

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ

С.С. Кубрин (ИПКОН РАН),
А.И. Сукманов (НПП «СпецТек»)

Внедрение современных стратегий управления отказами оборудования, таких как обслуживание по состоянию, требуют знания соответствующих методик для проведения оценки технического состояния оборудования. В статье описана такая методика применительно к оценке состояния очистного комплекса шахты, разработанная в рамках совместного проекта ИПКОН РАН и НПП «СпецТек». Методика применима при оценке состояния и других видов оборудования¹.

Ключевые слова: оценка состояния, индекс состояния, техническая диагностика, информационная система, управление отказами, RCM.

Необходимость управлять отказами является в настоящее время общим местом в менеджменте технической эксплуатации физических активов предприятий. В этой сфере сформированы и за последние 30 лет стали общепризнанными концепции управления отказами, в числе которых наиболее известна концепция RCM (Reliability Centered Maintenance) [1,2]. Ее суть состоит в том, чтобы выбрать и реализовать применимую к данному оборудованию стратегию управления отказами, которая обеспечивала бы минимизацию возможных последствий отказов при заданных ресурсных и временных ограничениях.

В частности, стандарт SAE JA 1011:2009 «Evaluation Criteria for Reliability-Centered Maintenance (RCM) Processes» выделяет такие возможные стратегии (методы) управления отказами, как ремонт по факту отказа, плановое восстановление и замена, работы по состоянию, обнаружение отказов, разовые изменения, комбинация работ. Выбор той или иной стратегии должен быть обоснованным, он должен проводиться для каждого возможного вида отказа и исходить из тяжести его последствий, выбранная стратегия должна уменьшать (устранять) последствия отказа в такой степени, которая оправдывает прямые и не прямые затраты на ее реализацию.

Однако, если указанный авторитетный стандарт говорит об осознанном применении стратегии ремонта по отказу, то есть о применении ее там, где это возможно и целесообразно, то сказать то же самое о практике российских предприятий далеко не всегда возможно. В частности, в практике эксплуатации очистных комплексов шахт чаще всего находит применение ремонт по отказу, а его использование никак не связано с такими понятиями, как «анализ», «осознанный выбор», «минимизация последствий».

По сути, развитие практики управления отказами на предприятиях подземной добычи угля находится на уровне 50-х годов XX века [3]. Как следствие ремонтов по отказу – большие внеплановые простои очистных комплексов, когда плановое рабочее время тратится на устранение отказа. Каждый такой простой обходится предприятию миллионными потерями в выработке продукции. Ситуация сопровождается высокой аварийностью, причем аварийный характер

отказа сам по себе делает ремонт более дорогостоящим и длительным. Каждая авария несет риски для безопасности. Аналогичные факты необоснованного применения стратегии ремонтов по отказу приводят к и по предприятиям открытых горных работ [4].

В этой связи актуальным является внедрение предупреждающих стратегий для управления теми отказами, которые имеют значимые последствия для безопасности, экологии, экономики предприятия. Упомянутый стандарт для управления такими отказами рекомендует работы по состоянию. Причем под работами по состоянию следует понимать как работы по оценке технического состояния оборудования, так и последующий предупредительный ремонт, решение о котором принимается на основе полученных оценок состояния. При этом оценку состояния не следует понимать в узком смысле и сводить ее к технической диагностике. Перспективность стратегии по состоянию для снижения рисков и повышения эффективности горного оборудования подтверждается и в работах отечественных специалистов [4, 5].

Основываясь на актуальности задачи внедрения современных стратегий управления отказами на основе оценки состояния оборудования, специалисты НПП «СпецТек» и ИПКОН РАН в 2011 г. приступили к совместной работе, которая ведется на основании государственного контракта, заключенного между ИПКОН РАН и Министерством образования и науки РФ. Предметом госконтракта является выполнение опытно-конструкторских работ по теме: «Создание технологии прогноза, оценки риска опасных природных и техногенных явлений при подземной разработке твердых полезных ископаемых и выработки технологических решений по их предотвращению на базе интеллектуальной системы поддержки принятия решений и комплексного синтезирующего мониторинга». В рамках ОКР будет создана автоматизированная система поддержки принятия решений и комплексного синтезирующего мониторинга с подсистемой технического обслуживания, ремонта, анализа и оценки технического состояния очистного комплекса (ТОРОС). Именно к разработке подсистемы ТОРОС институт ИПКОН РАН привлек компанию НПП «СпецТек».

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного контракта № 16.525.12.5008.

