

ПРОБЛЕМЫ ПЛАНИРОВАНИЯ РЕМОНТОВ МЕХАНИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ЗАВОДОВ

Ручко В.Н.

(ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет», г. Донецк)

В статье рассмотрены вопросы, связанные с дальнейшим совершенствованием системы технического обслуживания и ремонтов металлургического оборудования на основе анализа проблем планирования, стоящих перед ремонтной службой металлургического предприятия, и рекомендаций по использованию методов, обеспечивающих рациональное использование ресурса элементов машин и механизмов в процессе эксплуатации.

Функционирование металлургического оборудования, связанное с реализацией технологического процесса производства, приводит к непрерывному ухудшению технического состояния различных его элементов (механизмов, узлов, деталей) [1]. Характер и скорость изменения технического состояния обусловлены постоянным воздействием технологических нагрузок и изменением внутренних свойств элементов оборудования, которые носят случайный (стохастический) характер [2]. Воздействие перечисленных выше факторов оказывает непосредственное влияние на износ, физическое старение и прочность элементов оборудования, что приводит к нарушению его работоспособного состояния, и как следствие, к его отказу, а значит, остановке процесса производства, ухудшая его технологические и технико-экономические показатели [3].

В связи с этим, для поддержания оборудования в состоянии, соответствующем требованиям нормативно-технической и конструкторской документации, в условиях действия разрушающих факторов, а также исключения и предупреждения его аварийных остановок на металлургических предприятиях, помимо доминирующей функции производства, осуществляется специальная функция обеспечения работоспособности, включающая в себя все профилактические и ремонтно-восстановительные операции [4]. Реализация этой функции осуществляется специальной системой, называемой ремонтной службой предприятия, которая имеет свои цеховые подразделения [5].

К основным задачам, решаемым ремонтной службой, относятся: планирование, подготовка и проведение ремонтных воздействий. Среди перечисленных задач наиболее сложной, вследствие неопределенности, и ответственной, с точки зрения влияния на эффективность производства, является задача планирования, которая включает несколько этапов. На ос-

нове этих этапов формируется перечень ресурсов, необходимых для подготовки и проведения ремонтных воздействий. К ним относится планирование: даты (срока) проведения ремонта; численности ремонтного персонала; объемов финансовых ресурсов; объемов и номенклатуры запасных частей и материалов; устранения «узких мест» оборудования и его модернизации и др [5, 6].

Среди перечисленных этапов отправной точкой в решении задачи проведения ремонтных воздействий является этап планирования даты (срока) проведения ремонта [1]. В настоящее время периодичность, продолжительность и трудоемкость проведения текущих и капитальных ремонтов металлургических машин и механизмов регламентирует «Временное положение о техническом обслуживании и ремонтах (ТО и Р) механического оборудования предприятий черной металлургии СССР» [7]. В этом документе указаны нормативы и структура ремонтного цикла для каждого вида оборудования, установленные на основании обобщения опытных данных по организации и проведению ремонтов оборудования отрасли. Так, реализованная в виде годового графика текущих ремонтов структура ремонтного цикла машин и оборудования обжимного цеха, может быть представлена следующим образом (таблица 1).

Таблица 1 – Фрагмент годового графика текущих ремонтов машин и оборудования обжимного цеха

Код и наименование машины	Янв.		Февр.		Март		Апр.		...	Дек.	
	продолжительность ремонта (ч)										
	16	16	24	8	16	16	16	16	...	16	16
009.Шпиндель клетки 950	$\frac{8}{5}$			$\frac{8}{5}$			$\frac{8}{5}$...		
076.Ножницы №2	$\frac{16}{10}$		$\frac{8}{5}$		$\frac{16}{10}$		$\frac{8}{5}$...	$\frac{8}{5}$	
054.Шпиндели клетки 900		$\frac{8}{5}$				$\frac{8}{5}$...			
059.Шестеренная клеть 900			$\frac{24}{10}$...			
539.Пила №2	$\frac{8}{5}$	$\frac{8}{5}$	$\frac{8}{5}$	$\frac{8}{5}$	$\frac{16}{10}$	$\frac{8}{5}$	$\frac{8}{5}$	$\frac{8}{5}$...	$\frac{8}{5}$	$\frac{16}{10}$

