

ТОРОС

Подсистема автоматизации технического обслуживания, ремонта, анализа и оценки технического состояния горных машин и оборудования

Антоненко И.Н., начальник отдела НПП "СпецТек", к.т.н.

Кубрин С.С., зав. лабораторией Института проблем комплексного освоения недр РАН, профессор, д.т.н.

Матюшин В.А., исполнительный директор НПП "СпецТек"

Сукманов А.И., ведущий специалист НПП "СпецТек"

При эксплуатации горных машин и оборудования широко практикуется ремонт по отказу [1]. Главное, что его использование никак не связано с такими понятиями, как «анализ», «осознанный выбор», «минимизация последствий». Как следствие – большие внеплановые простои, 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.

В этой связи актуальным является внедрение предупреждающих стратегий для управления теми отказами, которые имеют значимые последствия для безопасности, экологии, экономики предприятия. Это такие стратегии, как обслуживание по регламенту (система ППР) и работы по состоянию (Condition-Based Maintenance). 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 по отдельным параметрам. Речь идет о комплексной оценке состояния на основе расчета интегрированных показателей (индексов технического состояния), каждый из которых может включать в себя взвешенные значения множества параметров.

Современный подход к предупреждению отказов состоит в том, что соответствующая стратегия обслуживания должна быть выбрана, и применена к тому или иному оборудованию исходя из его значимости для надежного выполнения производственного задания, и разумного баланса между затратами на предупреждение его отказа и тяжестью последствий этого отказа. Такой подход называют обслуживанием, ориентированным на надежность, или Reliability-Centered Maintenance (RCM) [2-4]. Согласно определению ГОСТ Р 27.002-2009, RCM – это систематизированный метод, определяющий соответствующие задачи и частоту повторения операций технического обслуживания, в основу которого положены вероятности и последствия отказов. Другой стандарт, ГОСТ Р 27.601-2011, вводит понятие НОТО, которое по своему смыслу соответствует RCM. НОТО – надежно ориентированное ТО (техническое обслуживание). Согласно стандарту, НОТО заключается в систематическом подходе к анализу данных по безотказности и безопасности с целью определения возможности и целесообразности выполнения задач профилактического ТО, выделения проблемных областей ТО с целью пересмотра проекта и разработки наиболее эффективной программы профилактического ТО. Логика НОТО применяется к отдельным видам отказов каждого изделия, идентифицированным в процессе АВППКО (анализ выявленных причин, последствий и критичности отказов), через последовательное определение методов обнаружения и корректировки предполагаемых отказов с целью сохранения установленных уровней безотказности и безопасности.

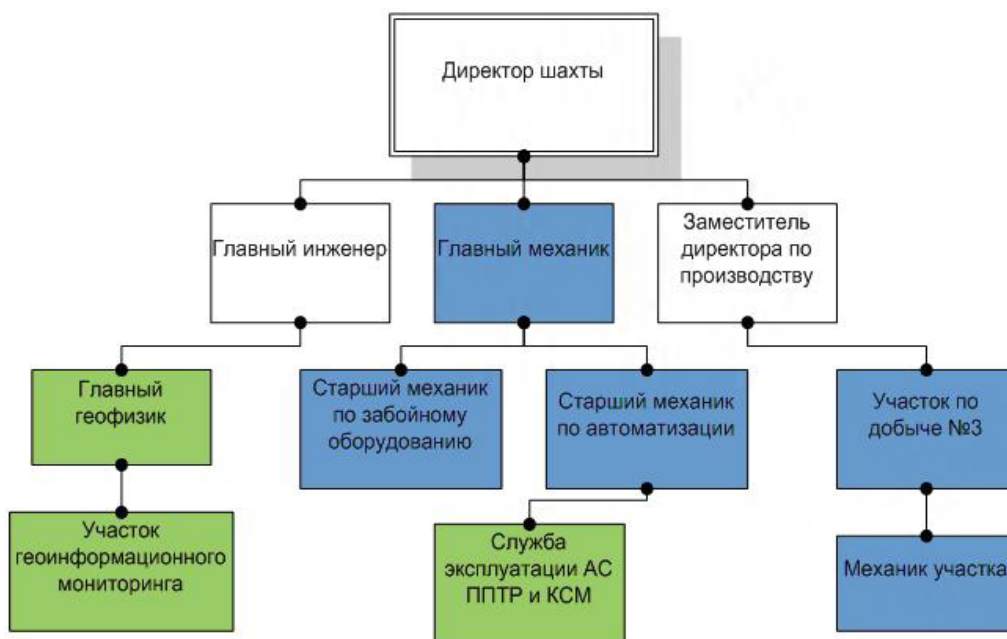
В рамках RCM указанные выше предупреждающие