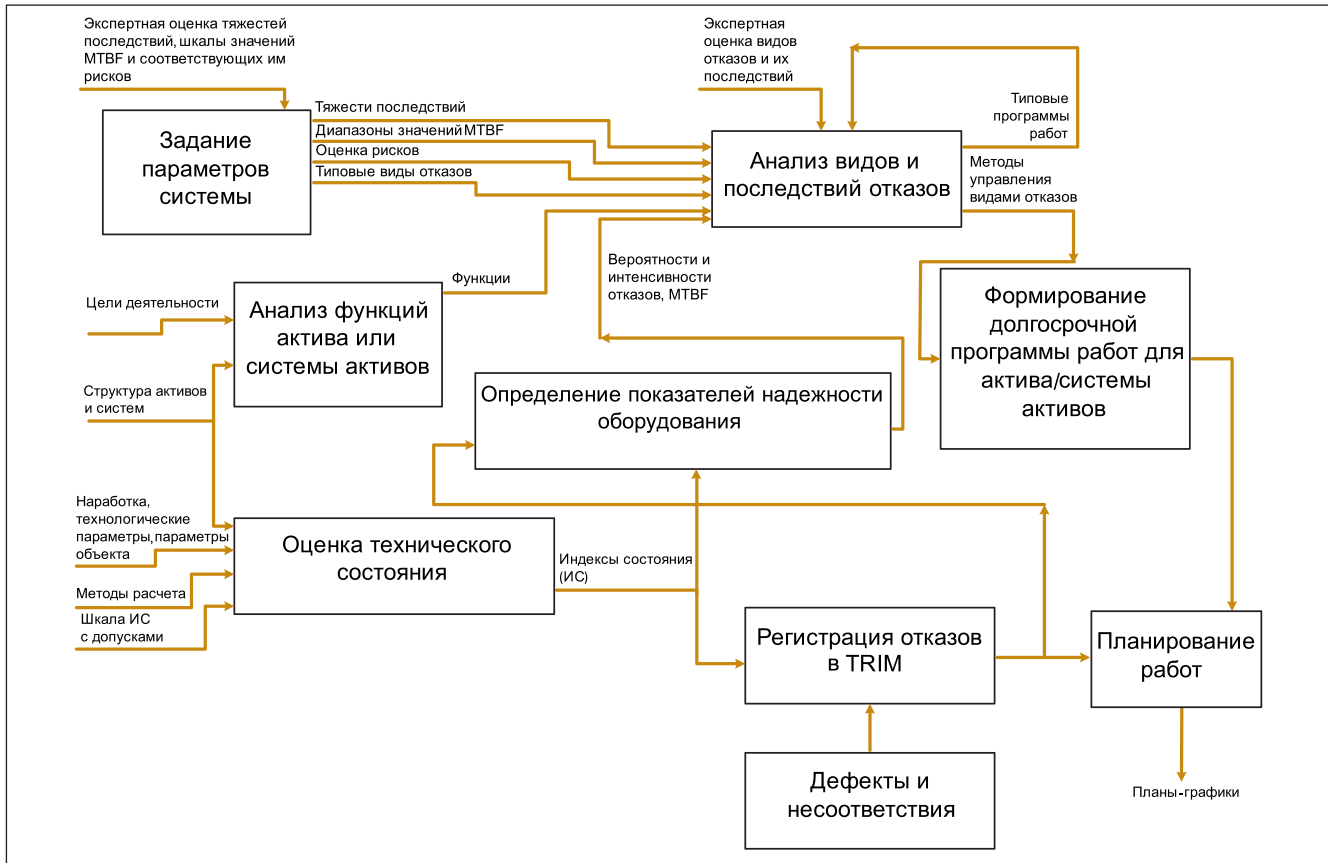


Рис. 1. Определение стратегий и оценка состояния

Назначение подсистемы ТОРОС – информационная поддержка принятия решений, направленных на снижение рисков отказов оборудования, составляющего очистной комплекс горнотехнической системы шахты. Подсистема должна предоставить ее пользователям интеллектуальные средства оценки, анализа и прогнозирования технического состояния оборудования по данным мониторинга его работы и расчета индексов состояния. На этой основе в подсистеме будет осуществляться выбор стратегий управления отказами, планирование и учет выполнения работ (рис. 1). Выбранные стратегии (методы) управления отказами будут определять долгосрочную программу работ, которая, в свою очередь, станет основой для формирования планов-графиков работ на заданный период (год, квартал и т. д.).