Однако, анализ существующего подхода к формированию структуры ремонтных циклов и графиков ремонтов позволил выявить ряд существенных недостатков в работе ремонтных служб металлургических предприятий, которые приводят к увеличению материальных и трудовых затрат, связанных с подготовкой и проведением ремонтов, а, следовательно, снижению эффективности их функционирования. Среди этих недостатков необходимо отметить, прежде всего:

- повышение расхода деталей, связанное с неполным исчерпанием их

ресурса и преждевременной заменой;

- сложность обоснования даты (сроков) проведения ремонтных работ из-за разного ресурса элементов, входящих в узлы механизмов и машин;
- увеличение затрат на ремонты, из-за несовершенства методики определения базовых показателей, определяющих структуру ремонтов;
- возрастание затрат на изготовление и приобретение запасных деталей и сменного оборудования, ввиду неравномерности распределения ремонтов;
- повышение использования трудовых и финансовых ресурсов, по причине неравномерности и колебаний объемов выполняемых ремонтных работ;
- снижение надежности эксплуатируемых машин и механизмов, вследствие использования усредненных показателей, не отражающих их уникальность.

Во многом представленные выше недостатки объясняются неоднозначностью подходов, использованных при формировании структур ремонтных циклов и составлении ежегодных графиков текущих и капитальных ремонтов, а также изменением принципов планирования объемов и загруженности оборудования от момента разработки и выхода «Временного положения...», и до сегодняшнего дня.

Среди возможных причин проявления и степени влияния этих недостатков на работу ремонтных служб необходимо выделить следующие:

1) На сегодняшний день значительная часть металлургического оборудования, для которого в свое время и разрабатывалось «Временное положение...», достигло критического уровня (75–90%) физического износа. В тоже время ряд металлургических предприятий проводит существенную реконструкцию своих основных фондов, заменяя устаревшее оборудование новым зарубежным, для которого система технического обслуживания отличаются от системы, принятой для заменяемого оборудования. Одновременно с установкой зарубежного оборудования происходит и модернизация, как отдельных узлов, так и целых механизмов, эксплуатируемого оборудования, в которых отдельные детали (подшипники, резьбовые соединения и т.д.) и материалы (смазка) меняются на зарубежные аналоги.

Следовательно, тяжело адаптировать работу ремонтной службы и обеспечить достаточную эффективность ее функционирования ввиду параллельного использования устаревшего, зарубежного и модернизированного оборудования с различным уровнем эргономичности.

2) На момент расчета базовых показателей, представленных во «Временном положении...», на основании которых формировалась структура ремонтного цикла и нормативы проведения текущих и капитальных ремонтов конкретного вида оборудования, была четко сформирована для каждого предприятия производственная программа. В ней указывалась номенклатура (сортамент, виды стали) и объем выпускаемой продукции, согласованные с проектной производительностью эксплуатируемых машин, необходимых для ее реализации. В течение длительного периода времени отклонения от заданных параметров были минимальными вследствие планового ведения хозяйства с

четко установленными объемами производства. Это позволяло вырабатывать на каждом предприятии свою стратегию проведения ремонтных воздействий, дающую требуемую эффективность. При этом, используемая стратегия давала возможность вывода в ремонт оборудования не только одного цеха, но и смежных с ним по переделу цехов, не снижая технологических и технико-экономических показателей производства.

К текущему моменту времени принцип формирования для каждого предприятия производственной программы существенно изменился. Основными подходами при ее реализации теперь является первоначальное комплектование портфеля заказов на производство того или иного вида продукции, который составляется как на год, так и на ближайшую перспективу. Однако следует отметить, что в условиях конкуренции предприятий такой подход привел к существенному изменению (снижению) эффективности эксплуатируемых машин. Это, в свою очередь, вызвало неравномерность загрузки металлургического оборудования, как в течение одного календарного года, так и на всем периоде его эксплуатации. При этом часто, на многих предприятиях конец-начало года рассматривается, как наиболее приемлемый период проведения текущих и капитальных ремонтов. Кроме того, в новых условиях функционирования производства большинству предприятий пришлось изменить продолжительности одной смены с 8-ми на 12-ть часов и осваивать новые виды продукции, производство которой, во многих случаях приводит к возникновению в элементах оборудования предельных нагрузок и увеличения интенсивности изнашивания.

