

чи, стоящие перед разработчиками, как в машиностроении, так и в инструментальной промышленности и решение каждой задачи требует своего индивидуального подхода, своего метода, своего материала.

Решению этих проблем и посвящена сегодня научная и производственная деятельность коллектива лабораторий институт в рамках многочисленных заданий государственных программ, как фундаментальных, так и прикладных исследований.

ОСТАТОЧНЫЙ РЕСУРС ГРУЗОПОДЪЁМНЫХ КРАНОВ С ИСТЁКШИМ СРОКОМ СЛУЖБЫ КАК ЧАСТЬ НОРМАТИВНОГО

А.Н. Наталевич, к.т.н., Н.Л. Нестеренко к.т.н.

Нормативные сроки службы (ресурс) кранов отражают реальный срок службы ориентировочно, т.к. назначаются при изготовлении, исходя из усредненных характеристик нагружения и гарантированных механических характеристик металла.

Календарные сроки службы неинтенсивно используемых кранов (при прочих равных условиях), как правило, выше нормативно установленных, указываемых в паспорте крана наряду с режимом работы. По истечении нормативного срока службы такие краны должны пройти техническую экспертизу, в результате проведения которой необходимо установить остаточный ресурс. После проведения восстановительных работ, необходимость которых устанавливает экспертиза, многие краны могут использоваться и в дальнейшем. Эксплуатация грузоподъемных кранов по окончании нормативного срока службы может быть продолжена при условии достаточной остаточной прочности металлоконструкции, т.е. наличии остаточного ресурса. В случае исчерпания нормативного срока службы (отсутствии остаточного ресурса) кран должен быть выведен из эксплуатации и списан.

Первым этапом при определении остаточного ресурса является определение фактических групп классификации (режима) ввиду соответствия по стандарту ИСО 4301 групп классификаций (режимов) кранов определенному значению параметров нагружения.

Определение групп классификации (режимов) кранов предусмотрено методикой [1], где оценка групп классификации кранов производится по значениям параметров нагруженности — числу C циклов нагружения и коэффициенту K_p распределения нагрузки.

В работе [2], предусмотрена базовая методика оценки остаточного ресурса кранов мостового типа по типу и числу дефектов главных балок. Здесь же на примере оценки остаточного ресурса мостового крана (Приложение 57) при определении групп классификации использован обобщенный параметр s , равный произведению числа циклов C и коэффициента K_p распределения нагрузки.

Определение остаточного ресурса кранов расчетным путем является достаточно трудоемкой задачей ввиду сложной степенной зависимости ресурса от ряда факторов: нагрузки, вида распределения нагрузки, частоты повторяемости нагрузок, числа циклов нагружения, коэффициента асимметрии циклов, концентрации напряжений и т.д.

В то же время использование методики определения групп классификации кранов, приведенной в работах [3, 4] позволяет повысить качество оценки остаточного ресурса кранов с истекшим сроком службы за счет использования обобщенного параметра s , учитывающего нагруженность и длительность действия нагрузки. Данная методика предусматривает определение групп классификации кранов по значению параметра (модуля) $s = C \cdot K_p$ (здесь C — число циклов нагружения, K_p — коэффициент распределения нагрузки).

Величину s следует считать приведенным числом циклов нагружения, которое соответствует определенному значению нагрузки, эквивалентному по повреждающему действию всему спектру реальных нагрузок.

Величина (модуль) s , учитывающая длительность, величину и распределение нагрузки, постоянна для каждой группы режима и регламентирована по группам (табл.1). Использование мо-

дуля c — количественного показателя, соответствующего приведённому числу циклов, позволяет уточнить режим нагружения, а также (что важно) установить степень истощения ресурса крана по мере приближения с ростом числа циклов модуля c к его нормативному значению, предусмотренному для каждой группы режима (табл. 1).

Определение группы режима кранов по [1] и [3, 4] неоднозначно. В качестве примера рассмотрим определение групп режима 6 мостовых кранов ОАО «Гомсельмаш», параметры нагружения которых представлены в табл. 2, 3, 4, 5, 6, 7.

