

ПРОГНОЗНАЯ МОДЕЛЬ ДОЛГОВЕЧНОСТИ ПОДЪЕМНОГО СООРУЖЕНИЯ

PREDICTIVE MODELS DURABILITY OF LIFNING EQUIPMENT

V. Siryatov
D. Titov
K. Gusinsky
F. Bomco
A. Pakudin

Annotation

In this article are related the questions related to the analysis of indicators reliability indices of lifting equipment. The ability of lifting equipment (assembly, subsystem or system) for perform the required functions in pre-set operating modes of production processes characterized by the term "reliability".

Reliability is a complex property for modern lifting equipment. In this article considered conditions and possibilities for the analysis (at the design stage) the durability of lifting equipment.

Keywords: lifting equipment, reliability indices, durability, forecast of technical state, mathematical model.

Сырятов Вячеслав Григорьевич

Ген. директор

ООО "ИТЦ "Диагностика и Экспертиза"

Титов Дмитрий Викторович

Директор ООО "КБ ТДиК"

Гусинский Константин Николаевич

Технический директор ООО "Велес"

Бомко Федор Михалович

Зам. ген. директора

ООО "Аскотехэнерго-диагностика"

Пакудин Андрей Алексеевич

Зам. директора ООО "Башкран-Н"

Аннотация

В статье рассмотрены вопросы, связанные с анализом показателей надежности функционирования подъемного сооружения. Термином "надежность" характеризуется способность подъемного сооружения в целом или его отдельного конструктивного элемента (узла, подсистемы или системы) сохранять способность выполнения требуемых функций для заданных рабочих режимов производственных процессов. Надежность является комплексным свойством, в особенности для характеристики сложного технического устройства, каким представляется современное подъемное сооружение. В статье приведен анализ возможностей для проектного обоснования одного из показателей надежности ? долговечности эксплуатации подъемного сооружения.

Ключевые слова:

Подъемное сооружение, показатели надежности, долговечность, прогноз технического состояния, математическая модель.

Очевидной особенностью производства технологических (промышленных, производственных) процессов, связанных с эксплуатацией соответствующего подъемного сооружения является его опасность.

Опасность эксплуатации подъемного сооружения характеризуется основными возможными группами последствий (рисков), вследствие проявлений аварийных факторов [1,2]:

- ◆ риски останова (перерыва) технологических процессов ,как результатов отказов (аварий, инцидентов) отдельных конструктивных элементов (узлов, подсистем или систем) или подъемного сооружения, в целом;

- ◆ риски нанесения дефектов и повреждений (вплоть до разрушения) несущим строительным конструкциям здания или сооружения, в котором размеща-

ется соответствующее подъемное сооружение;

- ◆ риски нанесения ущерба жизни и здоровью персонала, занятого эксплуатацией соответствующего подъемного сооружения и производством соответствующих технологических (производственных) процессов.

Под термином "безопасность" (или "промышленная безопасность") рассматривается характеристика комплекса мероприятий по предотвращению или минимизации условий для проявления соответствующих технологических опасностей.

В нормативных документах [1,2] отсутствует четкое определение параметров "безопасности" по отношению именно к подъемным сооружениям, поэтому для анализа безопасности технологического процесса, связанного с эксплуатацией подъемного сооружения рассматриваются показатели надежности.

На Рис. 1 представлена структура количественных показателей, характеризующих свойство надежности для подъемного сооружения [3,4].

Количественный показатель надежности подъемного сооружения, представляемый в формате долговечности – это свойство технического (технологического) устройства сохранять работоспособность до наступления некоторого вида предельного состояния при условии соблюдения установленной системы технического обслуживания и ремонтных работ.

Предельным состоянием принимается такой формат (физический или моральный износ) подъемного сооружения (или его отдельного конструктивного элемента, узла, системы), при котором его дальнейшее применение по назначению недопустимо (вследствие тяжести последствий проявления рисков), а восстановление невозможно или нецелесообразно по экономическим и/или технологическим показателям.