Следовательно, решение ремонтной службой цеха задачи оптимального планирования годового графика текущих и капитальных ремонтов во многом определяется не нормативными параметрами структуры ремонтных циклов оборудования, а экономической целесообразностью, связанной с выполнением портфеля заказов.

3) Согласно изложенной во «Временном положении...» структуре технического обслуживания и ремонтов механического оборудования, их проведение основывается на стратегии планово-предупредительных ремонтов (ППР), обеспечивающей своевременную замену изношенных деталей, узлов и механизмов. Использование этой стратегии подразумевает формирование заявок на проведение текущих и капитальных ремонтов оборудования цехов, на основании «...данных о сроках службы основных элементов оборудования, накопленных в процессе его эксплуатации за истекший период и зафиксированных в соответствующей технической документации» (п. 6.5.4) [7]. Эти данные используются для определения базовых показателей, формирующих структуру ремонтного цикла и нормативы проведения текущих и капитальных ремонтов конкретного вида оборудования. Однако, применение планово – предупредительной стратегии в организации ремонтов металлургического оборудования имеет два существ-

венных недостатка [1], значительно снижающих эффективность функционирования ремонтной службы. Во-первых, несовершенство методики ведения технической документации, в которой отражена история эксплуатации и ремонтов оборудования, а именно: журналов приемки и сдачи смены, вахтенных журналов крановщиков (машинистов) и агрегатных журналов. Записи в этих документах, отражающие техническое состояние и работоспособность действующего оборудования, а также особенности и продолжительность выполненных ремонтных воздействий, изложены в произвольной повествовательной форме. При этом информация о причинах и видах одного и того же события (отказа), а также характере выполненных аналогичных ремонтных воздействий, зафиксированная различными работниками, не является идентичной. Это приводит к сложности обработки накопленных статистических данных о сроках службы элементов оборудования и невозможности использования автоматизированных систем анализа, реализуемых на современных ЭВМ. Во-вторых, несовершенство методики определения базового показателя - срока службы, на основании которого формируется структура ремонтного цикла машины и выполняется планирование и подготовка ремонтов. Методика, основанная на применении стратегии планово – предупредительных ремонтов, предполагает определение срока службы T , как среднего арифметического значения периодов между ремонтами или заменами деталей машины [1]:

$$T = \frac{\sum T_i \cdot n_i}{n}, \quad (1)$$

где n_i – количество деталей, имеющих ресурс T_i ;

n – общее количество деталей.

Однако такой подход недостаточно учитывает рассеяние ресурсов отдельных деталей, входящих в исследуемый узел или механизм эксплуатируемой машины, что не позволяет избежать аварийных отказов.

Проиллюстрируем это на примере [1], выполнив анализ двух вариантов данных (табл. 2) к расчету срока службы 100 одинаковых деталей. Как видно из таблицы 2, в первом варианте срок службы составит $T = 3$ месяца,

Таблица 2 - Данные для расчета срока службы деталей

Ресурс T_i , мес.	Количество деталей n_i , имеющих ресурс T_i	
	Вариант 1	Вариант 2
1	4	75
2	8	11
3	76	6
4	8	5
5	4	3

а во втором варианте $T = 1,5$ месяца. Если полученный базовый показатель использовать для планирования сроков ремонтов, то при первом варианте в 12% случаев будут происходить аварийные отказы, а во втором в 75%, что подчеркивает низкую эффективность используемой методики расчета базового показателя, не соответствующей реальным условиям эксплуатации оборудования.

Необходимо также отметить, что статистику сроков службы деталей практически трудно использовать для суждения о показателях безотказности и долговечности машины [1]. При эксплуатации машины отказы, как правило, не допускают, они предотвращаются путем проведения ремонтных работ и воспринимаются только, как возможные. По фактическим отказам может быть построена лишь часть гистограммы, характеризующая закон распределения сроков службы (наработки) до отказа [5].

