

способом, и ошибка ее определения будет зависеть лишь от инструментальной погрешности измерений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Инструкция по учету объемов добычи рядового угля и готовой угольной продукция на шахтах, разрезах и обогатительных (брикетных) фабриках МУП Украины. ДонУГИ. – Киев., 1996.– 33 с.
2. Методические указания по производству замеров горных выработок и определению (учету) объемов подземной добычи угля в зависимости от способов добычи и транспортировки. – Л., 1989.– 44 с.
3. Д.А. Казаковский, М.И. Глеизер. Маркшейдерский учет добычи и борьба с потерями угля в недрах. Углетехиздат, 1948.
4. Ю.М. Халимендик, А.В. Усатенко, А.С. Моисеев. Совершенствование механизма стимулирования повышения качества добываемого угля при разработке маломощных пластов. Економічний вісник Національної гірничої академії України. Т.1, 1999.– С. 115-117.
5. Ю.М. Халимендик, И.Е. Головчанский, А.В. Бруй. Особенности учета добываемого угля при разработке тонких угольных пластов в Западном Донбассе. Качество минерального сырья/ Сборник научных трудов.– Кривой Рог: Минерал. 2005. – С. 530-535.
6. Neubert K. Genauigkeit der betrieblichen und markscheiderischen Ermittlung ausgekohlter Kaume. Bergbautechnik. Hft. 3. Septebr. 1951.
7. Л.А. Денисенко. Исследование влияния ошибок маркшейдерского и статистического учета на точность планируемой добычи угля / на примере шахт треста Коммунарскуголь / Дисс. на соиск. уч. ст. канд. техн. наук. – Днепропетровск. – 1968.– 159 с.
8. Вентцель Е.С. Теория вероятностей. М.: Наука, 1969.– 576 с.

УДК 622.002.5:62-192

Асп. В.В. Цванг
(ОАО "НИИГМ им. М.М. Федорова")

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ НАДЕЖНОСТЬЮ ШАХТНЫХ ВЕНТИЛЯТОРОВ ГЛАВНОГО ПРОВЕТРИВАНИЯ

У статті запропоновано концептуальну модель системи керування надійністю ШВГП. Використано методи системного аналізу для опису внутрішньої структури вентилятора. Рекомендовано використання моделі зміни технічного стану для оцінки ефективності функціонування ШВГП.

CONTROL SYSTEM OF RELIABILITY OF MAIN MINE FANS

In the article is propose the conceptual model of control system of reliability of main mine fans. Methods of systems analysis was used for description of fans internal structure . Recommended using the technical state changing model for assessment of effectiveness functioning main mine fans.

Горное производство, отличающееся особой сложностью и разнообразием имеющихся потенциальных опасностей природного и, главное, техногенного характера, требует последовательного целенаправленного и эффективного воздействия на процессы производства с целью обеспечения безопасных условий труда и максимального исключения факторов для возникновения аварий.

Большинство аварий являются техногенными в первую очередь из-за отказов и поломок горношахтного оборудования.

Интенсивное «старение» шахтного фонда в целом и технологических комплексов шахт вследствие неудовлетворительного воспроизводства производственных мощностей, вызванное систематическим снижением объемов вложений

в сохранение, развитие и техническое перевооружение отрасли, привели к необходимости эксплуатации предельно изношенных машин и оборудования стационарных установок шахт.

Растущий уровень изношенности машин и оборудования, а также эксплуатация применение их за пределами установленных заводами-изготовителями сроков потребовали разработки новых подходов к обеспечению безопасности эксплуатации и методов оценки технического состояния шахтных подъемных, вентиляторных, теплоэнергетических установок и оборудования подземного транспорта.

В конечном счете, сформировалась общая проблема оценки остаточного ресурса длительно действующих машин и оборудования, предопределяющего условия и возможность их дальнейшей безопасной эксплуатации.

Значение надежности и умение оценивать степень риска при эксплуатации шахтных вентиляторов главного проветривания (ШВГП) чрезвычайно важно, т.к. аварии, связанные с неэффективной работой вентиляторов, могут привести в первую очередь к человеческим жертвам, а также к огромным материальным потерям.