При этом целесообразность применения той или иной стратегии может столкнуться с проблемой ее реализации. В случае с обслуживанием по регламенту (система ППР) препятствием может быть отсутствие регламентов как таковых, либо отсутствие доступа к ним и возможности их оперативного использования. Отсутствие адекватных инструментов объективного учета оборудования, и составления планов-графиков работ, которые связали бы каждую единицу оборудования с документированным регламентом его обслужива-

Целесообразность применения стратегии обслуживания по состоянию для снижения рисков и повышения эффективности горного оборудования была обоснована в работах как зарубежных, так и отечественных специалистов [1, 5, 6]. Однако ее реализация сталкивается с такими проблемами, как отсутствие методик оценки состояния технически сложных объектов, какими являются горные машины и оборудование. При этом мето-

Таким образом, задача практической реализации предупредительных стратегий обслуживания, в том числе стратегий обслуживания по регламенту и по состоянию, является на сегодняшний день наиболее актуальной. В 2011-2013 годах, НПП «СпецТек» и Институт проблем комплексного освоения недр РАН (ИПКОН РАН) выполнили комплекс работ в этом направлении. В частности, компания НПП «СпецТек» выступила как исполнитель, а ИПКОН РАН как заказчик разработки подсистемы технического обслуживания, ремонта, анализа и оценки технического состояния очистного комплекса (ТОРОС) шахты. Подсистема разрабатывалась как часть автоматизированной системы поддержки принятия решений и комплексного синтезирующего мониторинга («АС ППТР и КСМ»), которая, в свою очередь, создавалась на основании государственного контракта № 16.525.12.5008.

На текущий момент подсистема ТОПОС разработана, и находится на стадии внедрения на одном из угледобывающих предприятий ОАО «СУ-ЭК-Кузбасс».



Горное дело №1 2013



Пользователи, то есть сотрудники предприятия, использующие «АС ППТР и КСМ» и подсистему ТОРОС, показаны на рис. 1.

Подсистема ТОРОС: структура программ и технических средств, и функции

Подсистема автоматизации ТОРОС построена на основе технологии «клиент-сервер» и многоуровневой (multi-tier) технологии построения программного обеспечения с использованием распределенной реляционной базы данных.

Это значит, что подсистема ТОРОС состоит из трех основных составляющих:

- сервера данных;

Подсистема ТОРОС: назначение и задачи

Подсистема ТОРОС – это система методик, руководств, регламентов, программных и технических средств, ориентированных на задачи планирования, ресурсного обеспечения, выполнения и контроля деятельности по техническому обслуживанию, ремонту, анализу и оценке технического состояния очистного комплекса шахты. Подсистема ТОРОС позволяет адаптировать ее также и к специфике открытых горных работ.

Назначение подсистемы ТОРОС – информационная поддержка принятия решений, направленных на снижение рисков отказов горных машин и оборудования. Цель ее создания в том, чтобы обеспечить:

- повышение отказоустойчивости оборудования на основе своевременного обслуживания и ремонтов;
- повышение качества принятия технологических решений за счет оперативности представления, полноты, достоверности и удобства форматов отображения информации;
- повышение безопасности ведения горных работ за счет своевременного проведения мероприятий по обслуживанию и ремонту оборудования.

В составе «АС ППТР и КСМ» подсистема ТОРОС выполняет задачи:

- оценки и анализа технического состояния оборудования очистного комплекса по данным мониторинга его работы;
- прогнозирования технического состояния оборудования очистного комплекса;
- выработки программ обслуживания и ремонта оборудования очистного комплекса;
- формирования и ведения нормативно-справочной информации, базы данных оборудования очистного комплекса, мероприятий, ресурсов, выполненных работ и их результатов, показателей и индексов технического состояния очистного комплекса;
- анализа полученных прогнозов, выработанных и выбранных технологических решений на основе фактически наблюдаемого состояния оборудования очистного комплекса.

- сервера приложений;
- клиентской части.

