

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЦИОНАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ

В.А. Сидоров, Е.В. Ошовская, Н.А. Ченцов, С.В. Проскуряков
(*Донецкий государственный технический университет*)

Задачей технической диагностики является распознавание технического состояния объекта (детали, узла машины). Техническое состояние элемента машины определяется тремя факторами: физическими процессами старения; технологическими нагрузками и внешними воздействиями, в частности, проведением технического обслуживания и ремонтов. Перечисленные факторы взаимосвязаны, так скорость процессов старения (изнашивания) во многом зависит от технологических нагрузок и качества технического обслуживания (например, смазывания).

Для оборудования, выпускающегося крупными и средними сериями, взаимосвязь процессов старения и внешних факторов носит усредненный стабильный характер. Metallургическое оборудование в большей степени подвержено влиянию качества технического обслуживания (ТО) на безотказность механизмов. Поэтому часто изменение качества ТО приводит к непредсказуемому изменению или появлению иных нехарактерных процессов физического старения, что проявляется в значительном разбросе наработки на отказ однотипных элементов. Следовательно, разброс наработки на отказ может быть объяснен изменением качества технического обслуживания.

Для своевременного предупреждения отказа требуется проводить сбор информации о значениях диагностических параметров с минимальными затратами, обеспечивающими полноту информации. Поэтому определение рационального времени диагностирования является весьма актуальной задачей.

В данной статье предложен метод определения рационального време-

ни диагностирования.

В общем случае периодичность диагностирования зависит от технического состояния объекта, степени его ответственности и нагруженности в технологическом процессе.

Рациональное время диагностирования T определяется по формуле:

$$T = \frac{T_{\max}}{N_W}, \quad (1)$$

где T_{\max} - максимальное время диагностирования, исходя из нормативов периодичности проведения ремонтов по системе ТО и Р, принято

$$T_{\max} = 120 \text{ сут};$$

N_W - уровень приоритета объекта диагностирования.

Рассчитанное по формуле (1) значение T принимается базовым для объекта j .

Уровень приоритета N_W объекта является суммарной характеристикой важности объекта и зависит от его степени ответственности в технологическом процессе, уровня нагружения и качества технического обслуживания. Диапазон изменения уровня приоритета составляет от 1 до 10, причём 10 уровень соответствует объекту, который требует максимального внимания.

Степень ответственности объекта в технологическом процессе можно определить как функцию потерь производства, связанных с его аварийной заменой:

$$CO = \sum_{i=1}^k C_{a_i} T_{ав_i}, \quad (2)$$

где $T_{ав_i}$ - время простоя при i -ом аварийном отказе объекта;

C_{a_i} - потери при простое объекта при i -ом отказе (стоимость потерь

продукции, стоимость брака, затраты на ремонт);

k - количество аварийных отказов объекта за период наблюдения.

Для сравнения n объектов, эксплуатируемых в различных условиях,

следует использовать относительную оценку степени ответственности K_{CO_j} , представляющую собой относительные потери от простоя объекта j :

$$K_{CO_j} = CO_j / CO_{max} , \quad (3)$$

где CO_j – степень ответственности объекта j ;

CO_{max} - максимальное значение степени ответственности среди рассматриваемых объектов ($j=1..n$).

Уровень нагруженности объекта определяется технологическими нагрузками, воздействующими на него. Для металлургических машин нагрузки непостоянны и зависят от производственной программы. Для их представления удобно использовать матрицу размером $(3 \times n)$:

$$\begin{pmatrix} t_1 & t_2 & t_3 & t_i & \dots & t_n \\ F_1 & F_2 & F_3 & F_i & \dots & F_n \\ N_1 & N_2 & N_3 & N_i & \dots & N_n \end{pmatrix} , \quad (4)$$

где t_i – время действия нагрузки i ;

F_i - действующая нагрузка i (например, сила тяжести слитка);

N_i - число циклов нагружения силой F_i ;

n – количество различных уровней нагрузки.

По данным матрицы (4) вычисляется эквивалентная нагрузка $Q_{экр}$, действующая на объект, разделив которую на максимальную нагрузку, определяемую из условий прочности или долговечности, получается относительная величина нагружения q объекта. Тогда, уровень нагруженности K_{F_j} объекта j равен:

$$K_{F_j} = q_j / q_{max} , \quad (5)$$

где q_j – относительная нагрузка на объект j ;

q_{max} - максимальное значение относительной нагрузки среди рассматри-

ваемых объектов ($j=1..n$).

