

УДК 621.87

ВЕРОЯТНОСТЬ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ОТКАЗОВ МЕХАНИЗМА ПЕРЕДВИЖЕНИЯ МОСТОВОГО КРЮКОВОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО КРАНА ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Ритенман И.Л.¹, Ритенман В.И.², Блейшмидт Л.И.¹

¹ – ООО «Промбезопасность» (Брянск, Россия)

² – АО «МЕТАКЛЭЙ» (Карачев, Брянская область, Россия)

Приведено применение методики анализа видов и последствий отказов (FMEA-анализ) для оценки технического риска наступления аварийных ситуаций при эксплуатации механизма передвижения мостового крюкового электрического крана. Методика позволяет выявить лимитирующие элементы и определить значимость последствий в конструкции механизма передвижения мостового крана, разработать мероприятия для снижения риска наступления аварийной ситуации.

Ключевые слова: промышленная безопасность, оценка рисков, FMEA-анализ, критичность, коэффициент приоритетного риска, диаграмма Парето, диаграмма Исикавы, вероятность наступления отказа, вероятность обнаружения отказа.

DOI: 10.22281/2413-9920-2018-04-02-180-202

Одной из задач при эксплуатации опасных производственных объектов является соблюдение норм и правил промышленной безопасности. Промышленная безопасность опасного производственного объекта – состояние защищенности жизненно важных интересов личности и общества от аварий на опасных производственных объектах и последствий указанных аварий [5]. Требования к опасным производственным объектам устанавливаются Федеральным законом от 21.07.1997 № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов». Для предотвращения или сведения к минимуму риска возникновения аварийных ситуаций проводится экспертиза промышленной безопасности технических устройств, применяемых на опасном производственном объекте.

В настоящее время всё чаще встает вопрос оценки технического риска возникновения аварийных ситуаций. Риск – сочетание вероятности причинения вреда и последствий этого вреда для жизни или здоровья человека, имущества, окружающей среды, жизни или здоровья животных и растений [5].

Одним из эффективных методов оценки технического риска является анализ видов и последствий отказов (FMEA-анализ) [1, 22]. FMEA-анализ – метод, позволяющий идентифицировать виды потенциальных отказов, оценить вероятность возникновения отказов и обеспечить меры по снижению риска.

В работе проводится исследование механизма передвижения электрического крюкового мостового крана (рис. 1). Часто встре-

чаемая при техническом диагностировании конструкция показана на рис. 2. Анализ вероятности возникновения отказов и обеспечения мер по снижению риска осуществляется, исходя из собранной об объекте информации:

- технических характеристиках;
- диагностике возможных причин отказов специальными процедурами контроля;
- условий эксплуатации.

В качестве примера рассмотрим механизм передвижения крана со следующими исходными параметрами:

- группа классификации механизма передвижения крана – М7 [21];
- класс использования механизма передвижения крана – Т₅ [7];
- техническое устройство отработало нормативный срок службы в годах, эксплуатируется в помещении в условиях, которые соответствуют паспортным характеристикам;
- функционирование системы производственного контроля на подъёмных сооружениях опасного производственного объекта осуществляется в соответствии с нормативными документами;
- ежесменные и плановые осмотры, техническое обслуживание, текущие и капитальные ремонты проводятся в соответствии с требованиями инструкции по эксплуатации технического устройства и нормативной документации.

