

ВЕРОЯТНОСТНАЯ МОДЕЛЬ ФИЗИЧЕСКОГО ИЗНОСА КОНСТРУКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПОДЪЕМНОГО СООРУЖЕНИЯ

STOCHASTIC MODEL PHYSICAL WEAR OF STRUCTURAL COMPONENTS LIFTING EQUIPMENT

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

Annotation

In this article are related the questions to the analysis of technical conditions lifting equipment. This indicator is called, as "physical wear". Physical wear of elements lifting equipment is very rather common causes for different emergency events (appearance, processes) and capable to lead to serious negative consequences, including loss of human life. Resistance of lifting constructions to deterioration of their functional characteristics is perhaps considerably to raise if at a design stage made the relevant decisions.

In this article is provided the analysis of opportunities for design justification of probability of approach of physical wear at operation of a lifting construction.

Keywords: lifting equipment, physical wear, technical state, stochastic model, structural components.

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 технического состояния конструктивных элементов подъемных сооружений, которое характеризуется показателем физического износа. Изношенность основных производственных фондов подъемных сооружений является достаточно распространенной причиной для различного рода нештатных (или аварийных) событий (явлений, процессов), которые вполне способны привести к тяжелым негативным последствиям, включая человеческие жертвы. Устойчивость подъемных сооружений к ухудшению их функциональных характеристик возможно значительно повысить, приняв на стадии проектирования соответствующие решения.

В статье приведен анализ возможностей для проектного обоснования вероятности наступления физического износа при эксплуатации подъемного сооружения.

Ключевые слова:

Подъемное сооружение, физический износ, надежность, виды технического состояния, вероятностная модель.

Для осуществления и обеспечения технологических процессов для опасных и неопасных производственных объектов в различных отраслях промышленности (транспорта) применяются следующие основные виды подъемных (грузоподъемных) сооружений [1,2]:

- ◆ краны: башенные, приставные, порталные, понтоновые, козловые, стреловые (самоходные – автомобильные, пневмоколесные, гусеничные, железнодорожные), специального назначения (для обеспечения производственных процессов в химической и атомной промышленности), краны-манипуляторы, краны-трубоукладчики;

- ◆ подъемники, лебедки, вышки;
- ◆ эскалаторы;
- ◆ лифты.

Оценку технического состояния подъемных сооружений (например, грузоподъемных кранов) производится по результатам технического освидетельствования их основных конструктивных элементов [3]:

- ◆ основные несущие конструкции (рама, мост, башня, стрела);
- ◆ основные приводные механизмы (лебедка, редуктор, муфты, приводы);

- ◆ защитные устройства (тормоза, блоки, предохранители, компенсаторы);
- ◆ ходовые колеса;
- ◆ грузозахватные приспособления;
- ◆ подъемное оборудование (канаты, барабаны, цепи);
- ◆ электрооборудование;
- ◆ гидрооборудование;
- ◆ аппараты и кабины управления;
- ◆ балласт и противовесы;
- ◆ ограждения;
- ◆ площадки, лестницы и галереи;
- ◆ крановые пути и подкрановые балки.

В процессе эксплуатации подъемных сооружений происходит неизбежный процесс накопления различных дефектов и повреждений практически всех конструктивных элементов. Дефекты и повреждения конструктивных элементов (узлов, систем) являются последствиями ошибок, отклонений и неправильных действий при проектировании, изготовлении и эксплуатации (Рис. 1). Процесс постепенного накопления дефектов и повреждений приводит к постепенному (с течением времени) снижению функциональной эффективности и характеризуется количественной величиной – физическим износом конструктивных элементов подъемного сооружения.

Показатель физического износа не является предметом анализа при разработке проектных решений для конструктивного элемента подъемного сооружения – при проектировании реализуется принцип презумпции: безошибочных действий обслуживающего персонала, отсутствия случайных (негативных) внешних воздействий и отклонений от рабочих режимов эксплуатации, безусловного и своевременного обнаружения и устранения ранних признаков дефектов и повреждений.

