© О.Н. Основина, Л.М. Боева, 2015

УДК 681. 31:692.21

О.Н. Основина, Л.М. Боева

ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ УЛУЧШЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ГОРНО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ПУТЕМ ВНЕДРЕНИЯ СТРАТЕГИИ ЕГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ПО ФАКТИЧЕСКОМУ СОСТОЯНИЮ

Обоснована возможность снижения интенсивности отказов оборудования в процессе его эксплуатации по сравнению с проектной и обеспечения требуемой эксплуатационной надежности путем активного воздействия на оборудование при внедрении стратегии его технического обслуживания и ремонта по фактическому состоянию.

Ключевые слова: горно-металлургическое оборудование, эксплуатационная надежность, остаточный ресурс, система планово-предупредительных ремонтов, стратегия обслуживания по фактическому состоянию.

Введение

Одной из основных задач технической эксплуатации оборудования предприятий горнодобывающего и металлургического комплекса является повышение эффективности управления его работоспособностью с целью повышения остаточного ресурса, сокращения простоев в техническом обслуживании и ремонте, снижения затрат на проведение технических воздействий и обеспечения требуемой эксплуатационной надежности.

Горно-металлургические машины и агрегаты образуют отдельный класс механического оборудования, отличающийся особенностями проектирования, изготовления, эксплуатации и ремонта [1]. Это оборудование предназначено зачастую для реализации уникальных технологических процессов, поэтому проектируется и изготавливается индивидуально. Его функционирование в условиях постоянного воздействия значительных технологических нагрузок ведет к быстрому износу, физическому старению отдельных элементов, что влечет непрерывное ухудшение технологических и технико-экономических показателей оборудования вплоть до нарушения его работоспособного состояния и возникновения внезапных отказов.

Практически равнозначно эксплуатационным нагрузкам на работоспособность рассматриваемого класса оборудования влияет своевременность проведения и качество работ по его техническому обслуживанию и ремонту.

Влияние организационных мероприятий на эксплуатационную надежность оборудования

Основное требование к горно-металлургическим машинам и агрегатам – обеспечение проектной надежности при отсутствии отказов. Под проектной надежностью понимается рассчитанное конструктором значение средней наработки до отказа

$$T_{CP} = \frac{t}{n} = \frac{t}{n_{пост} + n_{вн}}, \qquad (1)$$

где n – общее число ожидаемых отказов за период работы t; $n_{пост}$ – число постепенных отказов; $n_{вн}$ – число внезапных отказов [2].

На этапе проектирования конструктор руководствуется только номинальными технологическими нагрузками, пренебрегая паразитными, хотя именно последние во многом определяют реальный спектр нагрузок. В конструкторской документации отсутствуют требования, регламентирующие режимы работы, обоснование необходимости проведения ремонта, оценка остаточного ресурса оборудования и рекомендуемые виды ремонтов [3].

Технология изготовления и сборки оборудования рассматриваемого класса определяет уровень технологической безопасности и безотказности. В настоящее время отсутствуют единые требования к качеству изготавливаемых деталей и техническому обслуживанию машин. На любой стадии эксплуатации могут возникнуть дефекты как результат нарушения технологического процесса или неблагоприятного сочетания дестабилизирующих воздействий [4].

Вероятность выявления дефектного элемента в процессе технического обслуживания и, тем самым, предотвращения развития постепенного отказа в интервале времени t

$$P(t) = \frac{n_{пост}}{n_{пост} + n_{вн}}(1 - e^{-\frac{t}{t_m}}) \quad , \qquad (2)$$

где t_m – среднее время, затрачиваемое на обнаружение дефектного элемента, которое зависит от эффективности применяемых средств контроля и диагностики, методики и производительности аппарата прогнозирования остаточного ресурса, а также от квалификации и опыта работы обслуживающего инженерно-технического персонала.

Следовательно, число постепенных отказов в процессе эксплуатации в зависимости от эффективности обслуживания может быть фактически уменьшено до значения

$$n^{э}_{пост} = n_{пост}(1 - P) < n_{пост} \quad . \qquad (3)$$

Если реальные условия эксплуатации мало отличаются от расчетных, благодаря усилиям обслуживающего персонала и безотказной работе систем жизнеобеспечения металлургического оборудования, воздействие факторов внешней среды может быть ослаблено и, следовательно, интенсивность отказов уменьшится по сравнению с расчетной

$$n^{э}_{вн} = \lambda_{э} t < n_{вн} \quad ,$$

где $\lambda_{э}$ – фактическое значение интенсивности отказов.