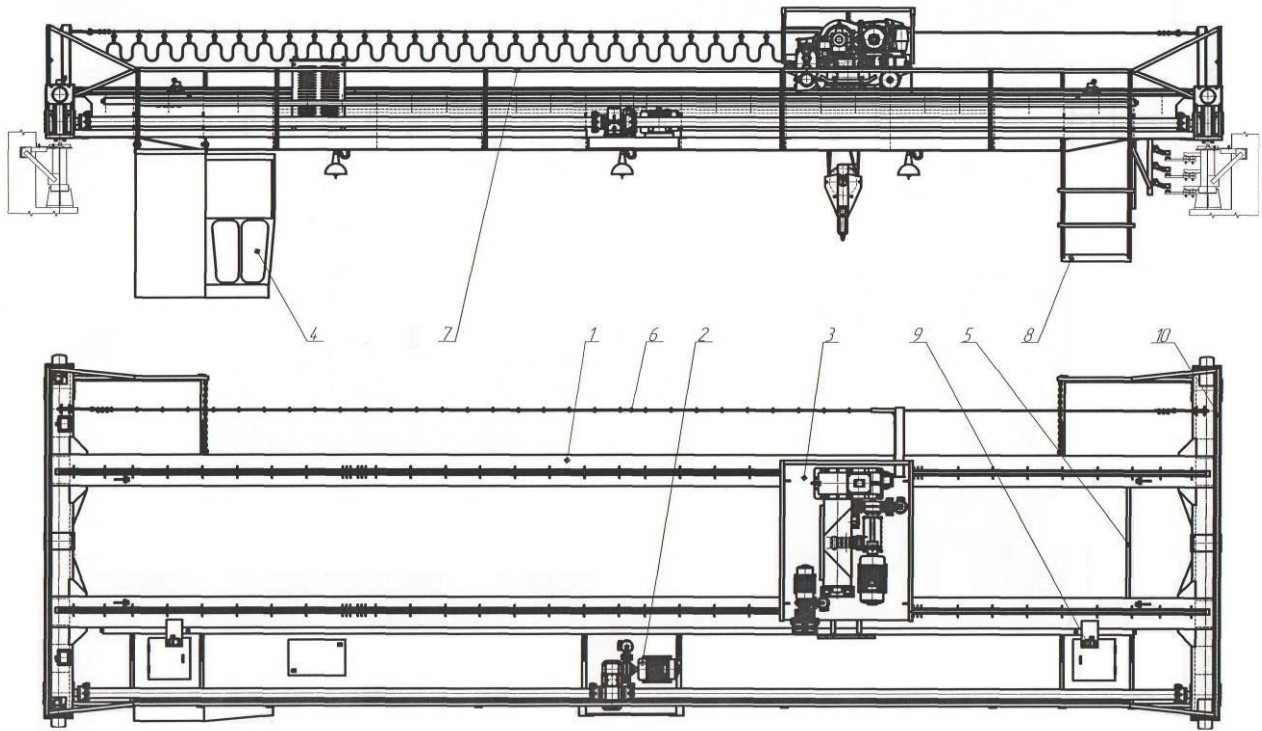


Рис. 1. Общий вид крюкового электрического мостового крана:

1 – мост; 2 – механизм передвижения крана; 3 – грузовая тележка; 4 – кабина; 5 – ограждение троллеи; 6 – электрооборудование; 7 – перила; 8 – кабина вспомогательная; 9 – устройства безопасности; 10 – ограждение концевых балок.

Для проведения исследования объект представляется в виде функциональной блок-схемы. Функциональная блок-схема содержит [22]:

а) декомпозицию объекта на основные блоки и при необходимости декомпозицию блоков на отдельные элементы, включая их функциональные взаимосвязи;

б) идентификационные номера;

в) все технические особенности, обеспечивающие защиту объекта от отказов.

Функциональная блок-схема механизма передвижения электрического мостового крана состоит из блоков:

A₁ – электродвигатель;

A₂ – крепёжное соединение (крепление электродвигателя);

A₃ – зубчатая муфта;

A₄ – тормоз;

A₅ – крепёжное соединение (крепление тормоза);

A₆ – редуктор;

A₇ – крепёжное соединение (крепление редуктора);

A₈ – приводной вал левый;

A₉ – приводной вал правый;

A₁₀ – ведущее ходовое колесо;

A₁₁ – рельс (рельсового пути крана);

A₁₂ – ведомое ходовое колесо;

A₁₃ – крепёжное соединение (крепление ходовых колёс).

Для связи между блоками используются следующие виды соединений:

2 – резьбовое;

3 – механическое.