В Табл. 1. представлены ориентировочные характеристики и количественные значения уровней состояния и физического износа (показатель It) подъемного сооружения, который рассматривается в качестве источника опасностей.

Количественный показатель надежности подъемного сооружения, представляемый в формате долговечности – это свойство технического (технологического) устройства сохранять работоспособность до наступления некоторого вида предельного состояния при условии соблюдения установленной системы технического обслуживания и ремонтных работ.

Предельным состоянием принимается такой формат (физический или моральный износ) подъемного сооружения (или его отдельного конструктивного элемента, узла, системы), при котором его дальнейшее применение по назначению недопустимо (вследствие тяжести последствий проявления рисков), а восстановление невозможно или нецелесообразно по экономическим и/или технологическим показателям.

В Табл. 1. представлены ориентировочные характеристики и количественные значения уровней состояния и физического износа (показатель It) подъемного сооружения, который рассматривается в качестве источника опасностей.

Количественный показатель надежности подъемного сооружения, представляемый в формате долговечности – это свойство технического (технологического) устройства сохранять работоспособность до наступления некоторого вида предельного состояния при условии соблюдения установленной системы технического обслуживания и ремонтных работ.

Предельным состоянием принимается такой формат (физический или моральный износ) подъемного сооружения (или его отдельного конструктивного элемента, узла, системы), при котором его дальнейшее применение по назначению недопустимо (вследствие тяжести последствий проявления рисков), а восстановление невозможно или нецелесообразно по экономическим и/или технологическим показателям.

В Табл. 1. представлены ориентировочные характеристики и количественные значения уровней состояния и физического износа (показатель It) подъемного соору-



Рисунок 1. Структура показателей свойства надежности.

Таблица 1.

Ориентировочная характеристика возможных состояний подъемного сооружения.

Название состояния (уровня)	Обобщенная характеристика состояния (уровня)	Показатель I_t , (ориентировочно), %
Работоспособное (небезопасный)	объект исследований (подъемное сооружение) практически полностью не соответствует проектным параметрам, но соответствует хотя бы одному режиму эксплуатации	15-40
Ограниченно работоспособное (аварийный)	объект исследований (подъемное сооружение) практически полностью не соответствует проектным параметрам, а единственный режим эксплуатации допускается с ограничениями	41-60
Полностью неработоспособное (катастрофический)	объект исследований (подъемное сооружение) полностью не соответствует проектным параметрам, требуется немедленный останов любого из режимов эксплуатации	61-100

жения, который рассматривается в качестве источника опасностей.

Нормативные положения по расчету и проектированию конструктивных элементов подъемных сооружений практически не содержат аргументированных рекомендаций по аналитическому учету фактора времени в формате соответствующего срока службы (как показателя долговечности, а, значит, надежности) этого технического устройства.

Предполагается, что если срок службы (долговечность) подъемного сооружения устанавливается или назначается в соответствии с требованиями нормативных документов, то необходимые показатели опасных для эксплуатации состояний (см. Табл. 1.) учитываются соответствующим комплексом мероприятий для их защиты от возможных и проектируемых аварийных факторов (агрессивности среды, возникновения и проявления дефектов и повреждений, усталости металла) [1,4].

Возможность учета (при расчете и проектировании) негативных воздействий осуществляется при помощи прогнозного математического моделирования процессов снижения функциональных характеристик элементов подъемного сооружения [4,5].

Центральным показателем анализа надежности является понятие "отказа" – частичного или полного снижения функциональных характеристик подъемного сооружения [4,5].

Наступление опасного вида состояния (или снижения функциональных характеристик), определяемое соответствующим значением физического износа (см. Табл. 1.) возможно принять за отказ подъемного сооружения.