Таким образом, в процессе эксплуатации оборудования общее количество отказов может быть уменьшено, а фактическое значение наработки до отказа может превысить проектную оценку

$$T^{э}_{ср} = \frac{t}{n^{э}_{пост} + n^{э}_{вн}} > T_{СР} \quad . \qquad (4)$$

В этом заключается сущность активного воздействия эксплуатационных мероприятий по повышению надежности, которое, к сожалению, часто отрицается некоторыми авторами, утверждающими, что надежность горно-металлургических машин и агрегатов при эксплуатации не может быть выше проектной [2].

Виды ремонтов металлургического оборудования

Работа ремонтных служб предприятий горнодобывающего и металлургического комплекса в настоящее время направлена на поддержание и восстановление работоспособного состояния механического оборудования путем проведения технического обслуживания и предупредительного ремонта. Доминирующая на современных горно-металлургических предприятиях система планово-предупредительных ремонтов (ППР) пред-

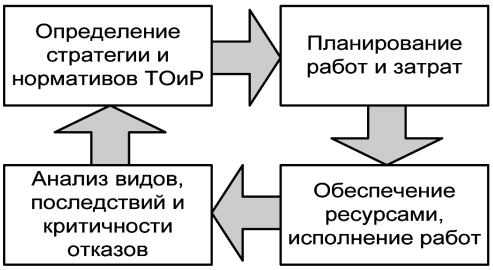
полагает, что проведение определенного объема ремонтных работ через равные промежутки времени позволит обеспечить безотказную работу эксплуатируемых машин [5]. Отчасти такая практика унаследована от советских времен, отчасти обусловлена значительным объемом работ по техническому обслуживанию и ремонтам (ТОиР). Достоинство периодических планово-предупредительных ремонтов – простота реализации и наработанная за десятилетия нормативная и организационная база.

ППР производится в соответствии с заранее составленным графиком выполнения работ по профилактике оборудования. Достоинством этого подхода является снижение вероятности внезапного отказа оборудования. Однако, основная идея ППР, состоящая в том, что остаточный ресурс механизма определяется только временем его эксплуатации, не находит подтверждения на практике. Основной недостаток ППР заключается в проведении ремонтов фактически исправного оборудования, а также принудительной замене деталей независимо от их остаточного ресурса (в сложном оборудовании разница ресурсов отдельных деталей может достигать 500%). Все это приводит к неоправданному росту эксплуатационных затрат. К недостаткам ППР также нужно отнести снижение остаточного ресурса оборудования и повышение вероятности отказа при вводе в работу после ремонта.

Индивидуальные свойства машин и агрегатов предприятий горнодобывающего и металлургического комплекса зачастую приводят к тому, что ремонтная служба занимается срочной ликвидацией внезапных отказов (реагирующее ТО). Это ведет к внеплановым остановкам технологических линий, снижению эффективности производства, повышению затрат на содержание оборудования и объемов проводимых ремонтных работ, увеличению скорости старения деталей, к дополнительным затратам по их преждевременной замене [6].

Исходя из вышесказанного, можно утверждать, что повышение эффективности горно-металлургического производства требует разработки новых ремонтных стратегий, которой может стать техническое обслуживание и ремонт оборудования по его фактическому состоянию. ОФС заключается в проведении профилактических, восстановительных и диагностических работ через интервалы времени (наработки), определенные по фактическим показателям надежности, результатам предыдущего диагностического контроля, значениям параметров оценки текущего технического состояния каждого вида оборудования с учетом его срока службы и конкретных условий эксплуатации на предприятии. Эффективность технического обслуживания и ремонта оборудования по его фактическому техническому состоянию обусловлена тем, что ремонтные работы проводятся в том объеме и в то время, когда это действительно необходимо.

Обобщенная структурная схема, иллюстрирующая реализацию данной стратегии, представлена на рисунке. Цикл управления имеет обратные связи, позволяющие оценивать эффективность управленческих решений и затрат на ТОиР.



Структурная схема реализации ОФС

Для осуществления технического обслуживания и ремонта по фактическому состоянию необходима идентификация его текущего технического состояния, а также оценка и прогнозирование остаточного ресурса. Оценка текущего технического состояния металлургических машин осуществляется на основе детальной диагностики эксплуатируемого объекта по целому комплексу основных (анализ характера шума механизма, параметры вибрации, контроль температуры, результаты визуального осмотра) и дополнительных (анализ смазки, анализ токовых характеристик электропривода) параметров.

Одной из основных задач ОФС является своевременное выявление потенциальных отказов и неисправностей и принятие мер по предотвращению их появления. Основным методом решения этой задачи является анализ видов, последствий и критичности отказов (АВПКО). Для реализации этого метода в практических целях во многих странах разработаны соответствующие национальные и фирменные стандарты, а также международный стандарт МЭК. В Российской Федерации для анализа видов и последствий отказов применяют государственный стандарт ГОСТ 27.301-95.

В ходе АВПКО определяют виды, причины отказов и их последствия для основного и вспомогательного оборудования, вырабатывают рекомендуемые действия. АВПКО включает в себя качественное описание отказов (что, как, почему и с какими последствиями может отказать) и определение количественных характеристик отказов и их последствий (критичность отказов, вероятность возникновения отказов и т.д.).

