

**К вопросу определения остаточного ресурса грузоподъемных машин при
проведении экспертизы промышленной безопасности**
Голубев А. В.¹, Зеленков Н. Н.², Глазунов А. Е.³, Сахаров Т. М.⁴, Огарков А. Н.⁵

¹Голубев Александр Викторович / Golubev Aleksandr Viktorovich - технический директор,
Общество с ограниченной ответственностью «ПТМ Северо-Запад»;

²Зеленков Николай Николаевич / Zelenkov Nikolay Nikolaevich - заместитель начальника отдела ЭПБ ГПМ и КП,
эксперт;

³Глазунов Алексей Евгеньевич / Glazunov Aleksey Evgenievich – специалист отдела ЭПБ ГПМ и КП, инженер-механик,

⁴Сахаров Тарас Миронович / Sakharov Taras Mironovich - начальник лаборатории неразрушающего контроля;

⁵Огарков Анатолий Николаевич / Ogarkov Anatoliy Nikolaevich - инженер-дефектоскопист лаборатории
неразрушающего контроля,

Общество с ограниченной ответственностью «Промышленная экспертиза», г. Череповец

Аннотация: рассматривается актуальный для проведения экспертизы промышленной безопасности вопрос оценки и прогнозирования остаточного ресурса грузоподъемных машин. Рассмотрены реализуемые подходы к оценке остаточного ресурса. Предложена модель определения остаточного ресурса металлургических кранов, работающих в тяжелом режиме, на основе использования критерия остаточного прогиба моста крана в вертикальной плоскости.

Ключевые слова: мостовой грузоподъемный кран, прогнозирование, остаточный ресурс, остаточный прогиб.

УДК 66-6

Определение остаточного ресурса грузоподъемных машин при проведении экспертизы промышленной безопасности имеет ключевое значение для результатов проводимой экспертизы и представляет определенные трудности для любой экспертной организации. В то же время, несмотря на разнообразие применяемых методик определения остаточного ресурса грузоподъемных кранов, в них реализуются три подхода [1].

Первый подход — с позиции статистической теории надежности — используют, когда нет ретроспективных данных об условиях и истории эксплуатации крановой конструкции, но имеются сведения об отказах и о ресурсах ее аналогов. В данном случае остаточный ресурс, вероятность безотказной работы, риск оценивают на заданном этапе работы конструкции на основе статистической обработки данных об отказах и о ресурсах ее аналогов. Для этого после анализа соответствующей документации проводят экспертный анализ металлоконструкции данного вида крана в зависимости от назначения, технологии изготовления и монтажа, условий эксплуатации, режимов работы, обслуживания и ремонта. Затем устанавливают критерий отказа (возникновение трещин, достижение трещиной критической длины, утонение стенок в результате коррозии и т. д.) и предельные состояния конструктивных узлов, приводящие к возникновению опасных аварийных ситуаций. Определяют требуемый объем наблюдений для вычисления остаточного ресурса и вероятности возникновения отказа с заданной точностью и достоверностью, собирают и анализируют данные об отказах и предельных состояниях металлоконструкций исследуемого класса (аналогов), эксплуатировавшийся в сходных (по причинам, характеру, виду и последствиям отказов и предельных состояний) условиях. На основании сформированных выборок наработок до отказов или предельных состояний подбирают статистическую модель оценки остаточного ресурса, строят гистограмму плотности функций распределения и выбирают аппроксимирующий ее закон распределения.

Второй подход основан на эксплуатации металлоконструкции по ее фактическому техническому состоянию с использованием текущей оценки поврежденности материала опасных зон конструктивных узлов неразрушающими методами контроля и моделирования доминирующих механизмов деградации материала (усталость, коррозия) для каждой опасной зоны по фактической истории эксплуатации крановой конструкции для установления на основании данных расчетов обоснованных межконтрольных интервалов, гарантирующих в данном временном интервале достаточную остаточную прочность конструкции при наличии конкретного дефекта. Если дефект (трещина заданных размеров) не может быть обнаружен применяемыми методами контроля, то предполагают, что максимальный не обнаруживаемый дефект находится в опасной зоне, и на базе расчетов его развития по фактической истории эксплуатации крановой конструкции определяют соответствующий временной интервал освидетельствования конструкции. Очевидно, что максимальный не обнаруживаемый дефект не должен превышать размера повреждения в предельном состоянии. При этом моделируют как процесс зарождения макроскопической трещины в результате накопления усталостных, рассеянных по объему

повреждений, так и рост конструктивного или зародившегося в ходе эксплуатации трещиноподобного дефекта.

Третий подход состоит в составлении эталонной математической модели исправной металлоконструкции крана на базе соответствующей расчетной схемы и в сопоставлении расчетных перемещений в наиболее чувствительных точках конструкции с замеряемыми на натурной конструкции при эксплуатации. Разница между этими значениями — диагностический параметр, по эволюции которого можно следить за процессом старения конструкции. Выход этого параметра за заданное поле допусков свидетельствует о наступлении предельных состояний и позволяет идентифицировать появляющиеся аномалии.