Однако значительное повышение требований к безопасности не может быть реализовано только за счет расширения и ужесточения мер контроля за безопасностью без использования количественных оценок.

Для эффективного функционирования ШВГП необходима система, сочетающая в себе элементы контроля, анализа надежности и устранения ненадежности.

Концептуальная модель такой системы представлена на рис. 1.

К настоящему времени создана, практически используется и развивается современная наука обеспечения надежности сложных технических систем.

Правомерность и целесообразность применения методов теории надежности подтверждается результатами их практического использования в ряде отраслей техники.

Система управления надежностью (S) является системой высокого ранга. Для того чтобы данная система была эффективной нам необходимо рассмотреть подсистему, на которую будут направлены выходные (управленческие) воздействия системы управления надежностью. Такой подсистемой является шахтный вентилятор главного проветривания, который можно рассматривать как систему более низкого уровня (S_1).

Для системного анализа ШВГП будем использовать абстрактное описание. Необходимо учитывать тот факт, что шахтный вентилятор является динамической системой и с позиции динамического подхода определение системы сводится к заданию величин:

$$S_1 = \{T, X, U, \Omega, Y, \Gamma, \eta, \varphi\},$$

где T – множество моментов времени; X – множество допустимых входных воздействий, $X = \{x: T \rightarrow \Omega\}$; U – множество мгновенных значений входных воздействий; Ω – множество состояний, или внутренних характеристик системы; Y – множество мгновенных значений выходных сигналов; Γ – множество выходных

величин, $\Gamma = \{\gamma: T \rightarrow Y\}$; η – выходное отображение, $\eta: TxU \rightarrow Y$; φ – переходная функция состояния, $\varphi: T \times T \times U \times X \rightarrow U$.

