

Об оценке остаточного ресурса башенных кранов Лысенко С. В.¹, Тен Э. В.²

¹Лысенко Сергей Владимирович / Lysenko Sergej Vladimirovich - эксперт по промышленной безопасности;

²Тен Эдуард Владимирович / Ten Jeduard Vladimirovich - эксперт по промышленной безопасности,
ООО «Югорское отделение экспертизы», г. Нижневартовск

Аннотация: башенные краны являются важным звеном для решения сложных строительных задач современности. Вместе с тем, уровень аварийности при использовании башенных кранов достаточно высок. Поэтому вопросы безопасной эксплуатации башенных кранов заслуживают пристального внимания. Частью системы безопасной эксплуатации башенных кранов является определение их остаточного ресурса. Прогнозирование остаточного ресурса и результаты расчетов являются определяющим фактором для заказчика экспертизы, чтобы принять решение о дальнейшем использовании технического устройства или его замене.

Abstract: tower cranes are an important link to solve complex problems of modern construction. However, the level of accidents when using cranes sufficiently high. Therefore, the issues of safe operation of tower cranes deserve close attention. Part of safe operation of tower cranes, is the determination of their remaining life. Prediction of residual life and the results of the calculations are a determining factor for the customer's expertise to make a decision about the future use of a technical device or a replacement.

Ключевые слова: башенные краны, высокая аварийность, безопасная эксплуатация, прогнозирование остаточного ресурса, экспертиза промышленной безопасности.

Keywords: tower cranes, high failure rate, safe operation, forecasting residual resource, expertise of industrial safety.

Башенные краны являются важным звеном для решения сложных строительных задач современности. Конструктивное развитие этого вида технических устройств продолжается значительными темпами, и своё первое столетие семейство этих строительных гигантов встречает, величаво возвышаясь над строительными площадками всего мира. Однако, как и у любых гигантов, у башенных кранов есть свои «слабые места», которые приводят к авариям.

Только за весну и лето 2015 года в России произошел ряд аварий с участием башенных кранов.

Так, 21 мая 2015 года в Кемерово, при обрушении башенного крана погибла женщина. ЧП произошло на одной из строительных площадок в центре города. В момент падения в кабине крана находилась 53-летняя крановщица, которая от полученных повреждений скончалась на месте. Повреждена стена дома и несколько автомобилей.

В Брянске, 12 июля 2015 года на территории строящегося объекта рухнул башенный кран, в результате погиб 29-летний крановщик.

В Москве, 13 июля 2015 года пострадали три человека после обрушения башенного крана в Подмосковье.

Хабаровск, 28 июля. В Хабаровске на территории стройки обрушилась стрела башенного крана.

Такая статистика говорит о том, что вопросы безопасной эксплуатации башенных кранов заслуживают самого пристального внимания. Частью системы безопасной эксплуатации башенных кранов является определение их остаточного ресурса.

Остаточный ресурс - суммарная наработка объекта (в часах, кубометрах, гектарах, километрах, тоннах, циклах и т. п.) от текущего момента до перехода его в предельное состояние, при котором его дальнейшая эксплуатация недопустима или нецелесообразна, либо восстановление его работоспособного состояния невозможно или нецелесообразно. В качестве начала отсчета принимается текущий момент, до которого объект уже некоторое время эксплуатировался, и часть начального ресурса исчерпал. Определение остаточного ресурса технического устройства при проведении экспертизы промышленной безопасности [1] обусловлено требованиями Приказа Ростехнадзора от 14.11.2013 № 538 «Правила проведения экспертизы промышленной безопасности» [2]. Прогнозирование остаточного ресурса и результаты расчетов являются определяющим фактором для заказчика экспертизы, чтобы принять решение о дальнейшем использовании технического устройства или его замене.

Проблемы определения и продления ресурса безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов и башенных кранов, в частности, в последнее время приобрели исключительную актуальность. Известны различные методики по определению остаточного ресурса технических устройств [3-4]. Но методика определения остаточного ресурса башенных кранов, закрепленная в нормативных актах Ростехнадзора, на сегодняшний день отсутствует [5].

Поэтому сотрудники нашего предприятия и разработали методику определения остаточного ресурса башенных кранов.

В основу этой методики заложен принцип, что аналогичные технические устройства при эксплуатации имеют эквивалентные изменения параметров технического состояния.

Исходя из подобия конструктивных элементов грузоподъемных машин, имеющих эквивалентные изменения параметров технического состояния при эксплуатации, следует, что оценку остаточного ресурса башенных кранов допускается проводить по бальной системе. При этом каждый дефект в расчетных элементах технических устройств оценивается в баллах согласно таблице 1 «Оценка дефектов в баллах» и в зависимости от причины его возникновения может быть отнесен к одной из групп:

- дефекты изготовления и монтажа (дефекты сварных швов, деформации, полученные при монтаже, и др.);
- дефекты, возникшие в условиях эксплуатации при отсутствии первоначальных недостатков изготовления и монтажа.