Кроме этого, отсутствие контроля процесса повреждения деталей, приводит к снижению уровня таких показателей надежности функционирующего оборудования, как безотказность и долговечность. В связи с этим, к одному из первоначальных мероприятий, направленных на повышение показателей надежности металлургических машин, относится разработка комплекса методов, включающих расчет деталей на износ, прочность и долговечность с учетом их технического состояния.

Учитывая, описанные выше, два существенных недостатка, а также рекомендации, изложенные во «Временном положении...», которые указывают, что периодичность остановок оборудования на текущий и капитальный ремонт определяется «... сроком службы и техническим состоянием узлов и механизмов агрегата» (п. 5.2) [7], ремонтные службы многих предприятий начали переходить на стратегию технического обслуживания по текущему техническому состоянию [1].

Эта стратегия подразумевает наличие оценки технического состояния любого элемента оборудования в любой произвольный момент времени его эксплуатации и выдачу рекомендаций на проведение различного вида ремонтных воздействий на основании этой оценки. Для реализации данной стратегии руководством многих металлургических предприятий было принято решение о применении различных приборов и вспомогательного оборудования, позволяющего осуществлять техническую диагностику и неразрушающий контроль деталей машин в процессе их эксплуатации [8].

На сегодняшний день, использование различных методов и подходов к диагностированию деталей металлургического оборудования дало существенный результат в повышении эффективности функционирования ремонтных служб. Это касается, прежде всего, распознавания различных уровней технического состояния элементов оборудования и выдаче на основе них рекомендаций по тому или иному виду технического обслуживания [9].

Наряду с этим, применение для реализации стратегии ремонтов по текущему техническому состоянию методов технической диагностики и не-

разрушающего контроля имеет ряд недостатков. Одним из их недостатков является невозможность применения одного диагностического прибора или метода для всего перечня деталей, установленных в эксплуатируемых машинах и механизмах. Это приводит к возникновению трудностей с интерпретацией результатов и, как следствие, снижается точность получения оценок прогнозного остаточного ресурса детали [10], необходимого при планировании сроков проведения ремонта. Другой существенный недостаток, заключается в том, что в этом подходе использованы лишь результаты наблюдений за процессом изменения технического состояния элемента оборудования и не привлечена ни априорная информация, ни данные расчетов на стадии конструирования. Кроме того, сбор, обработка и анализ данных о техническом состоянии элементов оборудования, полученных на основании средств диагностики, потребовал разработки специальной технической документации, в которой эти данные могли бы отображаться. Виды документов, представленных во «Временном положении...», к сожалению, не достаточно адаптированы для фиксирования в них информации о выполненных диагностических работах. Это затрудняет анализ и своевременное принятие решений на проведение технического обслуживания или ремонтного воздействия.

Следовательно, для обоснования даты (сроков) проведения ремонтных работ оборудования, элементы которого имеют разный ресурс, необходимо при расчете базовых показателей, формирующих структуру ремонтного цикла и нормативы проведения ремонтов, учитывать их техническое состояние на момент замены, что требует совершенствования методов теории надежности, а также, разработки новых математических моделей.

4) В соответствии с поставленными целями и задачами рекомендуемой к использованию системы ТО и Р, изложенные во «Временном положении...», принципы формирования структуры ремонтных циклов и составления ежегодных графиков текущих и капитальных ремонтов, охватывали весь перечень механического оборудования металлургической отрасли. При этом, было выполнено деление и указаны нормативы проведения ремонтов оборудования в зависимости от его назначения (общеотраслевое, подъемно-транспортное, агломерационное и т.д.), а для прокатного, и от типа стана (обжимной, заготовочный, сортовой, листовой, трубный, специальный и т.д.). К сожалению, такая общая классификация не затрагивала параметры, характеризующие загруженность оборудования стана, представляемую в виде его производительности, которая оказывает влияние на особенности его эксплуатации, периодичность проведения технического обслуживания и объемов затрат на его осуществление. Это явилось причиной значительного колебания периодичности ремонтов для однотипного оборудования, что приводило к увеличению затрат на ремонты.