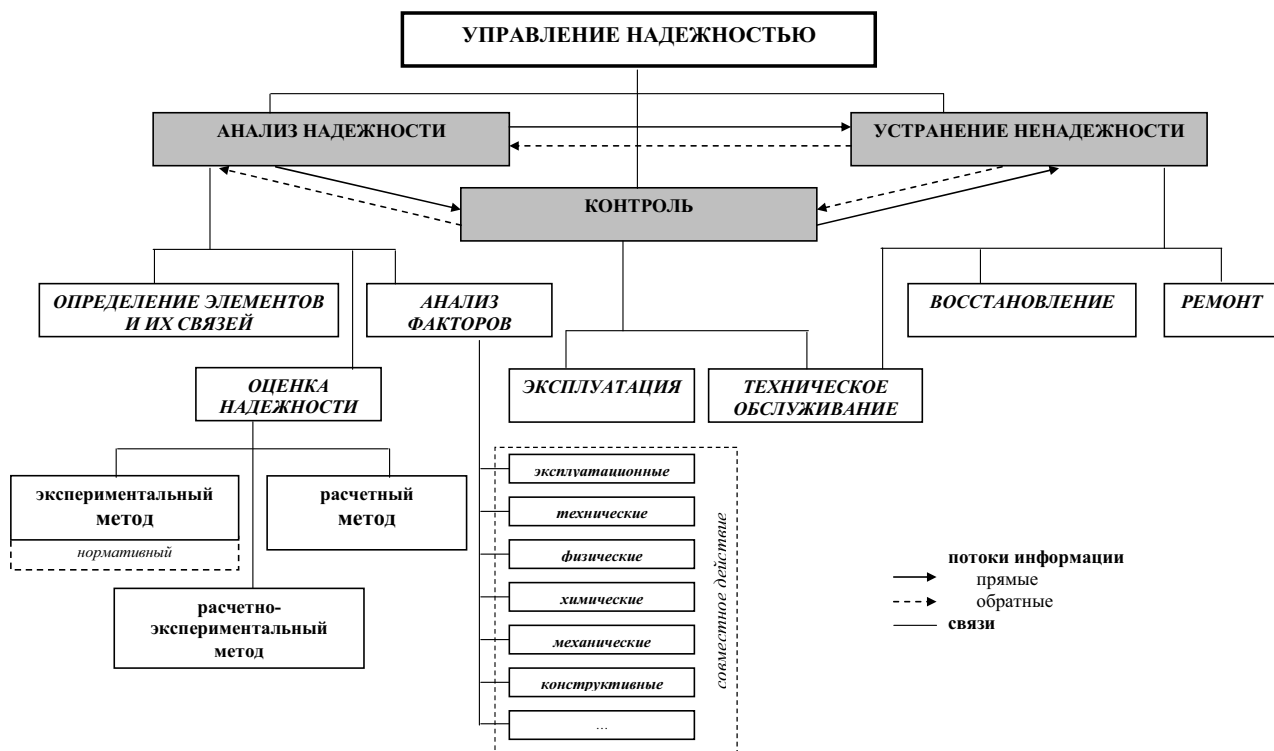


Рис. 1 – Концептуальная модель системы управления надежностью ШВГП

Однако приведенное определение динамической системы S_1 является чрезвычайно общим. Такое определение позволяет выработать общую терминологию, но не обеспечивает получения содержательных практических выводов, и поэтому требует дальнейшей конкретизации и введения дополнительных структур.

Описания внутренней структуры вентилятора и его функционирования необходимо осуществлять в зависимости от глобальных целей системы. Нас интересует безотказность, долговечность, ремонтпригодность и сохраняемость системы S_1 или определенное сочетание этих свойств, т.е. мы анализируем свойства системы определяющие ее надежность.

Для описания внутренней структуры ШВГП возможно применение модели изменения технического состояния ШВГП, которая в дальнейшем может служить основой для создания системы управления надежностью.

Данная модель может быть реализована с помощью методов имитационного моделирования.

Имитационная модель вентилятора позволит проверять гипотезы о причинах возникновения тех или иных наблюдаемых событий. Эксперимент при имитационном моделировании возможно будет в точности повтрить любое число раз. В то время как, реальная динамическая обстановка не позволяет точного повторения эксперимента.

Выбор имитационного моделирования обосновывается тем, что при моде-

лировании оценки надежности ШВГП, если учитывать множество всех факторов на нее влияющих, то другие математические модели оказываются слишком сложными.

В отличие от традиционного аналитического моделирование принцип имитационного моделирования основывается на том, что математическая модель воспроизводит процесс функционирования вентилятора во времени, причем имитируются элементарные события, протекающие с сохранением логики их взаимодействия.

При разработке имитационной модели необходимо учитывать, что она имитирует шахтный вентилятор главного проветривания, подвергаемый как постепенным, так и внезапным отказам. Для формирования свойств, характерных постепенным отказам, возможно использование модели роста. Для определения сроков аварийных отказов – закон распределения ресурса.

Получение параметров можно реализовать двумя способами: формальным из статистики или вручную. Получение параметров из статистики использует совокупность реально существующих кривых изменения технического состояния узлов. На основе этих кривых и определяются необходимые параметры. При ручном вводе параметров предполагается, что используются параметры законов распределения. Полученные параметры определяются до начала эксперимента и в процессе его проведения не изменяются.

Моделирование процессов, связанных с их возможными отказами, либо попаданиями в опасные состояния, является экономным средством ("вычислительным экспериментом") при оценке рекомендуемых эксплуатационных режимов.

Модель позволит проверять гипотезы о причинах возникновения отказов и критических ситуаций при эксплуатации ШВГП.

Однако на данном этапе исследования описание ШВГП как обособленной структуры не является необходимым для предварительного анализа надежности. В данной работе вентилятор будет рассматриваться лишь как функциональная система S_1 .

Если S_1 является функцией:

$$S_1: X \rightarrow Y,$$

То X – входной; Y – выходной объект.

Такая система иначе называется системой «вход-выход» или «черный ящик» (рис. 2).



Рис. 2 – Система «вход-выход»

Концепция «черного ящика» дает определенные возможности для предварительного объективного изучения системы.

Наблюдая за поведением такой системы, можно достичь такого уровня знаний свойств системы, чтобы научиться предсказывать движение ее выходных координат при любом заданном изменении на входе.

В нашем случае рассмотрение шахтного вентилятора с позиции «черного ящика» позволяет нам определить множество входных и получить множество изучаемых выходных характеристик.