На функциональной блок-схеме (рис. 3) показаны блоки механизма передвижения электрического мостового крана (рис. 2). Каждый блок имеет наименование, индекс и количество, обозначение согласно рис. 2.

Блоки A₃, A₈, A₉, A₁₀ и A₁₂ целесообразно разложить на отдельные элементы.

Элемент – низшая ячейка функциональной схемы, состоящая из сборочной единицы (крепёжного соединения) или детали.

Эскиз зубчатой полумуфты (блок A₃) представлен на рис. 4.

Функциональная схема блока A₃ состоит из следующих элементов:

Б_{3.1} – шпонка;

Б_{3.2} – зубчатая полумуфта;

Б_{3.3} – втулка;

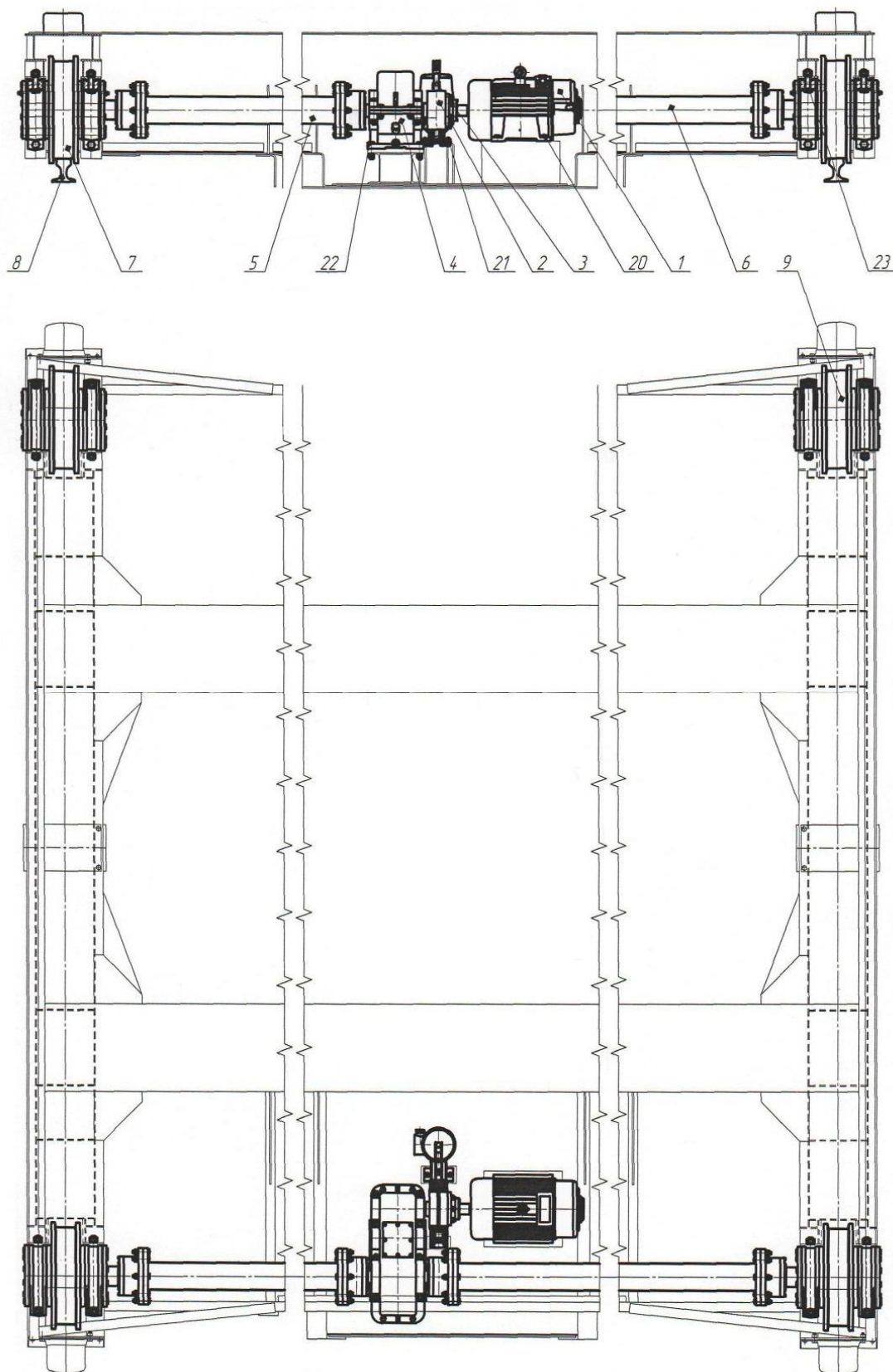


Рис. 2 Общий вид механизма передвижения крюкового электрического мостового крана:
1 – электродвигатель механизма передвижения крана; 2 – зубчатая муфта; 3 – тормоз механизма передвижения; 4 – редуктор механизма передвижения крана; 5 – приводной вал левый; 6 – приводной