В соответствии с пунктами 5.1 и 5.2 «Временного положения...» [7] отмечалась возможность корректировки структуры проведения ремонтов, в

случае, если «...достигнуты более прогрессивные ... показатели периодичности и продолжительности ремонтов оборудования». Однако практические рекомендации по изменению структуры ремонтных циклов были сведены к использованию обобщенных показателей - 2,8 и 1,4 [7]. Эти показатели, к сожалению, не позволяли однозначно определять, когда и какие элементы оборудования необходимо подвергать техническому обслуживанию, ремонту или замене. Вследствие этого, происходило снижение показателей надежности эксплуатируемых машин и механизмов, из-за использования усредненных значений, не отражающих их уникальность.

Следовательно, решение ремонтной службой предприятия задачи снижения затрат на подготовку к ремонтам, связано с учетом свойств единичности и уникальности большинства металлургических машин, и совершенствованием принципов формирования и обоснования перечня конкретных технологических участков, машин, механизмов, узлов и деталей, для которых будет проводиться техническое обслуживание, ремонт или замена.

Представленный выше неполный перечень возможных причин, приводящих к проявлению различных проблем, возникающих при планировании ремонтов механического оборудования металлургических заводов, а также снижающих эффективность функционирования ремонтных служб и увеличивающих материальные и трудовые затраты, связанные с подготовкой и проведением ремонтов, потребовал поиск путей их решения.

Одним из возможных подходов в решении задач планирования, подготовки и проведения ремонтных воздействий, рассматривается дальнейшее совершенствование математических моделей и методов теории надежности, направленных на поиск обоснованной даты $T_{обс}$ проведения технического обслуживания, использование которой при планировании ремонтных воздействий обеспечивает, с одной стороны, наиболее полное использование ресурса деталей, а с другой, исключает возникновение аварийных ситуаций, вследствие несвоевременной их замены.

В предлагаемом [11] методе обоснования даты технического обслуживания деталей во время эксплуатации металлургических машин, нахождение обоснованной даты $T_{обс}$ проведения технического обслуживания связано с определением расчетного значения оценки повреждения детали $\psi(t_{экс})$. Эта оценка $\psi(t_{экс})$ характеризует текущее техническое состояние детали, за время $t_{экс}$, от даты - $T_{нач}$ начала ее эксплуатации, до даты - $T_{оцн}$, на которую оценка повреждения выполняется (рис. 1).

Полученное значение оценки повреждения детали за время ее эксплуатации $\psi(t_{экс})$, сравнивается с нижней $\psi_{нижн. гр} = 0,90$ и верхней $\psi_{верх. гр} = 0,95$ границами области предельных значений, дальнейшая эксплуатация за пределами которой, не обеспечивает заданный уровень безотказности детали.