Подсистема ТОРОС строится на базе программного комплекса TRIM – специализированного программного продукта класса EAM (Enterprise Asset Management), ориентированного на задачи управления эксплуатацией, техническим обслуживанием и ремонтами оборудования.

Сервер данных строится на основе системы управления базами данных (СУБД), которая содержит в своем составе базу данных и программные средства для управления ею,

Таблица 1. Перечень оборудования, включенного в базу данных подсистемы ТОРОС

Количество секций крепи	секций крепи-140 шт.
Крепь сопряжения с вент. печью	секция крепи RS 3200/570 – 2 шт.
Крепь сопряжения с конв. печью	секции крепи RS3200/570 – 2 шт.
Переходные секции крепи	RS2200/570 – 4 шт.
Линейные секции крепи	RS2200/570 – 132 шт.
Лавный конвейер	AFC30/300/600
Перегрузочное устройство	SBL-30/800/150
Дробилка	IT-30/150
Перегрузочное устройство	«Матильда»
Насосная станция	HDP- 177 3шт.
Очистной комбайн	4LS-20

доступа к данным, архивации, восстановления и защиты данных.

В базу данных подсистемы ТОРОС введена информация по объектам учета, которыми являются:

- единицы штатного расписания предприятия,
- фирмы-контрагенты, принимающие участие в эксплуатации оборудования и ремонте,
- материально-технические ресурсы (запчасти, материалы под ремонт и ТО),
- типовые работы по ремонту и обслуживанию оборудования,
- типы оборудования с характеристиками, параметрами, схемами, описаниями,
- единицы оборудования, соответствующие типам, и находящиеся в эксплуатации.

АРМ «Горное оборудование»

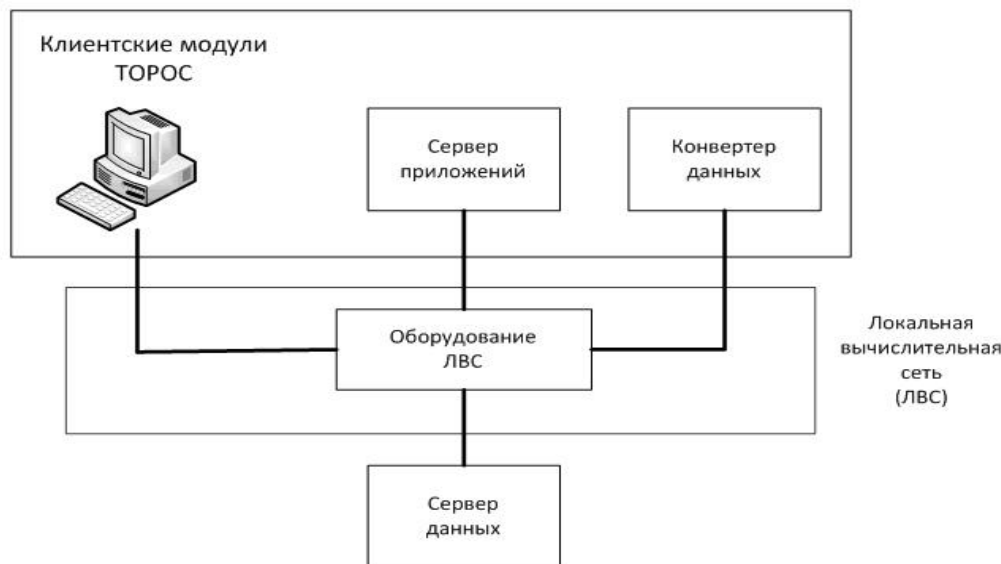


Рис. 2. Структура технических средств подсистемы ТОРОС

Типовые работы, которые введены в базу данных подсистемы ТОРОС:

- техническое обслуживание и ремонты (плановые);
- аварийные ремонты;
- технические осмотры, инспекционные проверки (внутренние);
- внешние проверки и инспекции;

серверу данных по мере необходимости. Результаты работы сервера приложений используют программные модули на рабочих местах пользователей.

Прикладная (клиентская) часть системы включает в себя набор программных модулей TRIM, обеспечивающих основную функциональность и интерфейс системы с пользователями. Серверная и клиентские части системы должны быть

- диагностика и контроль технического состояния;
- ввод и вывод из эксплуатации;
- консервация оборудования.

Перечень оборудования, которое включено в базу данных подсистемы ТОРОС, приведен в таблице 1.