Известно, что одним из критериев предельного состояния крана является предельная (недопустимая) деформация его элементов. Для мостовых кранов таким критерием является остаточный прогиб моста крана.

Проверка проводится по условию $\frac{f_3}{L} \leq \left[\frac{f}{L} \right]$,

где f_3 - максимальный вертикальный прогиб главной балки моста крана в процессе эксплуатации, L - пролет главной мостовой балки крана. Величина $\left[\frac{f}{L} \right]$ регламентирована и зависит от схемы крана, места расположения кабины, режима работы и нормируется для случая воздействия номинальной подвижной нагрузки: масса тележки с номинальным грузом. В частности, исследования показали, что при остаточном (отрицательном) прогибе $f_3 < 0,0022 L$ (L — пролет крана) кран можно эксплуатировать без всяких ограничений. При прогибе $0,0022L < f_3 < 0,0035L$ должен быть предусмотрен контроль за развитием остаточного прогиба, а именно проведение нивелировки не реже одного раза в четыре месяца. Остаточный прогиб $f_3 = 0,0035L$ является предельно допустимым. При больших значениях прогиба происходит самопроизвольное скатывание тележки.

На основе анализа и обобщения данных из фиксируемых в цеховой эксплуатационной документации результатов грузовых испытаний однотипных мостовых металлургических кранов, работающих в тяжелом режиме, получена закономерность изменения остаточного прогиба моста крана. На рисунке представлены опытные данные нарастания прогиба балок кранов, работающих в тяжелом режиме в течение 24 лет эксплуатации. Поле корреляции полученных точек опытных значений прогиба f_3 аппроксимировано теоретическим уравнением регрессии на основе использования метода наименьших квадратов

$$f_3 = 0,72 - 0,075T \quad (1)$$

Полученная закономерность позволяет прогнозировать остаточный ресурс грузоподъемных кранов по одному из самых важных определяющих критериев.

Остаточный прогиб, фз

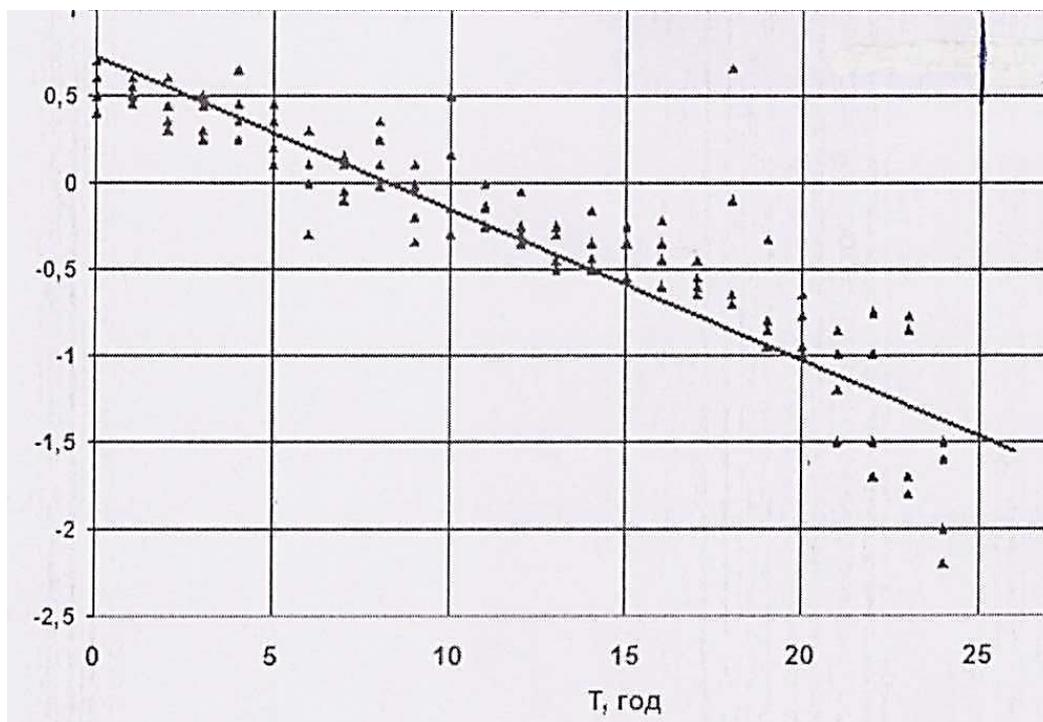


Рис. 1. Закономерность изменения остаточного прогиба мостовых металлургических кранов

Литература

1. Методические указания по определению остаточного ресурса потенциально опасных объектов, поднадзорных Госгортехнадзору России. РД 09-102-95.