Хотя основная задача АВПКО – обеспечение эксплуатационной надежности механических систем, его результаты также используются и при оценке ремонтопригодности, анализе безопасности, жизнеспособности и уязвимости, разработке планов технического обслуживания, определении местоположения неисправностей.

Заключение

Введение обслуживания горнометаллургического оборудования по фактическому состоянию требует применения индивидуальных методов и технологий диагностики неисправностей и мониторинга технического состояния вследствие уникальности конструкции машин и агрегатов, дополнительных затрат на оснащение оборудования специфическими системами и средствами контроля. Успешное использование этой ремонтной стратегии позволит сократить количество и объемы ремонтов оборудования, а также сократить количество необходимых запасных частей и материалов вследствие проведения обслуживания на ранних стадиях развития дефектов; повысить надежность работы оборудования, значительно уменьшить число внезапных отказов и аварийных ситуаций; уменьшить упущенную из-за простоев оборудования прибыль.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Седуш В.Я.* Надежность, ремонт и монтаж металлургических машин. – Донецк: Юго-Восток, 2007. – 379 с.

2. *Острейковский В.А.* Теория надежности. – М.: Высшая школа, 2003. – 463 с.

3. *Гулидов И.Н.* Оборудование прокатных цехов (эксплуатация, надежность): Учебное пособие. – М.: Интермет-Инжиниринг, 2004. – 315 с.

4. *Поляков Б.Н.* Нагруженность прокатного оборудования с позиции теории случайных процессов // Известия вузов. Черная металлургия. – 2005. – № 12. – С. 53–57.

5. *Кирильченко П.Н., Артюх В.Г., Артюх Г.В., Беляев А.Н.* Система защиты оборудования от аварийных поломок // Сталь. – 2007. – № 1. – С. 65–66.

6. *Ченцов Н.А.* Организация, управление и автоматизация ремонтной службы. – Донецк: Норд-Пресс, 2007. – 258 с. ГИАБ

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Основина Ольга Николаевна – кандидат технических наук, доцент, *e*-mail: osnovin72@mail.ru,
Боева Людмила Михайловна – кандидат технических наук, доцент, *e*-mail: boeva@inbox.ru,
Старооскольский технологический институт им. А.А. Угарова (филиал),
Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»
(СТИ НИТУ «МИСиС»).

UDC 681. 31:692.21

ORGANIZATIONAL AND TECHNICAL ASPECTS OF THE IMPROVE OPERATIONAL CHARACTERISTICS OF MINING AND METALLURGICAL EQUIPMENT BY IMPLEMENTING THE SERVICE STRATEGY ACCORDING TO THE ACTUAL STATE

Osnovina O.N., Candidate of Technical Sciences, Assistant Professor, *e*-mail: osnovin72@mail.ru,
Boeva L.M., Candidate of Technical Sciences, Assistant Professor, *e*-mail: boeva@inbox.ru,
Stary Oskol Technological Institute named after A.A. Ugarov,
National University of Science and Technology «MISiS» branch, Stary Oskol, Russia.

It is feasible to reduce the failure rate of equipment during its operation over the project and provide the required operational reliability through active impact on the equipment in implementing its strategy of maintenance and repair on the actual state.

Key words: mining and metallurgical equipment, operational reliability, residual life, the system of preventive maintenance, maintenance strategy on the actual state.

REFERENCES

1. Sedush V.Ya. *Nadezhnost', remont i montazh metallurgicheskikh mashin* (Надежность, ремонт и монтаж металлургических машин), Donetsk, Yugo-Vostok, 2007, 379 p.
2. Ostreikovskii V.A. *Teoriya nadezhnosti* (Теория надежности), Moscow, Vysshaya shkola, 2003, 463 p.
3. Gulidov I.N. *Oborudovanie prokatnykh tsekhov (ekspluatatsiya, nadezhnost')*: Uchebnoe posobie (Оборудование прокатных цехов (эксплуатация, надежность), Educational aid), Moscow, Intermet-Inzhiniring, 2004, 315 p.
4. Polyakov B.N. *Izvestiya vuzov. Chernaya metallurgiya*. 2005, no 12, pp. 53–57.
5. Kiril'chenko P.N., Artyukh V.G., Artyukh G.V., Belyaev A.N. *Stal'*. 2007, no 1, pp. 65–66.
6. Chentsov N.A. *Organizatsiya, upravlenie i avtomatizatsiya remontnoi sluzhby* (Организация, управление и автоматизация ремонтной службы), Donetsk, Nord-Press, 2007, 258 p.

Квалифицированный профессор и умный издатель – последняя линия обороны научно-технической модернизации и обеспечения инженерной безопасности в стране.