Создание подсистемы ТОРОС предполагает пять этапов, на текущий момент выполнены два из них – эскизный и технический проект. В рамках эскизного проекта определено, что программной платформой подсистемы ТОРОС станет комплекс TRIM – корпоративная информационная система класса EAM/MRO разработки НПП «СпецТек». В техническом проекте, в частности, представлена разработанная НПП «СпецТек» и ИПКОН РАН методика, предназначенная для оценки технического состояния очистного комплекса шахты. Рассмотрим коротко суть этой методики.

Методика оценки состояния очистного комплекса позволяет определить следующее:

- находится ли оборудование в нормальном состоянии, не требующем какого-либо вмешательства;
- требуется ли дополнительное внимание со стороны персонала или улучшенный контроль параметров оборудования;
- необходимо ли выполнение дополнительных измерений, испытаний и других профилактических мероприятий;
- требуется ли проведение ремонтов, модернизации, облегчение режимов работы или вывод оборудования из эксплуатации.

Оценкой технического состояния оборудования является безразмерная числовая величина, получаемая в результате выполнения определенного алгоритма. Эта числовая величина называется индексом состояния (ИС). Величина ИС характеризует состояние объекта с точки зрения соответствия его параметров нормативным значениям с учетом значимости (веса) каждого параметра.

На рис. 2 показаны составляющие ИС очистного комплекса. Индекс состояния верхнего уровня (уровень 1) определяется по совокупности ИС уровня 2. Для определения последних выделяются подсистемы, которые влияют на состояние очистного комплекса. В свою очередь ИС второго уровня определяются по критериям (уровень 3). Критерии рассчитываются на основе параметров (уровень 4), с помощью которых оценивается состояние того или иного узла. Для расчета одного критерия может использоваться как один, так и несколько параметров.

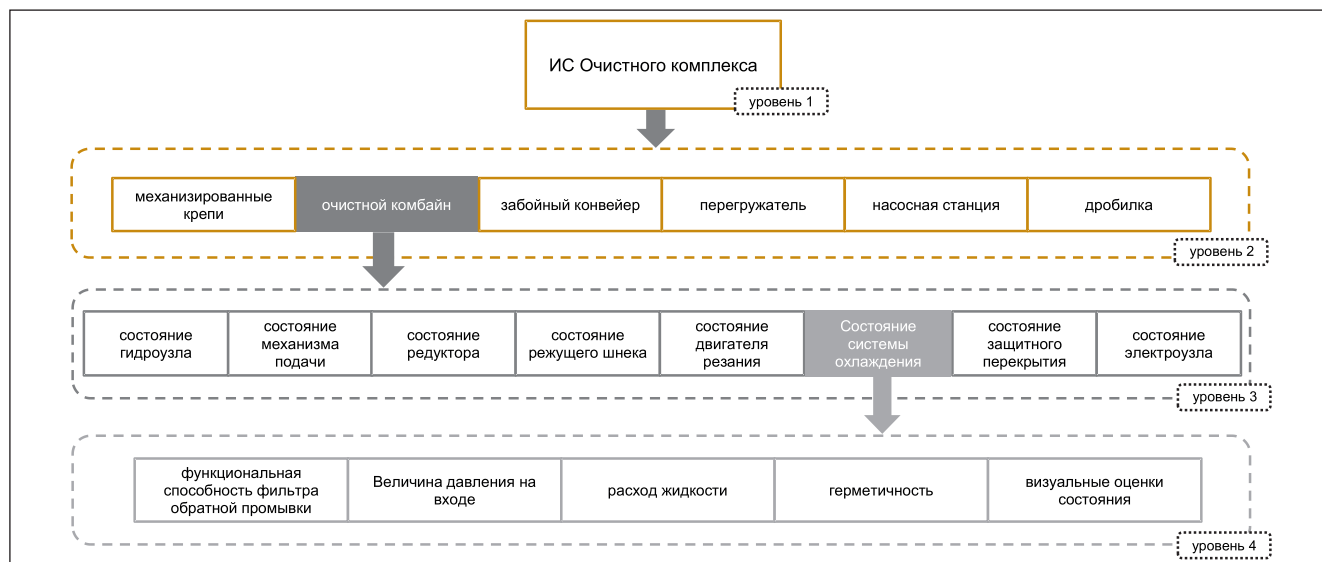


Рис. 2. Составляющие индекса состояния очистного комплекса

Таблица

Шкала ИС	Состояние объекта
0...25	Непригодное
26...50	Неудовлетворительное
51...70	Удовлетворительное
71...100	Хорошее

Взаимодействие уровней между собой определяется весовыми коэффициентами. Напри-

мер, если отказ узла не приводит к отказу всей подсистемы, то связанный с этим узлом критерий будет иметь низкий весовой коэффициент, и его влияние на величину ИС подсистемы будет низким.

