

УДК 669.04

к.ф.-м.н. Харитonenko A. A.,
к.т.н. Жильцов A. П.
(ЛГТУ, г. Липецк, Россия)

АНАЛИЗ И УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТОВ ОБОРУДОВАНИЯ В МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Рассмотрены системы технического обслуживания и ремонтов оборудования и пути их усовершенствования, проведён анализ стандартных методов и приёмов по определению коренных причин на примере виртуального аварийного отказа оборудования, разработан и предложен соответствующий бланк для электронного документооборота.

Ключевые слова: металлургическое оборудование, техническое обслуживание, ремонты, отказ, фактическое состояние.

Проблема и её связь с научными и практическими задачами. Система технического обслуживания и ремонтов в металлургическом производстве предусматривает в современных условиях следующие основные виды:

- систему планово-предупредительных ремонтов (ППР);
- реагирующее (реактивное) обслуживание (РАО);
- систему обслуживания по фактическому состоянию (ОФС).

Целью эффективного технического обслуживания является максимально результативное его проведение с использованием плановых остановок оборудования, сводящих к минимуму коэффициенты простоев, связанных с техобслуживанием и ремонтами. Данная цель реализуется на абсолютном большинстве металлургических производств через систему планово-предупредительных ремонтов (ППР).

Сущность этой системы состоит в том, что после отработки оборудованием определённого времени производятся профилактические осмотры и различные виды плановых ремонтов, периодичность и продолжительность которых зависят от конструктивных и ремонтных особенностей оборудования и условий его эксплуатации. Такая система очень удобна с точки зрения планирования на основе утверждённых

графиков ремонтов. Но объём выполненных работ не всегда целесообразен, поскольку он определяется на основе регламента и результатов осмотров оборудования. При такой системе ремонта не исключаются аварийные отказы и простои оборудования, которые являются наиболее дорогостоящими, а также отсутствует возможность оперативного управления ремонтами. Поэтому применение системы реагирующего обслуживания (РАО) после наступления аварийного отказа при базовой системе ППР является актуальным и необходимым.

При этом разумным решением снижения времени простоев и увеличения полезного времени работы оборудования является реформирование системы управления техническим обслуживанием и ремонтами (ТОиР). Известно, что наиболее экономически затратными являются потери от простоев, вызванных аварийной остановкой агрегата, поскольку в таком случае может нарушаться общий цикл функционирования цеха при отсутствии резервирования.

Постановка задачи. Главной целью реформирования системы ТОиР является снижение числа аварийных простоев оборудования при минимизации дополнительных затрат на его обслуживание [2, 3] путём достоверного определения коренных причин отказов.

Изложение материала и его результаты. Каждый отказ в работе оборудования (инцидент), приводящий к аварийной ситуации и простоям, имеет свою природу и связан с организационными, техническими и (или) личностными причинами (человеческий фактор). Поэтому нахождение коренной причины отказа на основе общих принципов (стандартов) является основным фактором для снижения аварийных простоев оборудования и предупреждения появления подобных отказов при дальнейшей эксплуатации.

Среди «стандартных» приёмов следует выделить метод «5W+1H» («5 почему»), основанный на методе Сократа [3, 4], метод К. Исикавы [5] и др. При возникновении аварийного отказа (инцидента) с использованием стандартных приёмов необходимо последовательно проработать следующий круг вопросов, представленный в виде схемы (рис. 1).

Для практического применения данной схемы (появление аварийного отказа) при реализации системы РАО рациональным может быть применение электронного документооборота, который позволяет в оперативном режиме отслеживать и фиксировать этапы: регистрации отказа (тип, время, характер), анализа, возможных первопричин и коренной причины, принятых мер. С этой целью разработан бланк в системе электронного документооборота, представленный на рисунке 2.

В данном документе фиксируется в зоне А время наступления отказа, поиска запчастей, проведения замены отказавшей детали (узла); в зоне В — описание, фото, эскиз поломки (отказа); в зоне С — первоначальный анализ «5W+1H»; в зоне D — описание действий для выявления первопричин; в зоне Е — выдвижение гипотез; в зоне F — выявление первопричин, коренной причины; в зоне G — перечень принятых мер.