Сервер приложений состоит из набора программных модулей TRIM, которые обеспечивают выполнение функций планирования работ, регистрации фактических данных выполнения работ и формирования оповещений и рекомендаций некоторых наиболее ресурсоёмких функций подсистемы ТОРОС. Программные модули на сервере приложений TRIM функционируют в автоматическом режиме, и обращаются к

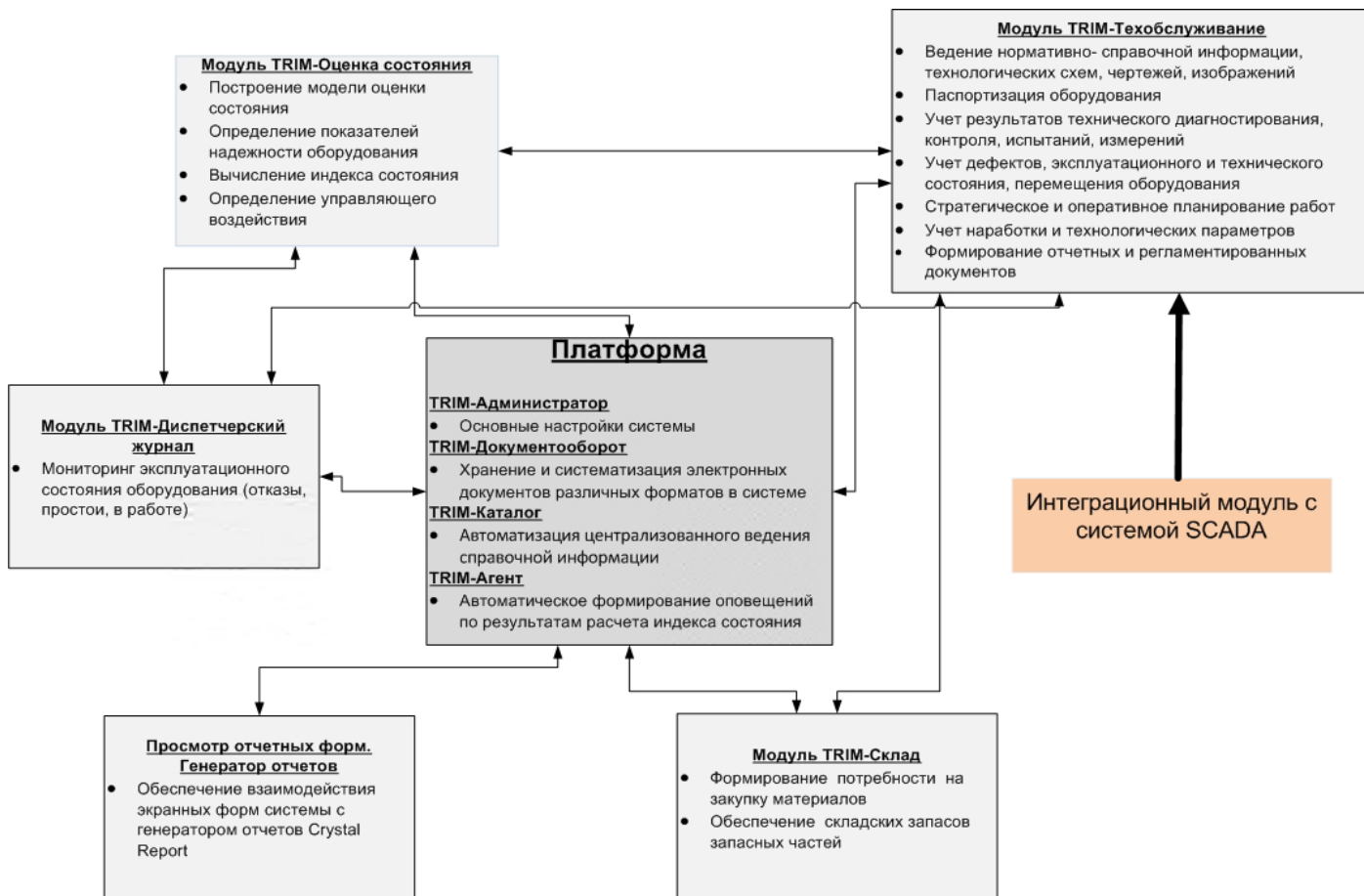


Рис. 3. Функции подсистемы ТОРОС, и их распределение по модулям TRIM

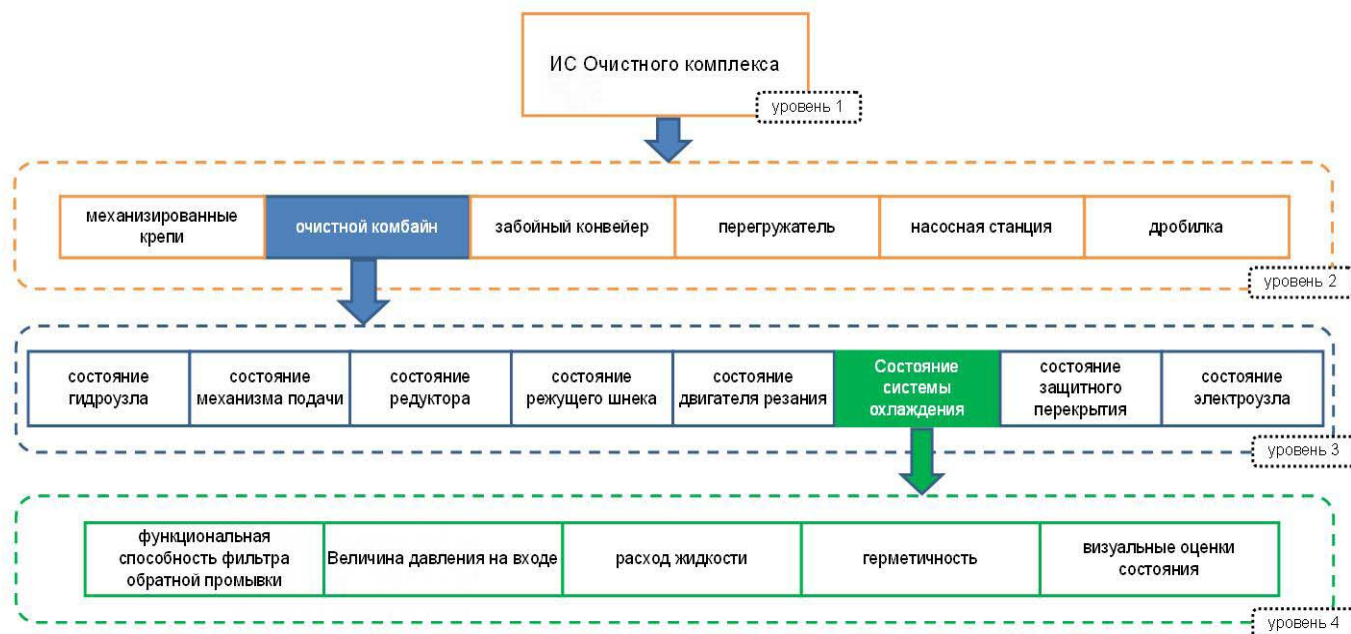


Рис. 4. Составляющие индекса состояния очистного комплекса

установлены на компьютерах, объединенных с помощью локальной вычислительной сети (ЛВС), которая обеспечивает обмен данными между ними в реальном масштабе времени («on-line»).

На рис. 2 представлена структура подсистемы ТОРОС.

В состав подсистемы ТОРОС включены следующие модули программного комплекса TRIM. Системные модули:

- TRIM-Администратор (служит для управления правами пользователей и т.д.);
- TRIM-Переводчик (служит для изменения словаря в меню и окнах программы);
- TRIM-Агент (служит для оповещения о событиях в системе);
- Сервер приложений TRIM.

Прикладные модули, в которых работают непосредственно пользователи:

- TRIM-Каталог;
- TRIM-Техобслуживание;
- TRIM-Диспетчерский журнал (Диспетчер);
- TRIM-Документооборот;
- TRIM-Склад;
- TRIM-Оценка состояния;
- TRIM-Генератор отчетов.

Кратко функции подсистемы ТОРОС и их распределение по модулям TRIM, показаны на рис. 3.

Подсистема ТОРОС: методическая основа

Методической основой подсистемы ТОРОС является методика оценки состояния оборудования, описанная ранее в работе [7].

Эта методика, при ее применении, позволяет ответить на следующие вопросы:

- 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.