Качество технического обслуживания можно оценить количеством отказов за период наблюдения, отнесенным к среднему сроку службы:

$$K_{отkj} = n_j / T_{срj} , \quad (6)$$

где $K_{отkj}$ – уровень качества технического обслуживания объекта j ;

n_j – число отказов объекта j за период наблюдения;

$T_{срj}$ – средний срок службы объекта j .

Суммарный учет оценок (3), (5), (6) позволяет сформировать относительную важность W объекта:

$$W = K_{CO} \cdot K_F \cdot K_{отк} . \quad (7)$$

Для соотнесения рассчитанного значения относительной важности W с соответствующим уровнем приоритета N_W следует использовать следующую процедуру. Среди всех значений важности рассматриваемых n объектов выбирается максимальное значение W_{max} и определяется длина интервала:

$$\Delta W = \frac{W_{max}}{10} .$$

Назначаются нижняя W_k^H и верхняя W_k^B границы для каждого интервала k ($k=1..10$) шкалы важности:

$$\begin{aligned} W_1^H &= 0; & W_k^H &= W_{k-1}^H + \Delta W; & k &= 2..10; \\ W_k^B &= W_{k-1}^H + \Delta W; & & & k &= 1..10. \end{aligned}$$

После чего в соответствии с правилом:

если $W_k^H < W_j < W_k^B$, то $N_{W_j} = k, k=1...10$,

каждому объекту j , характеризуемому значением важности W_j присваивается значение уровня приоритета N_{W_j} .

Установив уровень приоритета объекта, по формуле (1) вычисляется его рациональное время диагностирования. Чтобы учесть случайный характер всех величин, определяющих важность объекта, рациональное время повторного диагностирования T_{Π} следует уточнить следующим образом:

$$T_{\Pi} = T \cdot Kt_{\text{ир}} \cdot Kt_{\text{пп}}, \quad (8)$$

где $Kt_{\text{ир}}$ - коэффициент величины использованного ресурса;

$Kt_{\text{пп}}$ - коэффициент планируемой производственной программы.

Коэффициент $Kt_{\text{ир}}$ зависит от величины использованного ресурса детали за период от момента установки до последней диагностики:

$$K_{\text{тир}} = 1 - \frac{P_i}{P_{\text{отк}}},$$

где P_i - текущее значение параметра диагностирования;

$P_{\text{отк}}$ - предельное значение параметра диагностирования.

Коэффициент $Kt_{\text{пп}}$ учитывает уровень планируемых нагрузок на оборудование:

$$K_{\text{тпп}} = \frac{L_h}{L_{h\Pi}},$$

где L_h - долговечность объекта i при уровне нагрузок, по которым определялось базовое рациональное время диагностирования;

$L_{h\Pi}$ - долговечность объекта при планируемом уровне нагрузок.

Описанный метод определения рационального времени диагностирования был апробирован на примере подшипников роликов рольгангов. Рассматривались три рольганга обжимного цеха металлургического завода: рабочий, перед ножницами и транспортный (3 секция). Рольганги подвергаются плановым ремонтным воздействиям. Техническое состояние подшипников роликов оценивается с помощью метода ударных импульсов. Конструкции рольгангов удовлетворяют требованиям применения данного метода, что позволяет получить информацию о техническом состоянии подшипников с достаточной точностью.

На рис.1 представлена гистограмма оценок степени ответственности K_{CO} подшипников рольгангов, построенная на основании выражений (2) и (3).

При определении уровня нагруженности K_F подшипников матрица (4) была задана временем нахождения слитка на секции роликов; силой тяжести слитка и усилиями, возникающими при технологических процессах, происходящими на один ролик; количеством циклов нагружения. При этом эквивалентные нагрузки быть отнесены к динамической грузоподъемности подшипника. Полученные значения уровня нагруженности подшипников приведены на рис.2.

Качество технического обслуживания подшипников было учтено гистограммой уровней безотказности $K_{отк}$ (рис.3), рассчитанным по формуле (6) на основании данных об отказах подшипников за период 3 года.