Результаты расчёта фактических групп режима по [1] и [3, 4] представлены в табл. 8, 9, 10, 11, 12, 13. Из сравнения полученных по [1] и [3, 4] групп режимов кранов (табл. 8–13) можно видеть, что при расчёте согласно [3, 4] имеются существенные отличия (на 1–2 группы) в сторону более лёгких режимов нагружения.

То есть, применение методики с использованием обобщённого параметра c позволяет объективно оценить режим нагружения.

Как указано выше по величине параметра c можно установить степень истощения ресурса кранов по мере приближения фактической величины c к его нормативному значению с ростом наработки.

Оценку остаточного ресурса кранов следует проводить по величине коэффициента $K_{рез}$ резерва ресурса:

$$K_{рез} = \frac{c_n - c_{ф}}{c_n}, \quad (1)$$

где c_n и $c_{ф}$ — нормативный и фактический модуль. Значение нормативного модуля c_n для всех 6 кранов равно $12,5 \cdot 10^4$ ввиду того, что согласно паспортным данным режим работы кранов — средний.

Значения фактического модуля $c_{ф}$ найдены как произведение фактического числа циклов $c_{ф}$ нагружения кранов на коэффициент K_p нагрузки (табл. 8–13). Найденные по (1) значения коэффициента $K_{рез}$ резерва ресурса приведены в табл. 14.

Из (1) видно, что чем ближе величина $K_{рез}$ к единице, тем больше резервов ресурса, т.е. остаточный ресурс. При $K_{рез}=0$ следует считать ресурс истощённым.

Из рассмотрения найденных значений коэффициента $K_{рез}$ (табл. 14) видно, что кран № 2814 подлежит списанию ($K_{рез}=0$), а кран № 4161 близок к списанию (величина $K_{рез}=0,06$ сопоставима с погрешностью расчётов).

Выводы:

1. Определение групп классификации кранов с помощью обобщённого параметра c позволяет реально оценить режим нагружения кранов.

2. Оценка остаточного ресурса кранов с истёкшим сроком службы может быть проведена при использовании метода определения групп классификации кранов представленного в [3,4] когда в качестве критерия оценки ресурса используется обобщённый параметр c .

Таблица 1

Нормативные модули групп режимов работы кранов

Группа ИСО 4301/1	-	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	-
Группа ГОСТ 25546-82	1Ka	1K	2K	3K	4K	5K	6K	7K	8K	8Ka
Модуль 10^{4*}	0,4	0,8	1,6	3,2	6,3	12,5	25,0	50,0	100,0	200,0

Таблица 2

Параметры нагружения крана инв. № 7702, г/п 3 т.

Показатель	Обозначение	Значение
Максимальная масса поднимаемых грузов, т	P_{max}	3,0
Среднее количество смен работы крана за сутки	$n_{см}$	2,0
Среднее количество рабочих дней в году	$n_{дн}$	250
Среднее количество циклов в сутки	$n_{ц}$	30
Доля циклов подъема грузов массой:		
- менее 25% P_{max} , %	$C_{0,25}$	30
- 25–50% P_{max} , %	$C_{0,5}$	30
- 50–75% P_{max} , %	$C_{0,75}$	35
- 75–100% P_{max} , %	$C_{1,0}$	5
Фактический срок службы крана, лет	t_k	27

Таблица 3

Параметры нагружения крана инв. № 10791, г/п 5 т.

Показатель	Обозначение	Значение
Максимальная масса поднимаемых грузов, т	P_{\max}	5,0
Среднее количество смен работы крана за сутки	$n_{\text{см}}$	1,0
Среднее количество рабочих дней в году	$n_{\text{дн}}$	254
Среднее количество циклов в сутки	$n_{\text{ц}}$	180
Доля циклов подъема грузов массой:		
- менее 25% P_{\max} , %	$C_{0,25}$	99,0
- 25–50% P_{\max} , %	$C_{0,5}$	1,0
- 50–75% P_{\max} , %	$C_{0,75}$	-
- 75–100% P_{\max} , %	$C_{1,0}$	-
Фактический срок службы крана, лет	t_k	25

Таблица 4

Параметры нагружения крана инв. № 2813, г/п 2 т.