Параметром является паспортная характеристика оборудования или характеристика, получаемая в результате диагностики или осмотра оборудования. Для того чтобы на получить безразмерный ИС, значения критериев и параметров также должны быть безразмерными. С этой целью количественные и качественные значения параметров переводятся в целочисленные дискретные значения, которые отражают степень соответствия параметра его номиналу. Например, 5 – наилучшее соответствие номиналу, 1 – наихудшее.

Оценка состояния оборудования включает несколько этапов (рис. 3):

- построение модели оценки состояния;
- мониторинг параметров;
- расчет критериев и индексов состояния,;
- анализ ИС, формирование оповещений и рекомендаций;
- выполнение рекомендаций.

Построение модели включает анализ структуры объекта оценки, выделение подсистем, определение критериев оценки и перечня параметров, определение метода расчета ИС, определение шкалы ИС с граничными значениями, разработку типовых оповещений и рекомендаций, соответствующих различным значениям ИС.

Шкала (интервал) ИС формируется на основании экспертных оценок, и включает граничные значения для анализа ИС. В соответствии с этой шкалой

(таблица) определяются техническое состояние узла, единицы оборудования или всего комплекса и соответственно его надежность.

Для различных значений ИС, попадающих в тот или иной интервал, разрабатываются типовые оповещения и рекомендации, то есть определяются действия, которые необходимо выполнить.

Для расчета ИС очистного комплекса в методике используется соотношения вычисления средневзвешенного значения по всем составляющим:

$$I_1 = \frac{\sum_i W_{2i} I_{2i}}{\sum_i W_{2i}} \quad I_2 = \frac{\sum_i W_{3i} I_{3i}}{\sum_i W_{3i}} \quad I_3 = \frac{\sum_i W_{4i} I_{4i}}{\sum_i W_{4i}},$$

где I_1 – ИС очистного комплекса; I_2 – ИС объектов (подсистем) очистного комплекса; I_3 – ИС критериев (узлов); W_{2i} – Вес индекса состояния i -того объекта (подсистемы) очистного комплекса; W_{3i} – Вес индекса состояния i -того критерия (узла); W_{4i} – Вес i -того параметра; I_{2i} – ИС i -того объекта (подсистемы) очистного комплекса; I_{3i} – ИС i -того критерия (узла); I_{4i} – оценка (значение) i -го параметра.

Максимально возможное значение ИС, рассчитанное по этим формулам, нормируется и используется при формировании шкалы. Для нахождения значения ИС в конкретных случаях вместо указанных формул могут быть использованы следующие методы:

- по максимуму/минимуму выбранного параметра/критерия;
- по сумме параметров/критериев.

После построения модели оценки очистного комплекса осуществляется переход к следующим этапам оценки состояния комплекса. Далее проводится мониторинг параметров, которые были выбраны при построении модели оценки состояния (рис. 3). На основании данных мониторинга рассчитываются ИС комплекса, объектов и критериев.