Используя полученные значения K_{CO} , K_F , $K_{отк}$, по выражению (7) для каждого подшипника рассчитано значение относительной важности, представленные в виде гистограммы на рис.4. На рис.4 левая шкала соответствует значениям относительной важности W , а правая - значениям уровней приоритетов N_w .

В таблице приведены значения рационального базового и повторного времени диагностирования для рассматриваемых подшипников качения рольгангов, рассчитанные по формулам (1) и (8) с учетом изменения произ-

водственной программы (рис.5) и текущего технического состояния подшипников качения.

Таблица – Рациональное базовое T и повторное $T_{п}$ время диагностирования подшипников качения рольгангов, сут

Номер ролика	Рабочий рольганг		Рольганг перед ножницами		Транспортирующий рольганг (секция 3)	
	T	$T_{п}$	T	$T_{п}$	T	$T_{п}$
1	120	29	120	71	120	91
2	120	36	120	71	120	81
3	120	33	120	40	120	71
4	120	30	120	40	60	30
5	40	6	60	22	60	30
6	120	50	120	26	120	61
7	120	21	120	9		
8	30	13	120	9		
9	13	2				
10	12	1				
11	13	1				

Вывод. В статье изложена методика определения рационального времени диагностирования. Приведен численный пример ее использования для подшипников роликов рольгангов обжимного цеха.

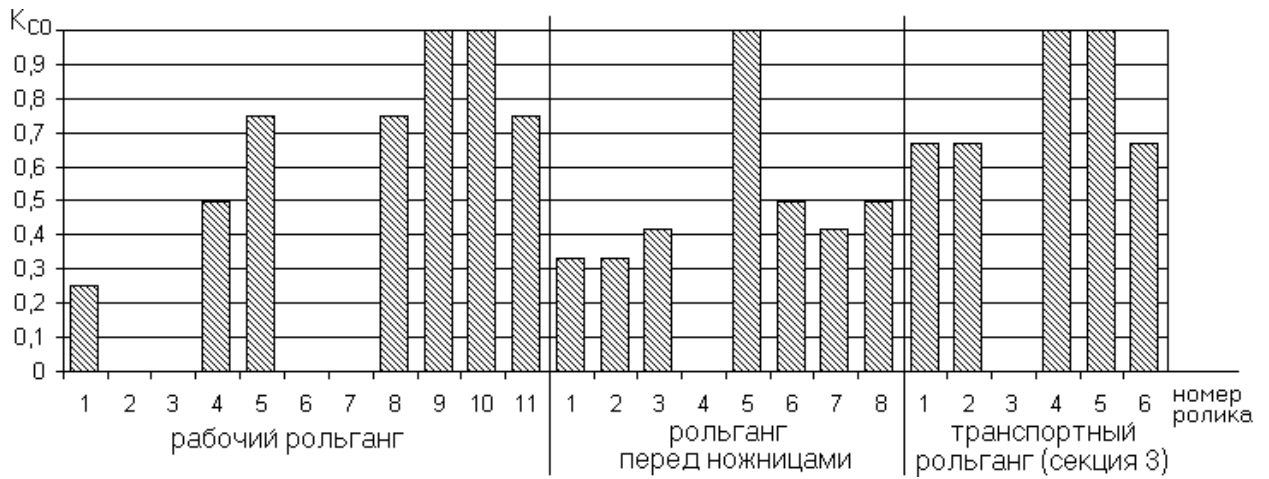


Рис.1. Гистограмма относительной степени ответственности K_{CO} подшипников роликов рольгангов обжимного цеха

