

лов протекает неравномерно, поэтому подбор материалов необходимо проводить исходя из наименьших показателей сродства их легирующих элементов к водороду. Как показали испытания, такими свойствами обладают вышеназванные сплавы, входящие в класс самофлюсующихся сплавов на никелевой основе с высоким содержанием хрома, бора и кремния. Эти легирующие элементы образуют особую структуру нанесенного защитного покрытия, которое в различных эксплуатационных средах может противостоять активной коррозии, интенсивному изнашиванию, высокотемпературному воздействию среды и их совместному действию. Наиболее благоприятная структура сплава, предназначенного для защиты деталей от микробиологической коррозии, определяется следующим соотношением легирующих элементов: хрома 8...10 %, бора 1,5...2,8 %, кремния 1,5...3,2 %, остальное — никель. Такая структура состоит из твердого раствора никеля и сложной эвтектики первичных кристаллов карбидов и боридов хрома и характерна для самофлюсующихся сплавов типа ПГ-12Н-02 и ПГ-19Н-01.

Этими сплавами упрочнились рабочие поверхности опытной партии защитных втулок осей насосов. После двух месяцев эксплуатационных испытаний серийные втулки (см. рис. 1) были изношены до предельной величины и заменены новыми. На опытных деталях, испытываемых более 6 месяцев, следов износа не наблюдалось.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Защита от водородного износа в узлах трения / Под ред. А.А. Полякова. — М., 1980. — 135 с. 2. П р и с е в о к А.Ф., Б о й к о Л.В. Исследование механизма изнашивания металлов и сплавов при производстве химических волокон и нитей // Трение и износ. — 1982. — Т. 3, № 4. — С. 728–733.

УДК 621.9.06.004

И.Г. ПОПОВА (БПИ)

ОПТИМАЛЬНАЯ ПЕРИОДИЧНОСТЬ РАБОТ ПО РЕГЛАМЕНТИРОВАННОМУ ТЕХНИЧЕСКОМУ ОБСЛУЖИВАНИЮ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Эффективность регламентированного технического обслуживания (РТО) технологического оборудования зависит от периодичности проведения операций, составляющих его. При увеличении объемов работ по РТО и сокращению периодичности их проведения возрастают трудовые и материальные затраты, но количество случайных отказов, как показывает производственная практика, снижается. Если же объемы указанных работ уменьшаются, а периодичность их проведения возрастает, трудовые и материальные затраты на РТО снижаются, но возрастает вероятность появления случайных отказов оборудования. Отсюда возникает задача определения оптимальной периодичности проведения работ по РТО оборудования.

В зарубежной практике (например, фирма "Георг Фишер" (ФРГ)) при решении указанной задачи учитываются расходы на проведение РТО оборудования и убытки основного производства от его простоя. Для описания рассматриваемых расходов и убытков приняты соответственно следующие уравнения:

$$Y_1 = a_0 (ax^2 + bx + c); Y_2 = k(m + \frac{n}{x}),$$

где a_0, a, b, c, k, m, n – параметры функций.

Однако кроме перечисленных расходов имеют место также затраты на проведение текущих ремонтов и на неплановые ремонты. Принятые уравнения оправданно усложнены, что привело к сложности результирующей формулы для определения оптимальной периодичности РТО.

Как показали исследования, проведенные на оборудовании механического цеха Минского мотовелозавода (ММВЗ), в системе координат Y (затраты, уб./ЕРС*) – X (периодичность, недели) кривые, описывающие затраты на проведение текущих ремонтов и затраты на проведение работ по РТО, расположены близко одна к другой и являются монотонно убывающими. Также близко расположены две монотонно возрастающие кривые, описывающие затраты на проведение неплановых ремонтов и убытки основного производства вследствие простоев оборудования из-за его случайных отказов. В свете изложенного целесообразно при решении рассматриваемой задачи оперировать двумя зависимостями: отражающей изменение затрат на проведение плановых ремонтов и убытков основного производства из-за простоев оборудования; описывающей изменение затрат на проведение осмотровых работ и текущие ремонты оборудования. Первая зависимость графически изобразится монотонно возрастающей кривой, а вторая – монотонно убывающей. Результирующая этих двух кривых имеет точку минимума, которая в проекции на ось абсцисс выражает оптимальное значение периода РТО.

Убытки от проведения неплановых ремонтов и простоев основного производства в зависимости от периодичности РТО описываются уравнением вида

$$Z_1 = b_0 \tau^{b_1},$$

где b_0, b_1 – параметры функции; τ – периодичность РТО.

Уравнение, описывающее зависимость затрат на проведение осмотров и текущих ремонтов оборудования, имеет вид

$$Z_2 = a + c/\tau,$$

где a, c – параметры функции.

Тогда функция суммарных затрат $Z = Z_1 + Z_2 = b_0 \tau^{b_1} + a + c/\tau$.

Взяв первую производную по τ и приравняв ее к нулю, определяем оптимальное значение искомой величины:

$$\tau_{\text{опт}} = \sqrt{\frac{b_1 + 1}{b_0 b_1} \frac{c}{a}} \quad (1)$$

ЕРС – единица ремонтной сложности.

