаруживаемым отклонениям в работе и отказам электронных элементов и блоков.

Данные процессы в элементах и узлах оборудования приводят к формированию постепенного отказа техники. Это можно назвать «вызреванием отказа», протекающего индивидуально у каждого изделия.

Отказ – утрата работоспособности технического устройства, наступившей внезапно или постепенно, - является основным понятием, используемым в теории надёжности техники.

Показатели надёжности определяются в вероятностных терминах. «Вероятность» - степень (мера, количественная оценка) возможности наступления события:

- вероятность безотказной работы $P(t)$ - это вероятность того, что при определённых условиях эксплуатации в заданном интервале времени или в пределах заданной наработки (t) не произойдёт ни одного отказа;
- вероятность отказа техники $g(t)$ - это вероятность того, что при определённых условиях эксплуатации в заданном интервале времени возникнет хотя бы один отказ.

Так как безотказная работа и отказ являются событиями несовместимыми и противоположными, то между ними справедливо следующее соотношение:

$$P(t) + g(t) = 1.$$

Важным показателем надёжности техники является интенсивность отказов - $\lambda(t)$, измеряемая отношением количества отказов в единицу времени: 1/час.

В начальный период наработки вероятность безотказной работы техники выше, чем перед износом ресурса, и функция распределения времени $F(t)$ носит убывающий характер, одновременно функция распределения времени отказа – носит возрастающий характер при любых законах распределения времени.

В данной статье не рассматривается период начала работы техники (приработки), так как он плохо прогнозируем и индивидуален. На графиках он будет отображаться участком «0 - t_1 ».

После приработки наступает период нормальной работы техники, характеризующийся как $\lambda(t)=\text{const}$, отказы могут быть случайными и подчиняются экспоненциальному закону распределения. Производители анализаторов метана АТ1-1 и АТ3-1 гарантируют средний срок службы (T) в среднем 6 лет или 52600 часов.

Вероятность безотказной работы, средняя наработка до отказа, интенсивность отказов можно представить в виде сложной функции: начальных значений параметров, скорости их изменения, критических значений этих характеристик, режимов работы и времени, применяя следующие математические формулы:

$$P(t) = e^{-\lambda t} ;$$

$$g(t) = 1 - e^{-\lambda t};$$

$$\lambda(t) = 1/T.$$

Таблица 2

Данные функций $P(t)$ и $g(t)$ в промежутке времени: 0÷52600 час

T , час	52600					
λ	$1,9 \cdot 10^{-5}$					
e	2,718					
t , час	0,00	10000	20000	30000	40000	52600
$P(t)$	1,00	0,826	0,684	0,566	0,468	0,368
$g(t)$	0,00	0,174	0,316	0,434	0,532	0,632

Вероятность распределения времени безотказной работы и отказа представим графически (рис.1).