Рисунок 1 Схема последовательности принятия решений

МАШИНОСТРОЕНИЕ И МАШИНОВЕДЕНИЕ

Работник ремонтной службы		Подразделение			Участок		Машина			Дата	Код	
ЗАПИСЬ ВМЕШАТЕЛЬСТВА A					5W+1H АНАЛИЗ C							
Время начала поломки	Ожидание (мин)		Диагностика (мин)		ЧТО	Какой продукт производила машина?						
Поиск запчастей (мин)	Ремонт (мин)		Запуск (мин)		КОГДА	Когда возникла проблема?	При запуске	При выключении	Во время работы	При переналадке	При настройке	
Вмешательство закончено	ТИП: Механ., Гидравл., Пневмат., Электрич., Электронн., Программн. обесп.				ГДЕ	В какой части машины возникает проблема?						
ОПИСАНИЕ ОТКАЗА ОБОРУДОВАНИЯ (текст, эскизы, фотографии) B					КТО	Оператор не имеет опыта работы на этой машине?						
					КАКОЙ	Проблема предшествовал какой-то симптом?	Нет	Да - какие?				
					КАК	Какие последствия для нормальной работы машины?						
ОПИСАНИЕ ДЕЙСТВИЙ D												
5 "Почему" АНАЛИЗ E					ПЕРВОПРИЧИНЫ F							
	Гипотеза 1	Гипотеза 2	Гипотеза 3	Гипотеза 4	ОТСУТСТВИЕ БАЗОВЫХ УСЛОВИЙ	ОТСУТСТВИЕ НЕОБХОДИМЫХ УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ	ОТСУТСТВИЕ ПРОФ. ТЕХН. ОБСЛУЖИВАНИЯ	НЕДОСТАТОК НАВЫКОВ	НОРМАТИВНАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ	ВНЕШНЕЕ ВЛИЯНИЕ		
1-е почему												
2-е почему					Отсутствует	Стандарты отсутствуют	Отсутствует	Ошибка оператора	Отсутствие необходимых мероприятий	Влияние предыдущего оборудования (технологии)		
3-е почему						Недостаток стандартов	Недостаточное	Ошибка ремонтной службы	Неверное описание	Непригодное сырьё		
4-е почему					Пренебрежение	Пренебрежение стандартами	Пренебрежение		Отсутствие	Сторонние организации		
5-е почему					Коренная причина							
ПРЕДПРИЯТЫЕ МЕРЫ F												
	ЧТО					КТО			КОГДА			
Действия для устранения первопрчины												

Рисунок 2 Бланк определения коренной причины аварийного отказа в системе электронного документооборота

Фрагмент практической возможной реализации схемы, представленной на рисунке 1, рассмотрен на примере виртуального отказа, заключающегося, например, в отслоении режущей кромки шевронного ножа летучих ножниц в технологической линии непрерывного широкополосного стана горячей прокатки.

Аварийный простой стана при этом происходит вследствие некачественного реза головной части полосы из-за отслоения режущей кромки шевронного ножа. В соответствии с методом «5W+1H» могут быть установлены основные составляющие возникшей проблемы:

1. Что за проблема?
Отслоение режущей кромки ножа, что привело к неработоспособному состоянию ножниц и остановке стана.
2. Когда обнаружена проблема?
Во время реза головной части раската.
3. Где обнаружена проблема?
На барабане летучих ножниц.
4. Кто вовлечён в проблему?
Технологический и ремонтный персонал.
5. Какой тренд имеет проблема?
Некачественный рез головной части полосы может привести к расслоению материала и застреванию в валках прокатной клетки.

6. Как возникла проблема?

Для решения данного ключевого вопроса, который позволяет выявить коренные причины, необходимо произвести анализ факторов, влияющих на возникновение простоя. Данный анализ эффективен путём использования, например, метода К. Исикавы [5], который предусматривает на каждом последующем шаге углубление в проблематику по уточнению степени влияния фактора. Так, применительно к рассматриваемому виртуальному примеру, анализ приведён на рисунке 3, что позволяет выяснить влияние на внеплановый простой ряда факторов (оборудования, эксплуатации, материалов, инструмента и приспособлений, персонала (человеческий фактор)) и на основании данного анализа разработать систему мер по минимизации (недопущению) подобных отказов в даль-

нейшем и обеспечить показатель качества по снижению простоев агрегата.