Решение о возможности дальнейшей эксплуатации принимается с учетом следующих рекомендаций:

- при суммарном числе баллов менее 5 техническое устройство может эксплуатироваться ($K_1=1$);
- при суммарном числе баллов от 5 до 10 включительно допускается к эксплуатации после ремонта ($K_1=0,8$);
- при суммарном числе баллов более 10 техническое устройство подлежит снятию с эксплуатации и списанию, либо должна быть произведена замена дефектного узла ($K_1=0$).

Остаточный ресурс определяется по формуле:

$$T = T_n \cdot K_1 \cdot K_2,$$

где T_n – нормативный срок службы, лет;

K_2 – коэффициент, зависящий от срока фактической эксплуатации (T_3) и нормативного срока службы (T_n), (рис. 1).

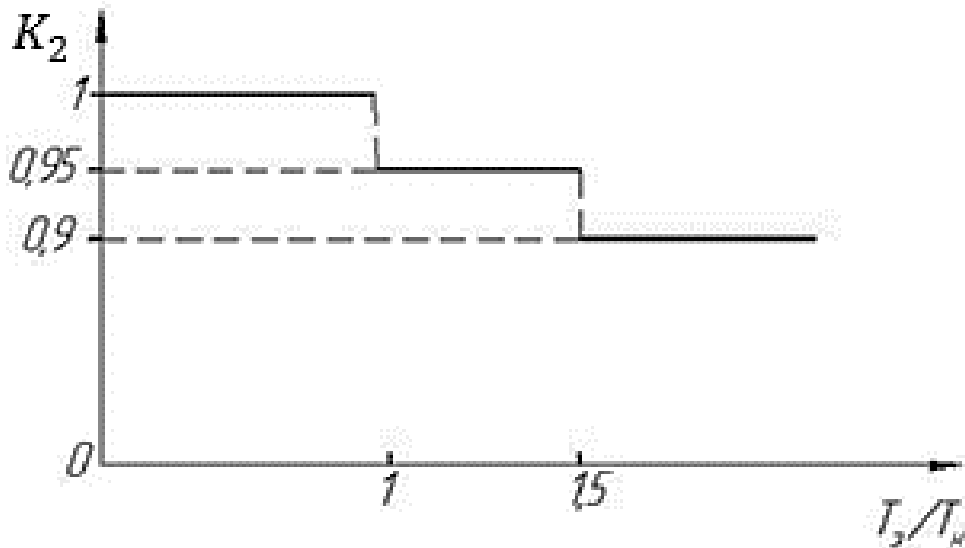


Рис. 1. График зависимости коэффициента K_2 от срока фактической эксплуатации и нормативного срока службы

Таблица 1. Оценка дефектов в баллах

Вид дефекта	Характеристика дефектов, баллы	
	Дефекты изготовления и монтажа	Дефекты, возникшие при эксплуатации
1. Нарушение лакокрасочного покрытия	0,5	
2. Коррозия ответственных элементов: до 5 % толщины элемента, вкл. до 10 % толщины элемента, вкл.	0,5	
	1	

Вид дефекта	Характеристика дефектов, баллы	
	Дефекты изготовления и монтажа	Дефекты, возникшие при эксплуатации
свыше 10 % толщины элемента	2	
св. 30 %	5	
св. 50 %	10	
3. Трещины, разрывы в швах или в околошовной зоне	1	2
4. Трещины, разрывы в зонах, удаленных от сварных швов	1	2
5. Ослабление болтовых соединений, в которых болты работают на растяжение (а также износ резьбы винтовых опор)	0,5	1
6. Ослабление болтовых соединений, в которых болты работают на срез	2	
7. Деформации элементов листовых конструкций, превышающие предельные значения	1	3
8. Расслоение металла	5	
9. Смятие проушин и выработка отверстий в шарнирах	1	2
10. Любые дефекты, возникшие в месте предыдущего ремонта	1	2
11. Нагрев подшипников: 55-60°C 50-55°C ниже 50°C	1 0,5 0	
12. Твердость материала: - в пределах установленной нормы - ниже установленной нормы	0 10	
13. Вибрация: $V_{з\Phi} > 6,7$ мм/с; $Sa > 0,25$ мм 4,5 мм/с $< V_{з\Phi} < 6,7$ мм/с; 0,1 мм $< Sa < 0,25$ мм 1,8 мм/с $< V_{з\Phi} < 4,5$ мм/с; 0,04 мм $< Sa < 0,1$ мм $V_{з\Phi} < 1,8$ мм/с; $Sa < 0,04$ мм	10 1 0,5 0	
14. Способ устранения дефектов: - ремонт - замена	1 0,5	

Оцениваем дефекты технического устройства в балах, согласно таблице 1. Результаты оценки сводим в таблицу 2.