Оценка состояния основывается на системе показателей, конфигурация которой связана со структурой оборудования. Для расчета этих показателей собираются, агрегируются в единой системе и используются разнородные данные – как объективного контроля (вибродиагностика и другие виды технической диагностики), так и результаты осмотров, инспекций, экспертных оценок состояния. На этой основе формируется комплексная оценка состояния, учитывающая влияние разнородных параметров и различных структурных единиц на оборудование в целом.

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

Критерием называют обобщенную характеристику единицы оборудования, позволяющую дать оценку его состоянию. Критерий имеет весовой коэффициент, отражающий степень влияния критерия на состояние единицы оборудования. Критерий может включать как один параметр, так и несколько. Оценка критерия определяется оценками параметров. Полный набор критериев по группе оборудования позволяет дать оценку состоянию единице оборудования.

Параметром называют паспортную характеристику оборудования либо характеристику, получаемую в ходе диагностики или осмотра оборудования (физическая величина, в единицах измерения, используемых для измерения этой физической величины), влияющую на состояние единицы оборудования.

На рис.4 показаны составляющие ИС очистного комплекса. Индекс состояния верхнего уровня (уровень 1) определя-

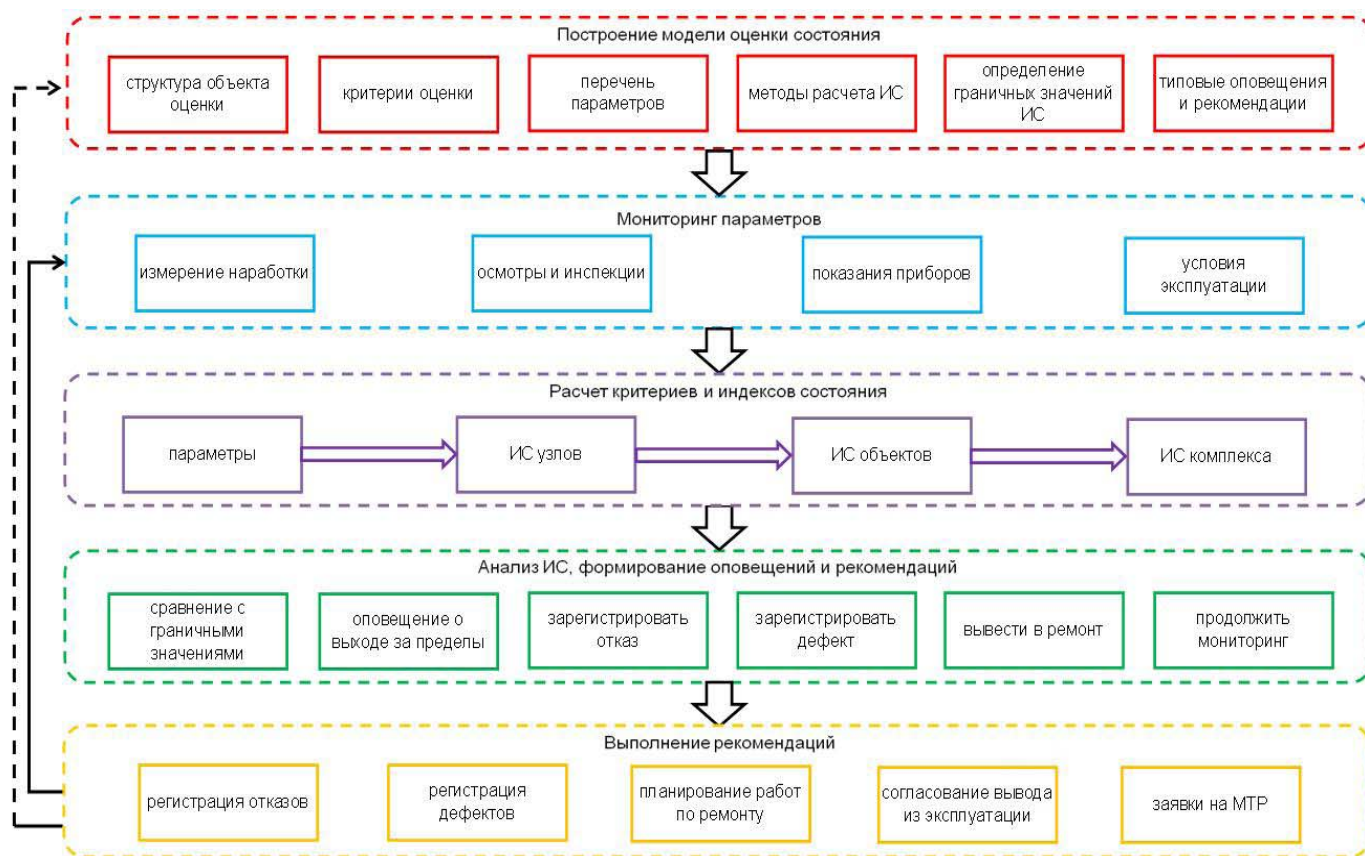


Рис. 5. Этапы оценки состояния

ется 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), влияние которых на состояние каждой подсистемы учитывается весовыми коэффициентами. Критерии, в свою очередь, 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.

Параметром является паспортная характеристика оборудования или характеристика, получаемая в результате диагностики или осмотра оборудования. Для того чтобы не получить безразмерный ИС, значения критериев и параметров также не 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 в себя несколько этапов (рис. 5):

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

Построение модели включает в себя 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.

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

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

$$I_1 = \frac{\sum_i p_{2i} I_{2i}}{\sum_i p_{2i}} \quad \text{где:}$$

$$I_2 = \frac{\sum_i p_{3i} I_{3i}}{\sum_i p_{3i}}$$

$$I_3 = \frac{\sum_i p_{4i} I_{4i}}{\sum_i p_{4i}}$$

I_1 – ИС очистного комплекса,
 I_2 – ИС объектов (подсистем) очистного комплекса,
 I_3 – ИС критериев (узлов),
 p_{2i} – вес индекса состояния i -того объекта (подсистемы) очистного комплекса,
 p_{3i} – вес индекса состояния i -того критерия (узла),
 p_{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 -того параметра.