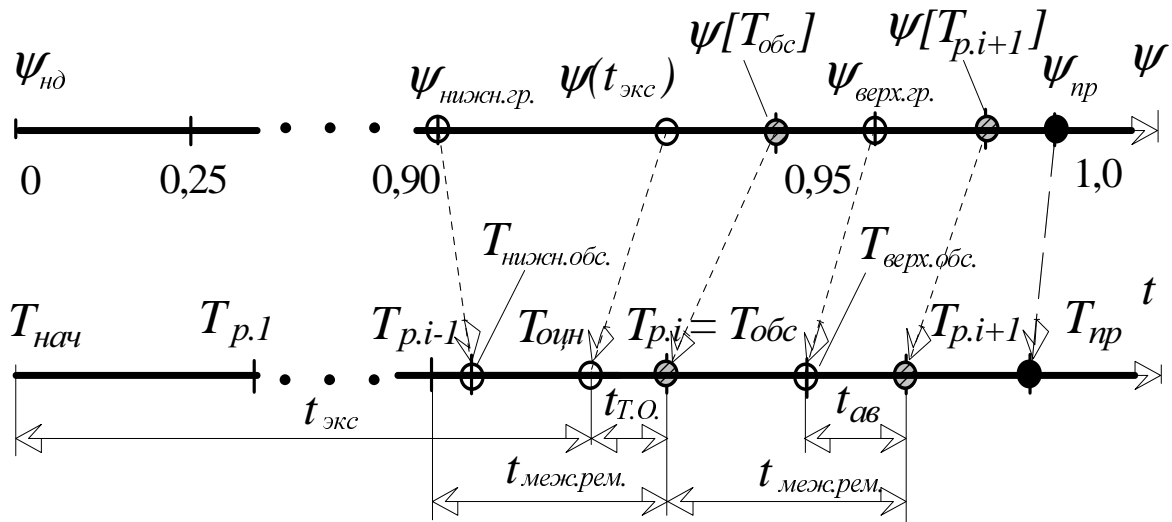


Рисунок 1 - Графическое представление поиска даты $T_{обс}$

На основании указанных выше значений нижней $\psi_{нижн. гр}$ и верхней $\psi_{верх. гр}$ границ области предельных значений, а также используя рекомендуемую во «Временном положении...», структуру межремонтных периодов, чередующую, в соответствии с годовым графиком, через определенный интервал времени $t_{меж.рем.}$, проведение текущих и капитальных ремонтов [7], планируется выполнение технического обслуживания в дату $T_{p.i}$ ближайшего ремонта. При этом формируется период времени ограниченный нижней $T_{нижн. обс.}$ и верхней $T_{верх. обс.}$ границами обоснованной даты технического обслуживания, в котором выполняется поиск даты $T_{обс}$.

В соответствии с принятым интервалом времени $t_{меж.рем.}$, определяется относительно даты $T_{оцн}$, дата ближайшего ремонта $T_{p.i}$. Делая предположение, что дата $T_{p.i}$ является обоснованной датой проведения технического обслуживания $T_{обс}$ ($T_{p.i} = T_{обс}$) производится оценка повреждения детали $\psi(t_{T.O.})$ за интервал времени $t_{T.O.}$, от даты $T_{оцн}$, на которую производится оценка повреждения, до даты $T_{p.i}$ - ближайшего технического обслуживания, с учетом допущения, что скорость накопления повреждения в детали распределена равномерно на интервале эксплуатации $t_{экс}$.

Суммируя оценку повреждения исследуемой детали $\psi(t_{экс})$ на интервале времени $t_{экс}$ и оценку повреждения этой детали на интервале $\psi(t_{T.O.})$, получим оценку повреждения исследуемой детали $\psi[T_{обс}]$ на момент времени, соответствующий обоснованной дате технического обслуживания $T_{обс}$. Полученное значение оценки повреждения $\psi[T_{обс}]$, так же как и значение $\psi(t_{экс})$, лежит между границам $\psi_{нижн. гр}$ и $\psi_{верх. гр}$ области предельных значений.

В случае, когда в интервал времени между нижней $T_{нижн.обс}$ и верхней $T_{верх.обс.}$ границами обоснованной даты технического обслуживания попадает два текущих ремонта в моменты времени $T_{p,i}$ и $T_{p,i+1}$, необходимо выполнить оценку повреждения детали $\psi(t_{меж.рем.})$ за временной интервал $t_{меж.рем.}$, лежащий между датами $T_{p,i}$ и $T_{p,i+1}$. Значение оценки повреждения детали $\psi[T_{p,i+1}]$ на да-

ту $T_{P,i+1}$, определится, как сумма значений $\psi(t_{экс.})$, $\psi(t_{Т.О.})$ и $\psi(t_{меж.рем.})$.

Если полученное значение $\psi[T_{P,i+1}]$ лежит между границам $\psi_{ножн.зр}$ и $\psi_{верх.зр}$ области предельных значений, тогда техническое обслуживание, назначенное на дату $T_{P,i}$, можно обоснованно перенести на дату $T_{P,i+1}$ следующего ремонта.

Однако, ввиду того, что значение скорости накопления повреждения в области, ограниченной значениями $\psi_{верх.зр}$ и $\psi_{пр}$, и соответствующей области аварийного (катастрофического) износа, резко возрастает, следовательно, полученной значение $\psi[T_{P,i+1}]$ будет лежать выше значения $\psi_{верх.зр}$. В этом случае возможно возникновение аварийного отказа на интервале времени $t_{ав}$, ограниченном датами $T_{верх.обс}$ и $T_{P,i+1}$.