Возможно предположить, что именно такой подход к

проектированию подъемных сооружений и назначению рабочих параметров эксплуатации и приводит (в том числе) к внеплановым постановкам на ремонт и преждевременному физическому износу.

Проектный анализ снижения параметров технического состояния (функциональной эффективности) подъемного сооружения или отдельных конструктивных элементов с учетом возможных процессов коррозии, дефектов, повреждений и усталости металла конструкций, узлов, элементов представляется серьезным инструментом для обоснования конструктивных и технологических решений (принимаемых на стадии проектирования), ориентированных на снижение значения физического износа на стадии практической эксплуатации.

Вероятностная математическая модель (или модель нефизической природы [4]) физического износа подъемного сооружения позволяет осуществлять анализ развития негативного процесса (с рассмотрением влияния одного или нескольких негативных факторов), который развивается в пространстве и во времени, для таких условий, в которых находится реальный объект исследований.

При помощи математической вероятностной модели производится анализ непрерывного (во времени) процесса, который характеризует переходы технического состояния рассматриваемого подъемного сооружения из одного состояния – в соседнее состояние (по направлению снижения основных функциональных свойств или увеличению физического износа) [5]:

$$P_t = 1 - \frac{1}{n!} \cdot (\lambda \cdot t_i)^n \cdot e^{-\lambda \cdot t_i} \quad (1)$$

где:

P_t – показатель вероятности наступления физического износа подъемного сооружения (доля от единицы);



Рисунок 1. Структура групп факторов, которые приводят к накоплению дефектов и повреждений элементов подъемного сооружения.

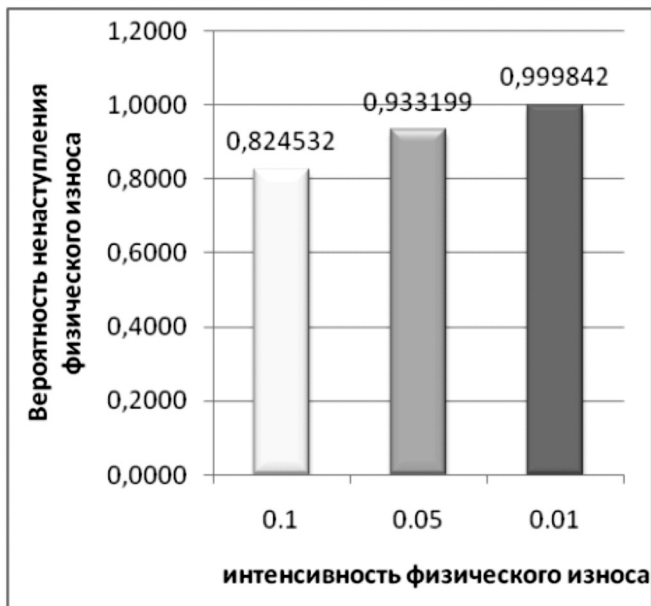


Рисунок 2. Показатель вероятности ненаступления физического износа для фиксированного срока службы $t = 50$ лет