Проиллюстрируем изложенную методику определения оптимальной периодичности проведения РТО на примере оборудования механического цеха ММВЗ.

Прежде всего необходимо сгруппировать оборудование цеха в соответствии с признаками по табл. 1, затем выбрать представительную группу, по которой производится расчет указанных выше затрат и производственных потерь на протяжении определенного промежутка времени. В данном случае это I группа оборудования. Исходные данные для расчетов представлены в табл. 2, а результаты расчетов — в табл. 3.

Табл. 1. Группировка металлорежущего оборудования, подлежащего охвату системой РТО (по рекомендациям Волгоградского ПКТИремонт)

Группа оборудования	Классификация оборудования по признакам
I	<p>Крупное, тяжелое, особо тяжелое и уникальное</p> <p>Высокопроизводительное, не имеющее дублеров, простои которого ведут к существенным потерям в основном производстве</p> <p>Работающее в 3 смены с коэффициентом загрузки $K_3 > 0,5$</p> <p>Работающее в 2–3 смены с коэффициентом загрузки $K_3 > 0,75$</p> <p>Особо сложное и дорогостоящее</p> <p>Оборудование автоматических и поточных линий</p> <p>Оборудование, выход из строя которого влечет за собой поломку других машин или создает опасные условия работы</p>
II	<p>Оборудование, работающее на основных технологических операциях, не относящиеся к I группе. Его простои в течение 1–2 ч не вызывают нарушения хода дальнейшего процесса. Эта группа охватывает наибольший удельный вес станков в общем парке. Коэффициент загрузки $0,5 < K_3 < 0,75$</p>
III	<p>Малонагруженное, работающее в 1–2 смены с коэффициентом загрузки $K_3 < 0,5$</p>

Табл. 2. Простои станков при неплановых ремонтах и затраты на проведение текущих ремонтов в зависимости от периодичности проведения работ по РТО

Станок	Коэффициент загрузки станка	Периодичность проведения работ по РТО, нед.	Простои станков при неплановых ремонтах, ч	Затраты на проведение текущих ремонтов, руб./ЕРС
Вертикально-сверильный 2Б125	1	1	1,1	16,5
Зубофрезерный БК301П	0,93	2	1,3	10,6
Токарный копировальный полуавтомат 1М7134	0,89	3	1,5	5,4
Бесцентрово-шлифовальный 697	0,86	4	2	3,7

1	2	3	4	5
Горизонтально-фрезерный 6Н80Г	0,83	5	2,8	2,22
Шестишпиндельный токарный полуавтомат 1Б240	0,8	6	3,9	1,67
Гайконарезной 2063	0,77	7	5	1,38
Вертикально-протяжной 774НВ6	0,76	8	6,5	1,12

При расчете убытков от проведения неплановых ремонтов и затрат на проведение работ по РТО учитывались следующие статьи: заработная плата и премия ремонтников (тарифная ставка рабочего-повременщика 4-го разряда при нормальных условиях труда, премия в размере 40 %), затраты на материалы (35 % от основной заработной платы, как для малых ремонтов), цеховые расходы. Трудоемкость работ по РТО принята по данным МАЗа (0,22 нормо-часа на 1 ЕРС для металлорежущего оборудования в месяц),

Табл. 3. Затраты на проведение работ по РТО, неплановых ремонтов и убытки основного производства от простоев оборудования при неплановых ремонтах

Наименование затрат	Периодичность проведения работ по РТО, нед.							
	1	2	3	4	5	6	7	8
На выполнение работ по РТО, руб./ЕРС	14,26	7,13	4,75	3,56	2,85	2,37	2,03	1,78
На проведение неплановых ремонтов, руб./ЕРС	3,02	3,56	4,11	5,48	7,68	10,69	13,71	17,82
Убытки основного производства от простоев станков при неплановых ремонтах, руб./ЕРС	3,278	3,87	4,47	5,96	8,34	11,62	14,9	19,37

Табл. 4. Убытки от неплановых ремонтов и простоев основного производства и затраты на осмотры и текущие ремонты оборудования механического цеха ММВЗ в зависимости от периодичности РТО

Зависимость	Критерий тесноты связи		
	корреляционное отношение	критерий Стьюдента	погрешность аппроксимации
$z_1 = 4,57\tau^{0,86}$	0,89	12,11	0,21
$z_2 = \frac{36,03}{\tau} - 2,076$	0,88	11,03	0,3

Потери основного производства от простоев при неплановых ремонтах равны произведению длительности простоя на стоимость продукции, произведенной за час. По данным ММВЗ, эта величина, приходящаяся на 1 ЕРС, для рассматриваемой группы оборудования составляет 2,98 руб./ч.

В результате обработки данных по методу наименьших квадратов получены формулы, приведенные в табл. 4.

Подставив приведенные в таблице данные в формулу (1), находим $\tau_{\text{опт}} = 3,3$ недели. Полученный результат округляется в сторону уменьшения.

Таким образом, оптимальная периодичность технического обслуживания рассматриваемой группы оборудования равна 3 неделям.