Поскольку мы изучаем систему с точки зрения управления надежностью, то анализ входных и выходных множеств предполагает выбор параметров, характеризующих эффективность функционирования ШВГП (табл. 1).

Будем считать, что эффективная система – это надежная система, которая сохраняет во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, хранения и транспортирования (под хранением будем подразумевать простой).

А эффективность применения шахтных вентиляторов можно определить такими показателями как среднее время простоя ШВГП, среднее время наработки и эксплуатационные расходы, учитывающие все затраты, возникающие при применении и использовании вентиляторов, которые представляют собой выходные характеристики Y .

Таблица 1 – Нормируемые параметры надежности ШВГП с номинальным диаметром рабочего колеса свыше 3150 мм (согласно ГОСТ 11004-84 Вентиляторы шахтные главного проветривания: Технические условия)

Наименование параметра	Нормы для вентиляторов с номинальным диаметром рабочего колеса свыше 3150 мм
Наработка на отказ сборочных единиц и деталей ротора, трансмиссионного вала, соединительных муфт и направляющего аппарата, ч не менее	23 000
Установленный ресурс до первого капитального ремонта, ч не менее	80 000
Срок службы до списания, год, не менее	20
Удельная суммарная оперативная трудоемкость технических обслуживаний и текущих ремонтов, чел.-ч/год, не более	1800

Для оперативного и перспективного управления эффективностью применения и анализа надежности ШВГП.

Необходимо определить связь указанных показателей с факторами, описывающими функционирование вентиляторов и которые могут быть объективно оценены и/или на которые возможно непосредственное управленческое воздействие. Этими факторами в общем виде являются:

- характеристики используемых вентиляторов;
- характеристики технической эксплуатации (система ТО (технического об-

служивания)), организация ТО (квалификация персонала, производственные мощности, включая количественный состав обслуживающего персонала по специальностям и цехам, организация обеспечения запасными частями и т.д.);

- характеристики применения вентиляторов.

Тогда входными характеристиками могут быть следующие количественные и качественные факторы:

- показатели надежности узлов вентиляторов;

- периодичность планового ТО, продолжительность планового и непланового ТО;

- организация ТО (квалификация персонала, организация работы, условия работы и т.д.);

- организация снабжения запасными частями;

- режим применения (многократный цикл).

Результаты анализа системы S_1 позволят оценить уровень надежности, степень риска и изменение технического состояния вентиляторов, а также определить эффективность их функционирования.

На основе вышеуказанного анализа будет возможно принятие решений и осуществление управленческих воздействий, направленных на устранение ненадежности вентиляторов, что в свою очередь является функцией системы управления надежностью S .

При функционировании системы управления надежностью возможно будет решение таких задач как:

- выявление критических с точки зрения эффективности эксплуатации параметров;

- оперативная оценка эффективности отдельных намеченных мероприятий по ремонту вентиляторов;

- создание эффективной системы ТО.

Дальнейшая разработка системы высокого ранга S (системы управления надежностью) и конкретизированное описание системы более низкого уровня S_1 (системы вентилятор) являются инструментом для более глубокого анализа эффективного функционирования и эксплуатации ШВГП и представляют собой направление будущих исследований.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бусленко Н.П. Моделирование сложных систем. – М.: Наука, 1976. – 368 с.
2. Грядущий Б.А., Коваль А.Н. Формирование системы управления промышленной безопасностью при эксплуатации длительно действующего оборудования технологических комплексов шахт. // Проблемы эксплуатации оборудования шахтных стационарных установок. Материалы научной конференции «Проблемы экологии и безопасности жизнедеятельности в условиях высокой техногенной нагрузки в Донбассе» – Донецк, 2003. – С. 18-21.
3. ГОСТ 11004 – 84. Вентиляторы шахтные главного проветривания. Технические условия. – Взамен ГОСТ 11004–75; Введ. 21.06.1984. – М.: Изд-во стандартов, 1984. – 31 с.
4. Льюиг Л. Идентификация систем. Теория для пользователя. – М.: Наука, 1991. – 432 с.