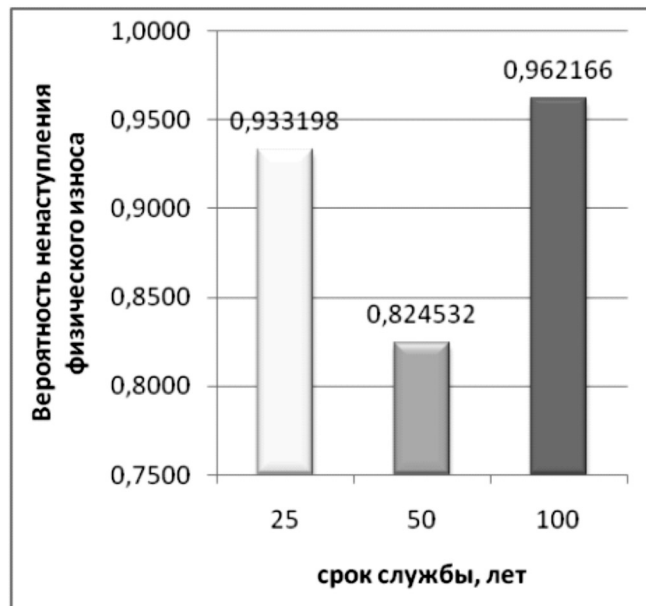


Рисунок 3. Показатель вероятности ненаступления физического износа для фиксированного значения интенсивности физического износа $\lambda=0.1$

e – натуральное число;
 λ – функция (интенсивность) физического износа;
 n – количество состояний, принятых для анализа;
 t_i – срок службы (годы).

Показатель вероятности ненаступления физического износа P_t в аналитической зависимости (1) является количественной характеристикой надежности технического состояния подъемного сооружения и характеризует возможное снижение основных функциональных свойств (физического износа) к некоторому моменту времени (сроку службы).

На **Рисунках 2 и 3** приведены результаты анализа надежности (вероятности ненаступления физического износа, P_t) с применением аналитической зависимости (1), для двух групп проектных ситуаций:

- ◆ группа 1 – за исходные данные принят фиксированный расчетный (проектный) срок службы, который составляет $t = 50$ лет. Предполагается развитие физического износа основных конструктивных элементов с различной интенсивностью: 0.1, 0.05 и 0.01 год⁻¹, соответственно;
- ◆ группа 2 – за исходные данные принято фиксированное расчетное (проектное) значение интенсивности физического износа $\lambda=0.1$ год⁻¹.

Предполагается развитие физического износа основных конструктивных элементов для различных значений срока службы: 25, 50, 100 лет, соответственно.

При расчете обеих групп проектных ситуаций к рассмотрению приняты следующие возможные технические состояния подъемного сооружения ($n=5$):

- ◆ исправное, физический износ составляет до 5 %;
- ◆ ограниченно исправное, физический износ составляет до 20 %;
- ◆ работоспособное, физический износ составляет до 40 %;
- ◆ ограниченно работоспособное, физический износ составляет до 60 %;
- ◆ неработоспособное, физический износ составляет до 100 %.

Расчетное значение вероятности ненаступления физического износа подъемного сооружения определяется, исходя из граничного значения физического износа, равного 60 %.

Превышение этой величины является серьезной опасностью для выполнения соответствующих производственных процессов, а восстановление функциональной эффективности подъемного сооружения считается экономически нецелесообразным.

Вероятность ненаступления физического износа, определяемая при помощи аналитической зависимости (1), является количественной оценкой рисков экономических

потерь, связанных с остановкой производственных процессов вследствие недопустимого износа соответствующего подъемного сооружения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Правила безопасности опасных производственных объектов, на которых используются подъемные сооружения. – М.: МИЭЭ. 2014. – 136 с.
2. Вайнсон А.А. Подъемно-транспортные машины. – М.: Машиностроение. 1989. – 536 с.
3. Шишков Н.А. Надежность и безопасность грузоподъемных машин. – М.: Недра. 1990. – 252 с.
4. Самарский А. А., Михайлов А. П. Математическое моделирование: Идеи. Методы. Примеры. 2-е изд. испр. – М.: Физматлит. 2001. – 320 с.
5. Гмурман В.Б. Теория вероятностей и математическая статистика. Учебное пособие – М.: Высшая школа. 2001. – 479 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».

Russian Oil&Gas Industry Week

**НАЦИОНАЛЬНЫЙ
НЕФТЕГАЗОВЫЙ
ФОРУМ**

19-20 апреля 2016 г.
Москва, ЦВК «Экспоцентр»

www.oilandgasforum.ru

16-я Международная выставка

НЕФТЕГАЗ-2016



18-21 апреля 2016 г.
Москва, ЦВК «Экспоцентр»

www.neftegaz-expo.ru