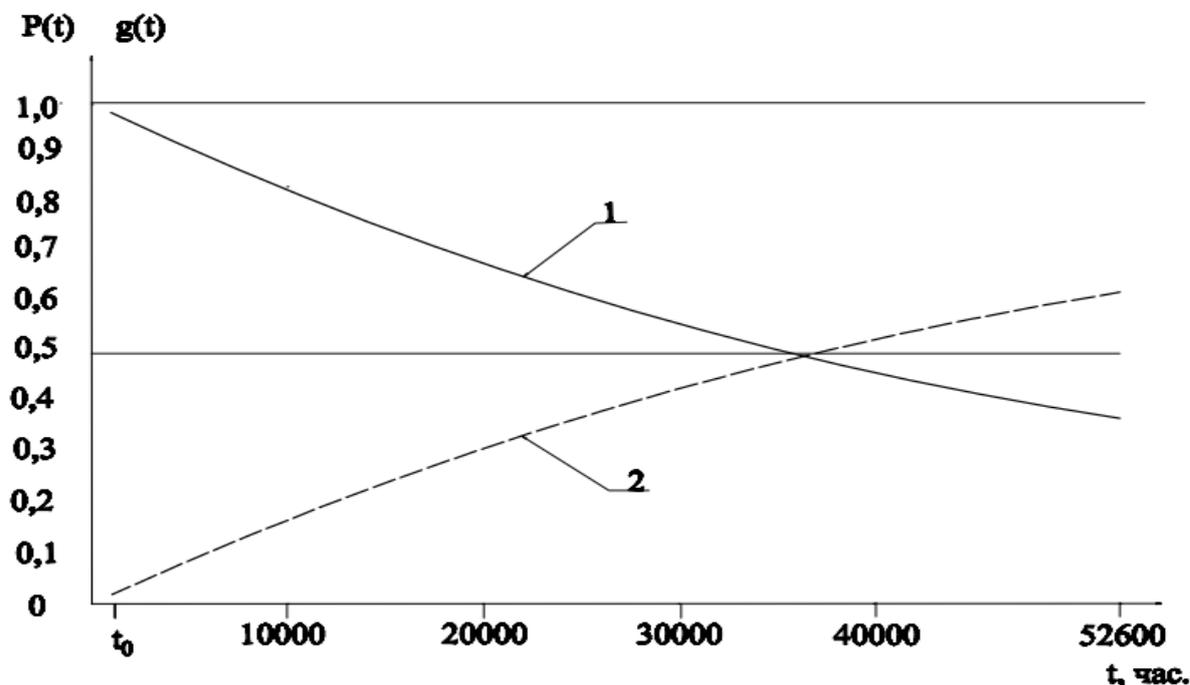


Рис. 1. Распределение нормативного ресурса:

- 1 – экспонента снижения уровня вероятности безотказной работы;
- 2 – экспонента «вызревания» отказа;
- 0 - t_1 – период приработки.

Из рисунка 1 видно, что функция $P(t)$ монотонно убывающая, т.е. в процессе эксплуатации надёжность аппаратуры убывает. Математически это выглядит так: $0 \leq P(t) \leq 1$; $P(0) = 1$; $P(\infty) = 0$.

В начальный момент времени $P(0)$ вероятность безотказной работы может быть максимальной, вероятность отказа $g(t) = 1 - P(t) = 1 - 1 = 0$. Вероятность безотказной работы к 40000 часам ниже 0,5, а вероятность отказа выше 0,5. Метанометры эксплуатируются в различных условиях угольных шахт и эти условия, старение самой техники, квалификация обслуживаемого персонала в значительной степени влияют на уровень данных показателей и в момент времени свыше нормативного $P(\infty)$, отказ произойдёт.

К истечению нормативного срока изделия (52600 час.) необходимо произвести ТД, поставить диагноз его техническому состоянию и принять оптимальное решение о дальнейшем применении или выводе изделия из эксплуатации. Алгоритм ТД расписан в литературе [5]. Для эксплуатации изделий в сверхнормативном режиме необходимо довести уровень вероятности безотказной работы до уровня $\geq 0,9$, т.е. чтобы их функциональные параметры были равны или близкими к нормативным [2]. При этом заме-

няются детали или узлы не соответствующие техническим требованиям и изделие вновь вводится в эксплуатацию. Практика показала, что оптимальный прогноз устойчивой работы метанометров, при соблюдении эксплуатирующей стороной технических регламентов, является их безотказная работа в периоде двух-трёх лет. Можно с уверенностью сказать, что функция $P(t)$ будет представлять аналогию $P(t)$ рис.1 и будет выглядеть как экспонента (1^*) на рис. 2. Вероятность безотказной работы будет находиться в пределах: $0,5 \leq P(t) \leq 1$.

Таким образом, применяя технологию ТД, можно управлять ресурсом изделия.

Представим наши утверждения в графическом виде.