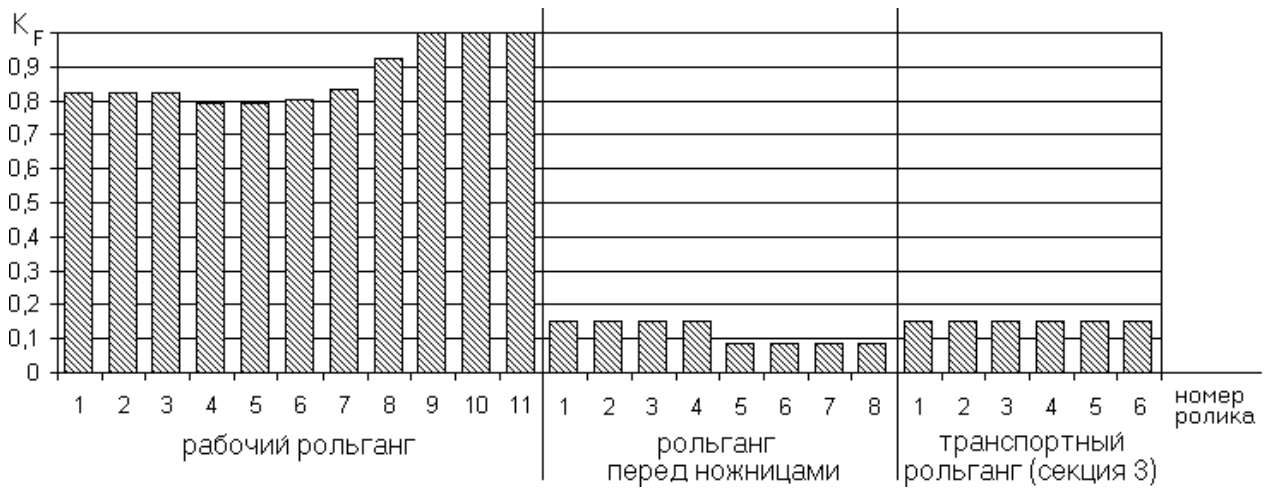


Рис.2. Уровни нагруженности K_F подшипников роликов

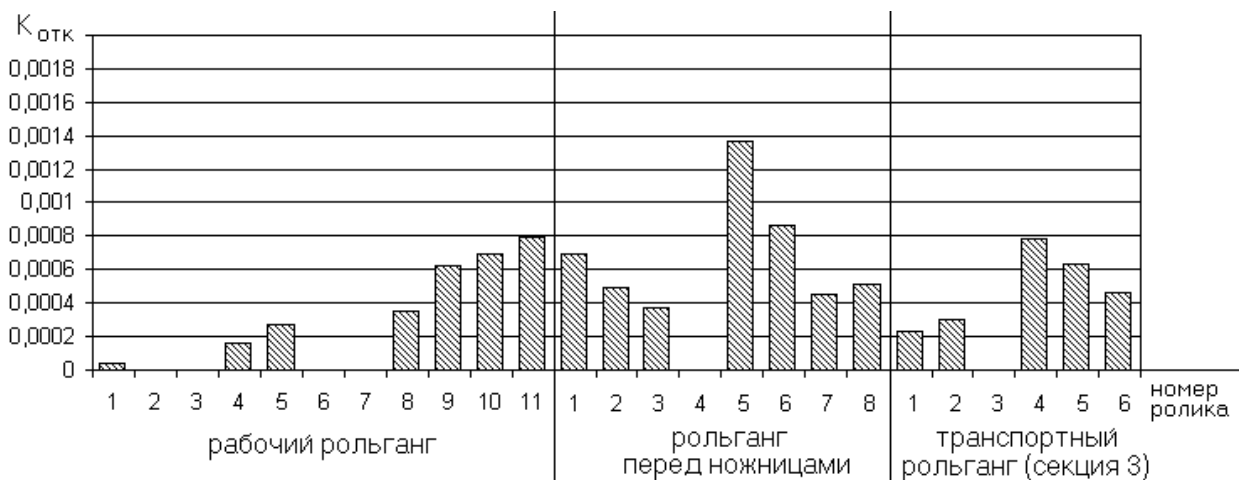


Рис.3. Уровни безотказности K_{OTK} подшипников роликов

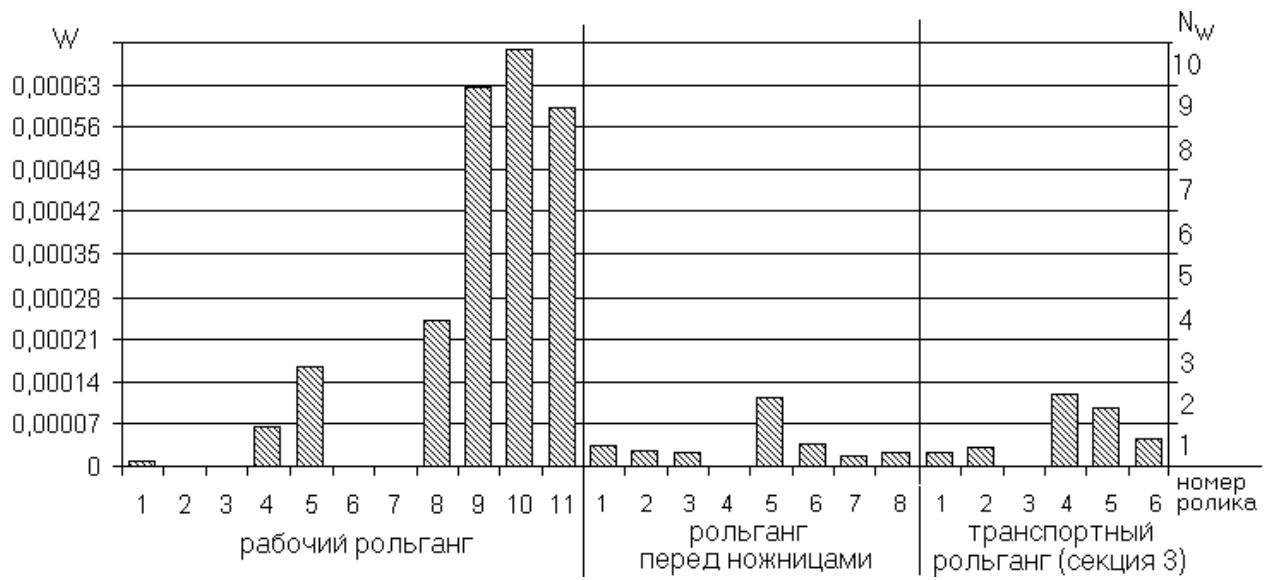