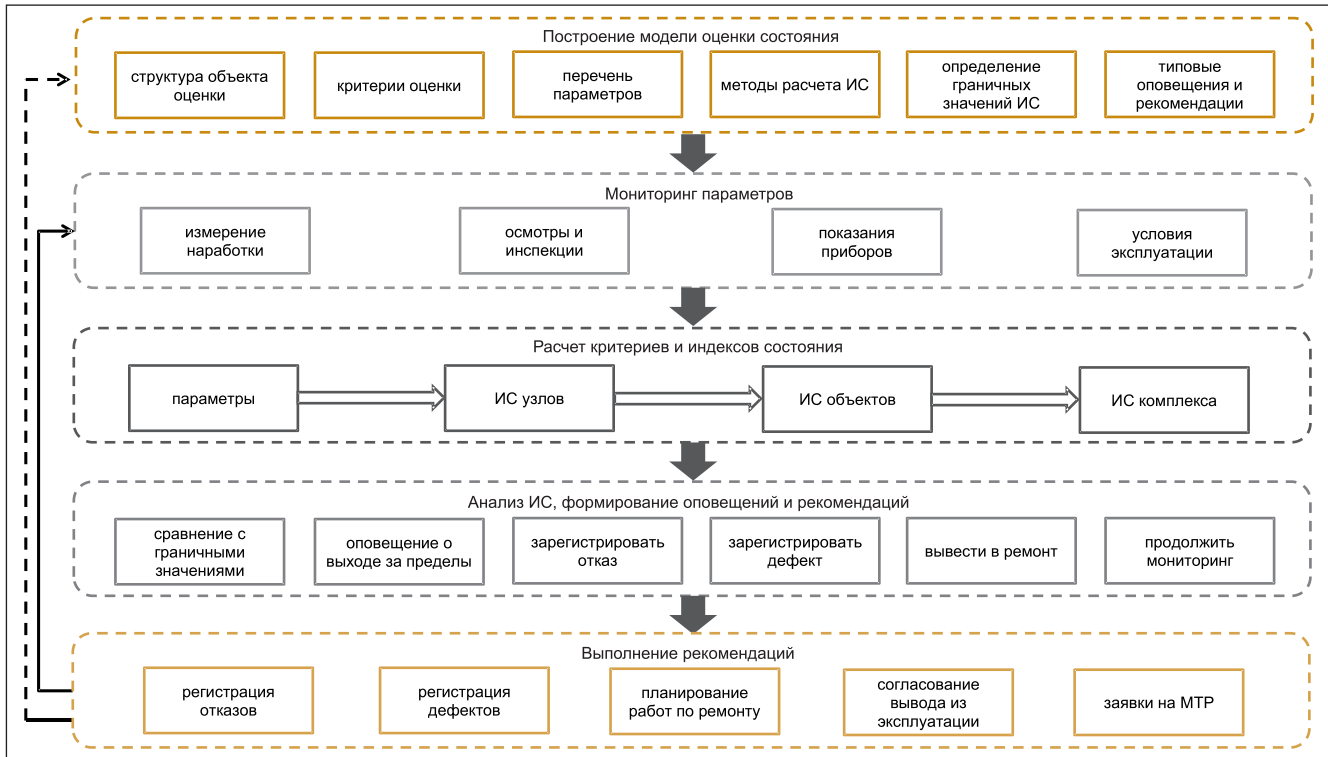


Рис. 3. Этапы оценки состояния

Результатом расчета ИС очистного комплекса является определение его состояния в целом, а также определение того, какой из критериев влияет на состояние оборудования в большей степени. Таким образом, чтобы улучшить состояние всего оборудования может быть достаточно повлиять на один из его критериев, который имеет наихудшую оценку состояния.

Все рассчитанные ИС заносятся в общую БД для проведения анализа и выработки соответствующих мероприятий в зависимости от значения ИС.

После выполнения рекомендованных мероприятий продолжается мониторинг параметров и осуществляется перерасчет ИС. Повторный расчет ИС даст возможность понять правильность выбора подсистем и критериев для оценки ИС очистного комплекса, перечня параметров, оповещений и рекомендаций, шкалы оценки ИС.

На этой основе возможен пересмотр используемой модели оценки состояния, ее коррекция. Таким образом, согласно методике модель оценки состояния постоянно совершенствуется, что позволяет рассчитывать ИС с максимальной степенью достоверности.

Данная методика является доступной, логичной и понятной. При этом очевидно, что она информационно насыщена — необходимо оперировать множеством параметров, критериев, индексов состояния. Ее реализация требует обработки и анализа большого объема данных, что представляется невозможным без

внедрения автоматизированной информационной системы. В этой связи система ГОРОС изначально проектируется как автоматизированная и информационная на базе специального ПО TRIM, предназначенного для управления процессами эксплуатации, обслуживания и ремонта оборудования. Для этого потребовалась доработка (адаптация) моделей модуля «TRIM-Оценка состояния» под специфику оценки состояния очистного комплекса шахты. В данный момент идет выполнение пилотного проекта внедрения такой автоматизированной информационной системы и представленной методики на шахте им. С. М. Кирова ОАО «СУЭК-Кузбасс».

Список литературы

1. Nowlan F.S., Heap H.F. Reliability-centered Maintenance. San Francisco: Dolby Access Press, 1978.
2. Moubray J. Reliability-centered Maintenance. Second Edition. NY: Industrial Press Inc, 1997.
3. Антоненко И.Н., Крюков И.Э. Информационные системы и практики ТОиР: этапы развития // Главный энергетик. 2011. №10.
4. Андреева Л.И., Красникова Т.И. К вопросу об управлении риском эксплуатации оборудования промышленного предприятия // Рудник будущего. 2010. №2.
5. Темченко А.А., Кияновский Н.В., Темченко В.М. Разработка теории и обоснование стратегий эксплуатации горно-обогатительного оборудования // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2011. №7.

Кубрин Сергей Сергеевич — д-р техн. наук, и.о. заведующего лабораторией ИПКОН РАН,

Сукманов Алексей Игоревич — ведущий специалист НПП «СпецТек».

Контактный телефон (812) 329-45-60.

E-mail: asukmanov@spectec.ru s_kubrin@mail.ru