После того, как модель оценки очистного комплекса построена, переходим к следующим этапам оценки состояния комплекса.

Как показано на рис. 5 далее проводится мониторинг параметров, которые были выбраны при построении модели оценки состояния. На основании данных мониторинга рассчитываются ИС комплекса, объектов и критериев.

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, для того 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 базу данных 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 правильно ли осуществлен выбор:

- 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, её коррекция. Таким образом, согласно методике модель оценки состояния постоянно совершенствуется, что позволяет рассчитывать ИС с максимальной степенью достоверности.

Очевидно, что реализация методики требует обработки и анализа большого объема данных, что представляется невозможным без внедрения автоматизированной информационной системы. В этой связи система ТОРОС изначально проектируется как автоматизированная и информационная – на базе специального программного обеспечения TRIM, предназначенного для управления процессами эксплуатации, обслуживания и ремонта оборудования. В данный момент идет выполнение пилотного проекта внедрения такой

автоматизированной информационной системы и представленной методики на шахте им. Кирова ОАО «СУЭК-Кузбасс».

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации в рамках Государственного контракта № 16.525.12.5008.

Литература

1. Андреева Л. И., Красникова Т. И. К вопросу об управлении риском эксплуатации оборудования промышленного предприятия// Рудник будущего. 2010. №2. С. 81-86.
2. Nowlan F. S., Heap H. F. Reliability-centered Maintenance. San Francisco: Dolby Access Press, 1978. 466 p.
3. Moubray J. Reliability-centered Maintenance. Second Edition. NY: Industrial Press Inc, 1997. 426 p.
4. SAE JA 1011:2009 «Evaluation Criteria for Reliability-Centered Maintenance (RCM) Processes». Surface Vehicle/Aerospace Standard: Society of Automotive Engineers.
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. С. 253-260.
6. Афанасьев Ю.А., Кулешов Е.В. Диагностические информационные технологии – основа безопасной эксплуатации горнотранспортного оборудования // MEGATECH – Новые технологии в промышленной диагностике. 2009. №3. С.64-67.
7. Сукманов А.И., Зотов В.В., Кубрин С.С. Разработка методики оценки состояния оборудования очистных комплексов горных предприятий// Горный информационно-аналитический бюллетень. 2012. №10. С. 260-264.

TRIM ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС

Системы управления надежностью, обслуживанием и ремонтами оборудования

ЗНАТЬ, ГДЕ ТОНКО!



СпецТек

НПП СпецТек
Россия, 197022, г. Санкт-Петербург, ул. Академика Павлова, д. 7А
тел.: +7 (812) 329-45-60, факс: +7 (812) 329-45-61, www.trim.ru, sales@spectec.ru