Апробация предложенного метода обоснования даты технического обслуживания во время эксплуатации была выполнена применительно к втулке шатуна механизма резания ножниц №1 для горячей резки металла обжимного стана 950/900 ЗАО «ММЗ «ИСТИЛ (Украина)». Значение оценки повреждения втулки шатуна за период 1995–1998 гг., которое составило $\psi_{втул} = 0,52$ и было получено на основании данных о реализованной на ножницах № 1 производственной программе, позволяет утверждать, что ресурс втулки шатуна был израсходован на уровне 52 %, что подтверждается литературными данными о допуске износе втулки – 5 мм и реальном износе 2,5–3 мм, полученном на производстве. Это говорит о том, что выполненное в соответствии со структурой ремонтного цикла системы ППР техническое обслуживание механизма резания ножниц № 1, не позволило более полно исчерпать ресурс втулки шатуна.

Таким образом, предлагаемый метод обоснования даты технического обслуживания деталей металлургических машин, включающий в себя положения разработанной математической модели оценки повреждений, даст возможность устранить ряд недостатков системы ППР. Это позволит минимизировать затраты на подготовку и проведение ремонтов, исключив ненужные простои оборудования, и увеличить ресурс деталей, обеспечив требуемый уровень их безотказности и снизив вероятность возникновения аварийных отказов, что положительно скажется на эффективности функционирования ремонтных служб металлургических предприятий.

Литература

1. Седуш В.Я. *Надійність, ремонт і монтаж металургійних машин.* - Донецьк: Юго-Восток, 2007. - 379 с.
2. Поляков Б.Н. *Нагруженность прокатного оборудования с позиции теории случайных процессов // Известия вузов - Черная металлургия, 2005. – № 12. С. 53-57.*
3. Гулидов И.Н. *Оборудование прокатных цехов (эксплуатация, надежность): Учебное пособие.* - М.: Интермет-Инжиниринг, 2004. - 315 с.

4. Кирильченко П.Н., Артюх В.Г., Артюх Г.В., Беляев А.Н. Система защиты оборудования от аварийных поломок // *Сталь*, 2007. - № 1. С. 65 - 66.
5. Ченцов Н.А. Организация, управление и автоматизация ремонтной службы. - Донецк: Норд-Пресс, 2007. - 258 с.
6. Ченцов Н.А., Бобровицкий В.И. Автоматизация планирования и изготовления запасных частей // *Сталь*, 2004. – № 4. С. 73 - 76.
7. Временное положение о техническом обслуживании и ремонтах (ТО и Р) механического оборудования предприятий системы министерства черной металлургии СССР. - Тула: ВНИОчермет, 1982. - 389 с.
8. Кравченко В.М., Сидоров В.А., Седуш В.Я. Технічне діагностування механічного обладнання. – Донецк: Юго-Восток, 2007. - 447 с.
9. Седуш В.Я., Кравченко В.М., Сидоров В.А., Ошовская Е.В. Диагностирование механического оборудования металлургических предприятий. – Донецк: Юго-Восток, 2004. - 100 с.
10. Ченцов Н.А., Сидоров В.А. Прогнозирование сроков отказа механического оборудования // *Сталь*, 2006. – № 1. С. 62 - 64.
11. Ручко В.Н., Ченцов Н.А. Использование модели оценки меры повреждения деталей металлургического оборудования при прогнозировании сроков их отказа // *Материалы II-й Международ. научн.-техн. конференции "Вибрация машин: Измерение, снижение, защита"*, 25-26 мая 2004 года. - Донецк: ДонНТУ, 2004. - С. 128-134.
12. Ручко В.Н., Ченцов Н.А. Математическое моделирование, как способ оценки меры повреждения деталей прокатного оборудования, и метод решения задач планирования в ремонтной службе // *Материалы 6-й Международной научной конференции "Технология ремонта, восстановления, упрочнения и обновления машин, механизмов, оборудования и металлоконструкций"*, 13-16 апреля 2004 г., - Санкт-Петербург: Из-во СПбГПУ, 2004. - С. 552 - 559.

© Ручко В.Н. 2008