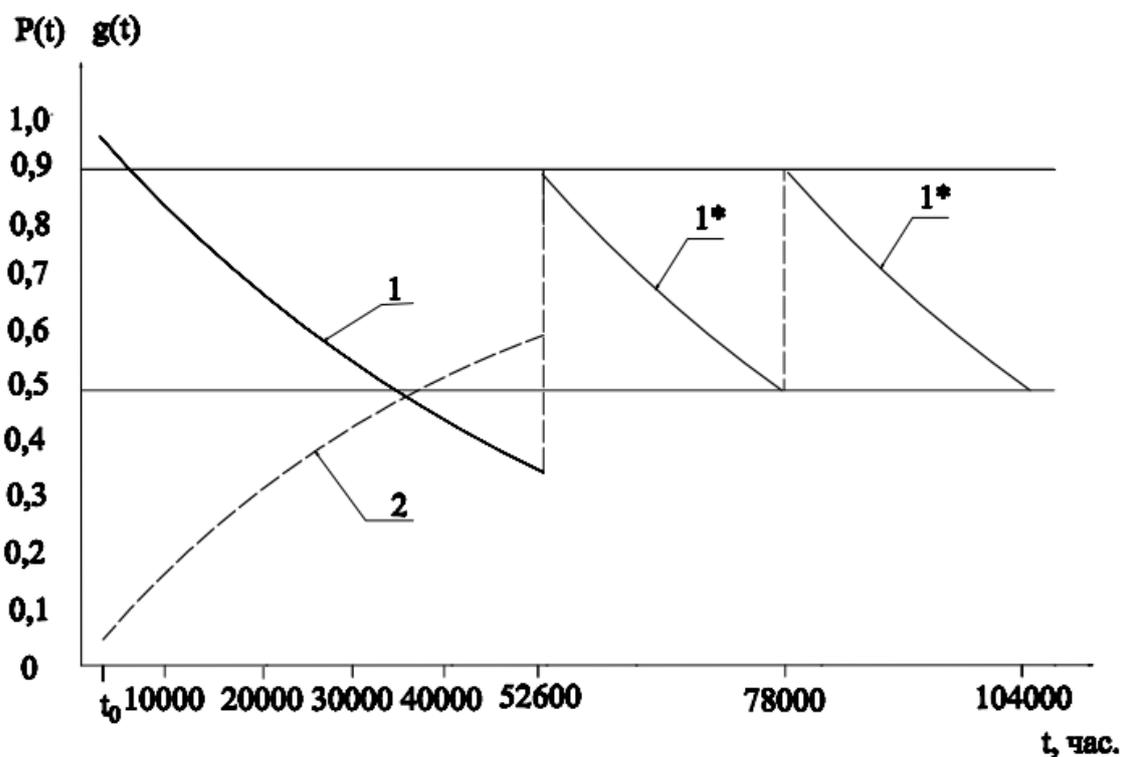


Рис. 2. Распределение сверхнормативного ресурса:

1^* - функция $P(t)$ при управлении ресурсом в сверхнормативном режиме эксплуатации.

ВЫВОДЫ

Используя в практике технологию технического диагностирования метанометрической техники, при её эксплуатации в сверхнормативном режиме и применяя вероятностно-статистический аппарат можно в значительной степени повысить прогноз ресурса и управлять самим ресурсом изделий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Приборы шахтные газоаналитические: ДСТУ ГОСТ 24032:2009 – [введён в действие с 2009-02-01]-М.: Госстандарт СССР,80. – 36 с. – (Национальный стандарт Украины).
2. Анализаторы метана: АТ1-1; АТ3-1. Руководство по эксплуатации 1364.01.00.000 РЭ.- Конотоп: Красный металлист, 2012. – 51 с.
3. Козлов Б. Справочник по расчёту надёжности / Б. А. Козлов, И. А. Ушаков. – М.: Советское радио, 1975. – 471 с.
4. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика / В. Е. Гмурман. – М.: Высшая школа. – 1972. – 368 с.
5. Федин В.А. Алгоритм технического диагностирования шахтной метанометрической техники, отработавшей расчётный срок службы / В.А.Федин // Технологии и процессы в горном деле и строительстве: материалы 2-го междунар. науч.-практического форума. – Донецк, 2014. – 244 с.
6. Основы теории надёжности: Учеб. пособие / Кокушкин Н.Н., Тихонов А.А., Петров С.Г. и др.- СПб.: СПб гос. технологический ун-т., 2011. – 114 с.

Получено: 16.10.2013

Викладено методику удосконалення технічного діагностування шахтної метанометричної техніки із застосуванням імовірностатистичного підходу з розпізнавання стану апаратури в конкретний період часу.

Ключові слова: шахта, метанометрична техніка, технічне діагностування, надійність, імовірність безаварійної роботи, старіння техніки, «визрівання відмови».

The methodic of technical diagnostics improvement of mine methanometric equipment by using the probabilistic and statistical approach concerning the recognition of equipment state at a definite time period has been set out.

Keywords: mine, methanometric equipment, technical diagnostics, reliability, probability value of accident-free operation, aging of equipment, “fault curing”.