Таблица 2. Результаты оценки дефектов технического устройства

Вид дефекта	Характеристика дефектов, баллы		Соответствие
	Дефекты изготовления и монтажа	Дефекты, возникшие при эксплуатации	
1. Нарушение лакокрасочного покрытия	0,5		ПРОТОКОЛ визуального-измерительного контроля к Акту технического диагностирования
2. Коррозия ответственных элементов: до 5 % толщины элемента вкл.	0,5		
3. Трещины, разрывы в швах или в околошовной зоне	Отсутствуют, 0		
4. Трещины, разрывы в зонах, удаленных от	Отсутствуют, 0		

Вид дефекта	Характеристика дефектов, баллы		Соответствие
	Дефекты изготовления и монтажа	Дефекты, возникшие при эксплуатации	
сварных швов			
5. Ослабление болтовых соединений, в которых болты работают на растяжение (а также износ резьбы винтовых опор)	Отсутствует, 0		
6. Ослабление болтовых соединений, в которых болты работают на срез	Отсутствует, 0		
7. Деформации элементов листовых конструкций, превышающие предельные значения	Отсутствуют, 0		
8. Расслоение металла	Отсутствует, 0		
9. Смятие проушин и выработка отверстий в шарнирах	Отсутствует, 0		
10. Любые дефекты, возникшие в месте предыдущего ремонта	Отсутствуют, 0		
11. Нагрев подшипников: ниже 50°C	Отсутствует, 0		
12. Твердость материала: - в пределах установленной нормы	0		ПРОТОКОЛ замеров твёрдости элементов технического устройства к Акту технического диагностирования
13. Вибрация: 4,5 мм/с < $V_{эф}$ < 6,7 мм/с; 0,1 мм < S_a < 0,25 мм	1		ПРОТОКОЛ измерения уровня вибрации технического устройства к Акту технического диагностирования
14. Способ устранения дефектов: - ремонт	1		

Техническое устройство, применяемое на опасном производственном объекте, допускается к дальнейшей эксплуатации, если суммарное число баллов за дефекты в его расчетных элементах менее 5 ($K_1 = 1$).

Например, башенный кран эксплуатируется с 1986 года. Определяем по графику (рис. 1) коэффициент K_2 .

Отношение срока фактической эксплуатации $T_3 = 29$ и нормативного срока службы $T_H = 10$ (паспортные данные на аналогичное техническое устройство) равен 2,9, коэффициент $K_2 = 0,8$.

Определяем остаточный ресурс по формуле:

$$T = T_H \cdot K_1 \cdot K_2 = 10 \cdot 1 \cdot 0,8 = 8$$

В тех случаях, когда расчетный остаточный ресурс башенного крана превышает пять лет, остаточный ресурс принимается равным пяти годам. По истечении установленного срока безопасной эксплуатации

башенного крана, для оценки возможности его дальнейшей эксплуатации необходимо определение нового остаточного ресурса в соответствии с настоящей методикой.

Приведенная методика оценки остаточного ресурса крана позволяет заказчику получить следующие преимущества: 1) определить состояние технического устройства; 2) прогнозировать состояние технического объекта (оценить возможное наступление отказов, оценить риск развития аварийных ситуаций); 3) установить предельный срок эксплуатации оборудования; 4) назначить срок очередного контроля состояния исследуемого объекта; 5) принять обоснованное решение о дальнейшем использовании технического устройства или его замене.

Литература

1. Федеральный закон «О промышленной безопасности опасных производственных объектов». № 116-ФЗ от 21.07.97 г. С изменениями в редакции от 18.07.2011 г.
2. Приказ Ростехнадзора от 14.11.2013 № 538. Об утверждении федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Правила проведения экспертизы промышленной безопасности» (с изменениями на 3 июля 2015 года).
3. РД 10-112-2-09 Методические рекомендации по экспертному обследованию грузоподъемных машин. Часть 2. Краны стреловые общего назначения и краны-манипуляторы грузоподъемные.
4. РД 10-112-1-04 Рекомендации по экспертному обследованию грузоподъемных машин. Общие положения.
5. *Ряхин В. А.* Прогнозирование ресурса металлических конструкций строительных и дорожных машин: журнал Строительные и дорожные машины. — 1994. № 4, — 24—27 с.