Показатель	Обозначение	Значение
Максимальная масса поднимаемых грузов, т	P_{\max}	2,0
Среднее количество смен работы крана за сутки	$n_{\text{см}}$	1,0
Среднее количество рабочих дней в году	$n_{\text{дн}}$	250
Среднее количество циклов в сутки	$n_{\text{ц}}$	10
Доля циклов подъема грузов массой:		
- менее 25% P_{\max} , %	$C_{0,25}$	40
- 25–50% P_{\max} , %	$C_{0,5}$	50
- 50–75% P_{\max} , %	$C_{0,75}$	6
- 75–100% P_{\max} , %	$C_{1,0}$	4
Фактический срок службы крана, лет	t_k	45

Таблица 5

Параметры нагружения крана инв. № 2814, г/п 2 т.

Показатель	Обозначение	Значение
Максимальная масса поднимаемых грузов, т	P_{\max}	2,0
Среднее количество смен работы крана за сутки	$n_{\text{см}}$	1,0
Среднее количество рабочих дней в году	$n_{\text{дн}}$	250
Среднее количество циклов в сутки	$n_{\text{ц}}$	60
Доля циклов подъема грузов массой:		
- менее 25% P_{\max} , %	$C_{0,25}$	30
- 25–50% P_{\max} , %	$C_{0,5}$	60
- 50–75% P_{\max} , %	$C_{0,75}$	8
- 75–100% P_{\max} , %	$C_{1,0}$	2
Фактический срок службы крана, лет	t_k	45

Таблица 6

Параметры нагружения крана инв. № 4161, г/п 3 т.

Показатель	Обозначение	Значение
Максимальная масса поднимаемых грузов, т	P_{\max}	3,0
Среднее количество смен работы крана за сутки	$n_{\text{см}}$	1,0
Среднее количество рабочих дней в году	$n_{\text{дн}}$	250
Среднее количество циклов в сутки	$n_{\text{ц}}$	65
Доля циклов подъема грузов массой:		
- менее 25% P_{\max} , %	$C_{0,25}$	60
- 25–50% P_{\max} , %	$C_{0,5}$	30
- 50–75% P_{\max} , %	$C_{0,75}$	7
- 75–100% P_{\max} , %	$C_{1,0}$	3
Фактический срок службы крана, лет	t_k	37

Таблица 7

Параметры нагружения крана инв. № 4161, г/п 3 т.

Показатель	Обозначение	Значение
Максимальная масса поднимаемых грузов, т	P_{\max}	5,0
Среднее количество смен работы крана за сутки	$n_{\text{см}}$	1,0
Среднее количество рабочих дней в году	$n_{\text{дн}}$	210
Среднее количество циклов в сутки	$n_{\text{ц}}$	60
Доля циклов подъема грузов массой:		
- менее 25% P_{\max} , %	$C_{0,25}$	60
- 25–50% P_{\max} , %	$C_{0,5}$	30
- 50–75% P_{\max} , %	$C_{0,75}$	8
- 75–100% P_{\max} , %	$C_{1,0}$	2
Фактический срок службы крана, лет	$t_{\text{к}}$	37

Таблица 8

Результаты расчета фактической группы режима работы крана инв. № 7702, г/п 3 т.

№ п/п	Показатели	Значение
1.	Расчетное число циклов нагружения за срок службы крана	$4,05 \cdot 10^5$
2.	Класс использования крана	U_5
3.	Коэффициент распределения нагрузок K_p	0,245
4.	Модуль групп режима	$9,9 \cdot 10^4$
5.	Действительная группа режима работы крана:	
-	по [1]	A5
-	по [3; 4]	A5, 5K

Таблица 9

Результаты расчета фактической группы режима работы крана инв. № 10791, г/п 5 т.