Прогнозная математическая модель предназначает-

ся для определения расчетным (аналитическим) методом срока службы (долговечность) конструктивных элементов (узлов, подсистем или систем) или подъемного сооружения и устанавливается связь между количественным показателем надежности (в формате характеристики долговечности – срока службы) и количественной характеристикой опасности технического состояния в формате показателя износа подъемного сооружения, (показатель I_t , см. Таблицу 1):

$$I_t = (e^{\lambda \cdot (t_i - t_0)} - 1) \cdot 100\% \quad (1)$$

где:

- I_t – показатель износа объекта исследований (процент);
- e – натуральное число [51];
- λ – функция (интенсивность) износа;
- t_0 – количество времени, необходимого для "приработки" соответствующего подъемного сооружения (годы);
- t_i – срок службы (годы).

Количественные значения функции (интенсивности) износа отдельных конструктивных элементов (узлов, подсистем или систем) или подъемного сооружения, в целом, определяются различными способами, в том числе при помощи аналитических методов (Табл. 2).

В Таблице 2. приняты следующие обозначения:

- τ – наработка элемента, находящегося в работоспособном состоянии от начального момента времени ($t = 0$) до момента проявления отказа;
- N – число элементов, работоспособных в начальный момент времени, ($t = 0$);
- $n(t)$ – число элементов, для которых зафиксированы случаи наступления отказов, в рассматриваемом интервале времени от 0 до t .

Таблица 2.

Способы определения значения функции (интенсивности) износа.

Наименование показателя	Аналитические методы	
	теории вероятности	математической статистики
Функция (интенсивность) износа	$\lambda(t) = \frac{1}{p(t)} \cdot \frac{dq(t)}{dt}$	$\lambda^*(t) = \frac{n(t)}{(N - n(t)) \cdot t}$

$p(t)$ – вероятность безотказной работы;
 $q(t)$ – вероятность наступления (проявления) отказа.

Показатель износа I_t в аналитической зависимости (1) является интегральной количественной характеристикой состояния подъемного сооружения, которая отражает снижение основных функциональных свойств к некоторому моменту времени, определяемому (назначаемому) сроком службы.

Критерии нарушения (или снижения) основных функциональных свойств находятся в зависимости от конкретного конструктивного решения подъемного сооружения, а при помощи прогнозной модели, формируется возможность для количественной оценки его долговечности при проектировании с учетом возможных (ожидаемых) условий эксплуатации и снижении проектных параметров функциональной способности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Приказ Ростехнадзора от 12.11.2013 г. №533 "Об утверждении Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности "Правила безопасности опасных производственных объектов, на которых используются подъемные сооружения".
2. Приказ Ростехнадзора от 13.05.2015г. №188 "Об утверждении Руководства по безопасности "Методические основы по проведению анализа опасностей и оценки риска аварий на опасных производственных объектах".
3. ГОСТ 27.003-90. Надежность в технике. Состав и общие правила задания требований по надежности. – М.: Издательство стандартов. 1990. – 20 с.
4. Шишков Н.А. Надежность и безопасность грузоподъемных машин. – М.: Недра. 1990. – 252 с.
5. Гнеденко Б.В., Беляев Ю.К., Соловьев А.Д. Математические методы в теории надежности. – М.: Наука. 1965. – 524 с.

© В.Г. Сыратов, Д.В. Титов, К.Н. Гусинский, Ф.М. Бомко, А.А. Пакудин, (Siryatov@list.ru), Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики».

Оренбург
 сердце Евразии

НЕФТЬ
 ГАЗ
 ЭНЕРГО 2016

17 - 19
 ФЕВРАЛЯ

Оренбург

ООО «УралЭкспо»

XIII СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ
 •ВЫСТАВКА•
 «НЕФТЬ. ГАЗ.
 ЭНЕРГО»

- Добыча нефти и газа (технологии и оборудование)
- Геология, геофизика
- Сейсмическое оборудование и услуги
- Транспортировка, переработка и хранение нефти, нефтепродуктов и газа