В соответствии со схемой (см. рис. 3) факторы А оказывают существенное влияние на возникновение простоя, факторы В оказывают незначительное влияние, факторы С не оказывают влияния.

В результате анализа факторов (см. рис. 3), например, возможно принятие следующих организационных, нормативно-методических и технических решений:

- усилить контроль за ведением технического обслуживания и ремонтных работ по выставке зазоров между ножами;
- обеспечить техническое решение по регулировке зазоров между ножами;
- внести изменения в технологическую карту ремонта суппортов летучих ножниц в части обеспечения гарантированного зазора между ножами.

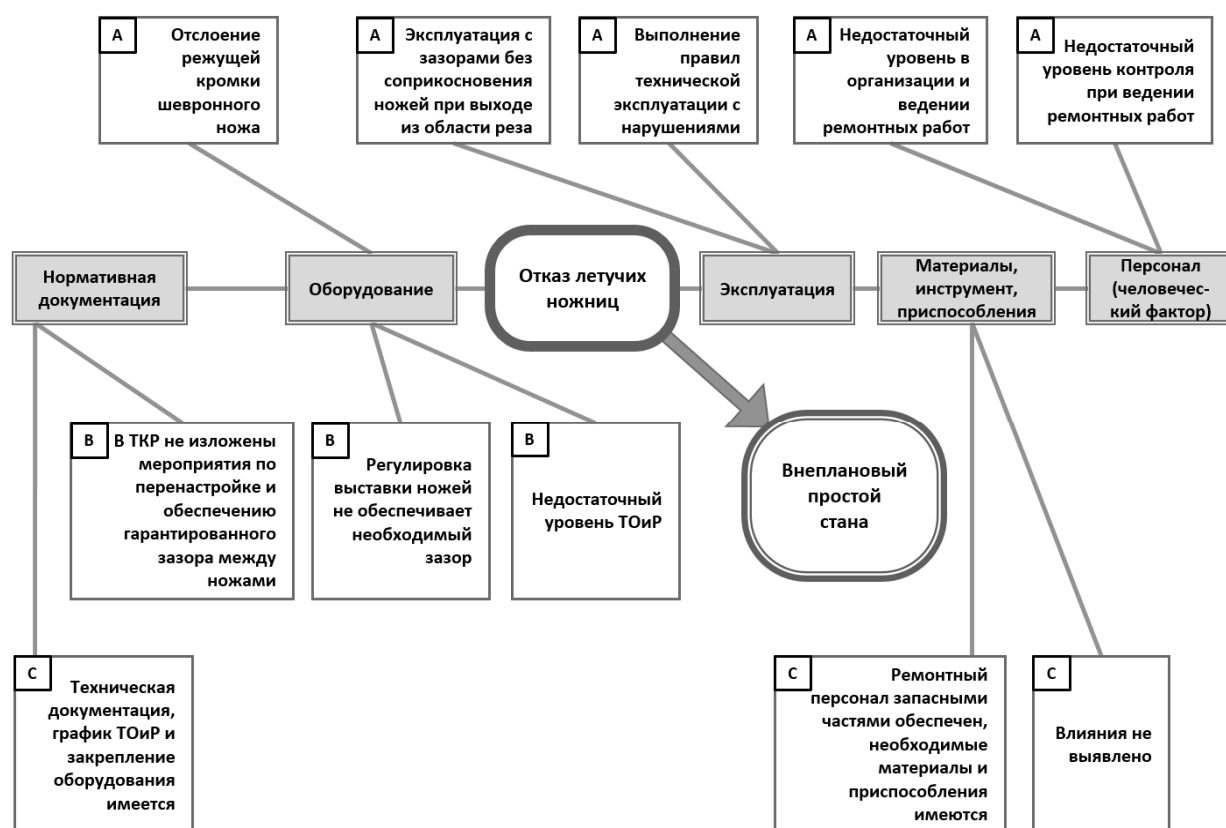


Рисунок 3 Анализ факторов, влияющих на появление простоя

Рассмотренный в примере анализ на основе стандартных методов и приёмов обеспечивает разработку системы мер по предупреждению аварийных отказов, но не даёт возможности получить обобщённые характеристики отказов, имеющих различную природу.