№ п/п	Показатели	Значение
1.	Расчетное число циклов нагружения за срок службы крана	$4,05 \cdot 10^6$
2.	Класс использования крана	U_7
3.	Коэффициент распределения нагрузок K_p	0,0166
4.	Модуль групп режима	$1,9 \cdot 10^4$
5.	Действительная группа режима работы крана:	
-	по [1]	A6
-	по [3; 4]	A3, 3K

Таблица 10

Результаты расчета фактической группы режима работы крана инв. № 2813, г/п 2 т.

№ п/п	Показатели	Значение
1.	Расчетное число циклов нагружения за срок службы крана	$2,25 \cdot 10^5$
2.	Класс использования крана	U_4
3.	Коэффициент распределения нагрузок K_p	0,13
4.	Модуль групп режима	$2,9 \cdot 10^4$
5.	Действительная группа режима работы крана:	
-	по [1]	A4
-	по [3; 4]	A3, 3K

Таблица 11

Результаты расчета фактической группы режима работы крана инв. № 2814, г/п 2 т.

№ п/п	Показатели	Значение
1.	Расчетное число циклов нагружения за срок службы крана	$6,75 \cdot 10^5$
2.	Класс использования крана	U_6
3.	Коэффициент распределения нагрузок K_p	0,185
4.	Модуль групп режима	$12,5 \cdot 10^4$
5.	Действительная группа режима работы крана:	
-	по [1]	A6
-	по [3; 4]	A5, 5K

Таблица 12

Результаты расчета фактической группы режима работы крана инв. № 4161, г/п 3 т.

№ п/п	Показатели	Значение
1.	Расчетное число циклов нагружения за срок службы крана	$1,06 \cdot 10^5$
2.	Класс использования крана	U_6
3.	Коэффициент распределения нагрузок K_p	0,11
4.	Модуль групп режима	$11,7 \cdot 10^4$
5.	Действительная группа режима работы крана:	
-	по [1]	A6
-	по [3; 4]	A5, 5K

Таблица 13

Результаты расчета фактической группы режима работы крана инв. № 4499, г/п 5 т.

№ п/п	Показатели	Значение
1.	Расчетное число циклов нагружения за срок службы крана	$4,7 \cdot 10^5$
2.	Класс использования крана	U_5
3.	Коэффициент распределения нагрузок K_p	0,1
4.	Модуль групп режима	$4,7 \cdot 10^4$
5.	Действительная группа режима работы крана:	
-	по [1]	A4
-	по [3; 4]	A4, 4K

Таблица 14

Значения коэффициента $K_{рез}$ резерва ресурса

№ п/п	Инв. №	Группы режимов кранов		Модуль нормат. $10^4 \times C_n$	Модуль фактич. $10^4 \times c_{ф}$	Коеф. резерва, $K_{рез}$
		по 1-й метод.	по 2-й метод.			
1	7702	A5 (C)	A5 (C)	12,5	9,9	0,21
2	10792	A6 (T)	A3 (Л)	12,5	1,9	0,85
3	2813	A4 (C)	A3 (Л)	12,5	2,9	0,77
4	2814	A6 (T)	A5 (C)	12,5	12,5	0
5	4161	A6 (T)	A5 (C)	12,5	11,7	0,06
6	4469	A4 (C)	A4 (C)	12,5	4,7	0,62

Литература

1. Правила устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов. Минск, УП «Дизкос», 2008.–226 с.
2. Методические рекомендации по проведению технического диагностирования грузоподъемных кранов с истекшим сроком службы. Под ред. Н.Л. Нестеренко. Минск, «БОИМ», 2006.
3. РД 10-112-2-02 Дополнения к методическим указаниям по экспертному обследованию грузоподъемных машин с истекшим сроком службы, 2002.
4. РД 10.112-5Р Руководящий документ по оценке остаточного ресурса кранов мостового типа. М., 2002. – ОАО «ВНИИПТМАШ».