Рис.4. Относительная важность и уровни приоритетов подшипников

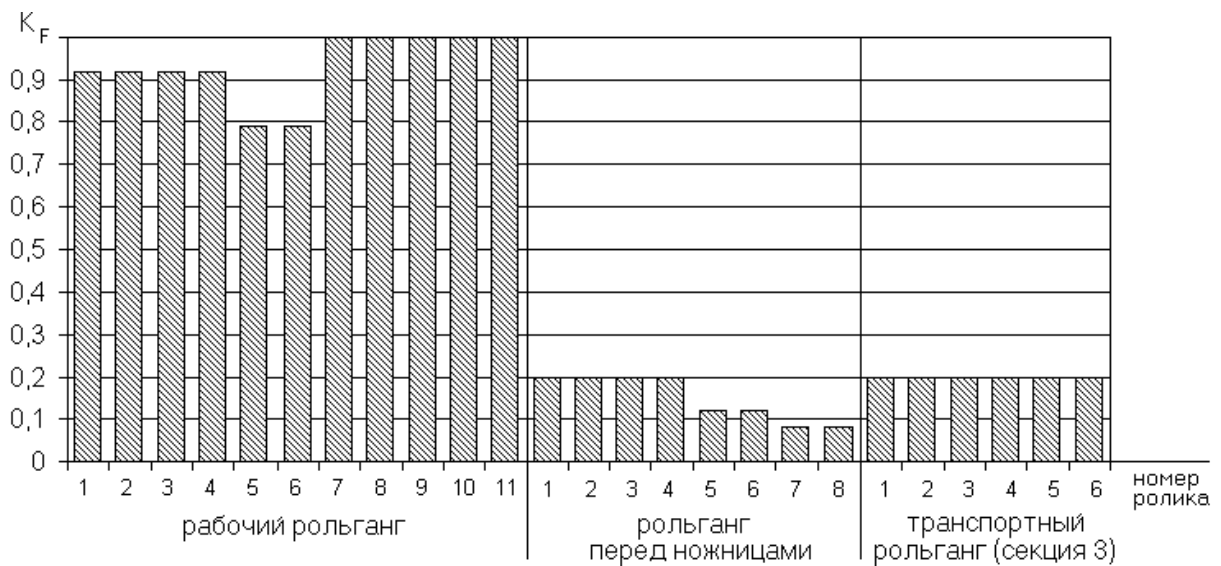


Рис.5. Уровни нагруженности K_f подшипников роликов по планируемой производственной программе