В отличие от систем ППР и РАО, рассмотренных выше, для осуществления ремонта по фактическому состоянию необходимо в режиме реального времени отслеживать текущее состояние механизмов и машин. Для этого необходимо совершенствование элементов системы управления техническим состоянием оборудо-

вания на основе оценок показателей надёжности с учётом накопления и анализа информации об отказах [6, 7].

В общем виде схема управления ремонтами по фактическому состоянию представлена на рисунке 4.

Система сбора информации осуществляется двумя способами: осмотром и диагностикой. Полученная информация о фактическом состоянии оборудования в системе накопления и управления информацией формирует базу данных технического состояния оборудования, где обрабатывается автоматически с помощью программного обеспечения специалистами службы надёжности.

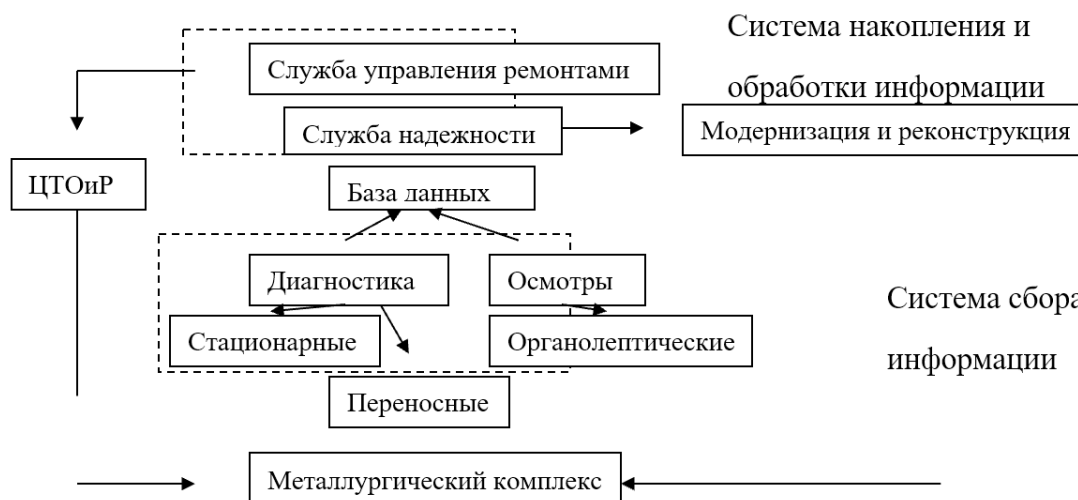


Рисунок 4 Схема управления ремонтами по фактическому техническому состоянию оборудования

Специалисты службы надёжности выполняют три основные функции:

1) определяют «слабые места» оборудования и формируют инженерные задания модернизации оборудования;

2) на основе систематизации собранной информации совместно с программистами разрабатывают вычислительные программы для расчёта остаточного ресурса каждого узла;

3) исходя из фактического технического состояния оборудования, дают рекомендации по изменению сроков проведения и объёмов ремонтных работ в службу управления ремонтами.

В службе управления ремонтами, учитывая рекомендации службы надёжности, корректируют сроки и объём ремонтных работ и отправляют заявку на их проведение в центр ТОиР.

Реализация подобного подхода позволяет максимально эффективно использовать имеющиеся на предприятии трудовые ресурсы, обеспечивать безотказную работу всего оборудования и сокращать расходы на ремонтные работы. Но при такой системе функционирования ремонтных служб возникает ряд проблем.

Основной проблемой при осуществлении ремонта по фактическому состоянию

является достоверное с заданной степенью вероятности определение остаточного ресурса для каждой детали.

Второй, но не менее важной, является проблема реорганизации сбора достоверных сведений о фактическом состоянии оборудования, а именно его полная автоматизация и централизация для удобного доступа к любой информации в режиме реального времени, что требует серьёзных финансовых вложений на развитие систем локальной и, прежде всего, комплексной диагностики.

Также возникает проблема организационного характера, связанная с заказом запасных частей и оперативным регулированием договорных обязательств с подрядными организациями и осуществлением объективной оценки качества проводимых работ. Для решения этой проблемы необходимо разработать систему стандартов экономических показателей оценки каче-

ства ТОиР, а также систему штрафов при их невыполнении.

Выводы и направление дальнейших исследований. Проведён анализ методов технического обслуживания и ремонтов оборудования в металлургическом производстве. Обосновано применение современных стандартных процедур по выявлению коренных причин аварийных отказов оборудования при реализации системы реагирующего (реактивного) обслуживания. Разработан и предложен бланк процедуры выявления коренных причин аварийных отказов для использования в системе электронного документооборота при реализации РАО. Обоснована необходимость развития и внедрения системы оценки работоспособности оборудования по его фактическому состоянию на основе применения локальной и комплексной диагностики и достоверного определения остаточного ресурса.

Библиографический список

1. Ярцев, Н. А. *Современные формы системы ТОиР при эксплуатации металлургического оборудования производства динамной стали [Текст]* / Н. А. Ярцев, А. В. Бочаров // *Металлургия и химия. Тенденции развития современной науки : материалы научной конференции студентов и ассистентов Липецкого государственного технического университета.* — Издательство ЛГТУ, 2018. — С. 177–179.
2. Попов, А. В. *Реорганизация ремонтной службы [Текст]* / А. В. Попов // *Металлург.* — 2014. — № 9. — С. 22–24.
3. Шульц, О. Е. *Практика сократовского диалога в дианализе [Текст]* / О. Е. Шульц // *Психотерапия : научно-практический журнал.* — М., 2012. — № 12. — С. 99–100.
4. Лайкер, Дж. *Дао Toyota : 14 принципов менеджмента ведущей компании мира [Текст] : пер. с англ. / Джеффри Лайкер.* — [7-е изд.]. — М. : Альпина Паблшер, 2012. — 400 с.
5. Исикава, К. *Японские методы управления качеством [Текст] : сокр. пер. с англ. / К. Исикава ; под. ред. А. В. Гlicheва.* — М. : Экономика, 2009. — 214 с.
6. Жильцов, А. П. *Разработка алгоритма и компьютерной программы для расчёта надёжности оборудования и производственного риска в металлургической отрасли [Текст]* / А. П. Жильцов, Д. А. Вишневецкий, В. А. Козачишен, А. В. Бочаров // *Чёрные металлы.* — 2018. — № 11. — С. 27–33.
7. Чуклин, Д. *Стратегии и системы обеспечения эксплуатационной надёжности оборудования металлургических заводов [Текст]* / Д. Чуклин, С. Охлупин, А. Шаров и др. // *Регламент.* — 2015. — № 6 (44). — С. 148–150.

© Харитоненко А. А.

© Жильцов А. П.

Рекомендована к печати д.т.н., проф. каф. ММК ДонГТУ Харламовым А. Ю., д.т.н., проф., зав. каф. ТМиИК ЛНУ им. В. Даля. Витренко В. А.

Статья поступила в редакцию 20.11.19.

к.ф.-м.н. Харитоненко А. А., к.т.н. Жильцов О. П. (ЛДТУ, м. Липецьк, Росія)

**АНАЛІЗ І ВДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДІВ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ТА
РЕМОНТІВ ОБЛАДНАННЯ В МЕТАЛУРГІЙНОМУ ВИРОБНИЦТВІ**

Розглянуто системи технічного обслуговування та ремонтів обладнання і шляхи їх вдосконалення, проведено аналіз стандартних методів та прийомів щодо визначення корінних причин на прикладі віртуальної аварійної відмови обладнання, розроблено та запропоновано відповідний бланк для електронного документообігу.

Ключові слова: *металургійне обладнання, технічне обслуговування, ремонти, відмова, фактичний стан.*

PhD in Physics and Mathematics Kharitonenko A. A., PhD in Engineering Zhiltsov A. P. (LSTU, Lipetsk, the Russian Federation)

**ANALYZING AND IMPROVEMENT OF METHODS OF MAINTENANCE AND REPAIR OF
EQUIPMENT IN METALLURGICAL PRODUCTION**

There have been examined the maintenance and repair of equipment and ways to improve them, the analysis of standard methods and techniques for determining the root causes for the virtual emergency equipment failure, developed and proposed the corresponding form for electronic document flow.

Key words: *metallurgical equipment, maintenance, repairs, failure, actual condition.*