вал правый; 7 – ведущее ходовое колесо; 8 – рельс; 9 – ведомое ходовое колесо; 20 – крепёжное соединение; 21 – крепёжное соединение; 22 – крепёжное соединение; 23 – крепёжное соединение.

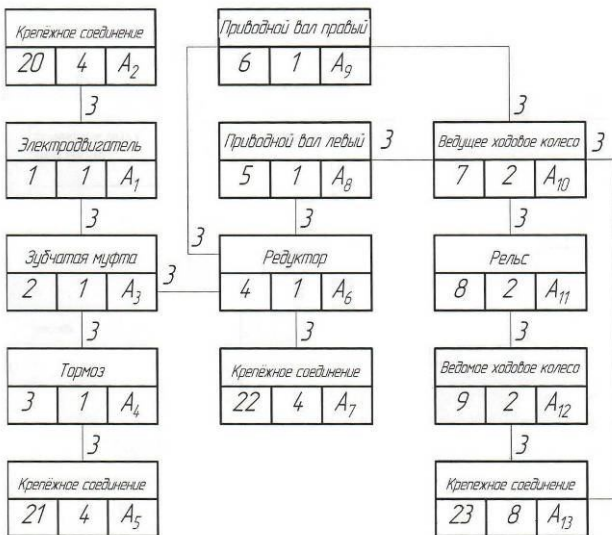


Рис. 3. Функциональная схема механизма передвижения крюкового электрического мостового крана

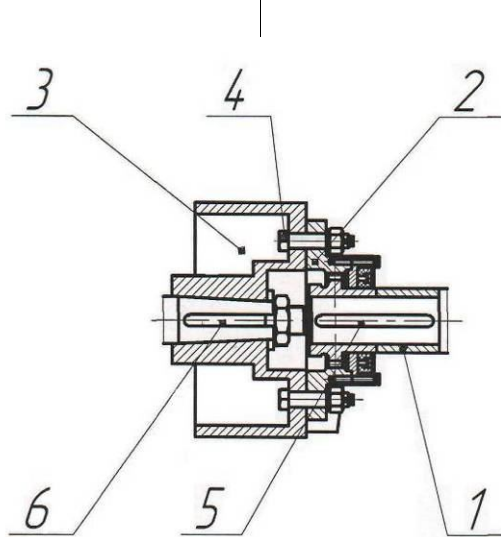


Рис. 4. Эскиз зубчатой полумуфты:

1 втулка; 2 – зубчатая полумуфта; 3 – шкив;
4 – крепёжное соединение; 5 – шпонка; 6 – шпонка

Б_{3,4} – крепёжное соединение, соединяющее зубчатую полумуфту со шкивом;

Б_{3,5} – шкив;

Б_{3,6} – шпонка.

Для связи между элементами используются следующие виды соединений:

1 – прессовое;

2 – резьбовое;

3 – механическое.

На функциональной схеме (рис. 5) показаны элементы зубчатой полумуфты (рис. 4). Каждый элемент имеет наименование, индекс и количество, обозначение согласно рис. 4.

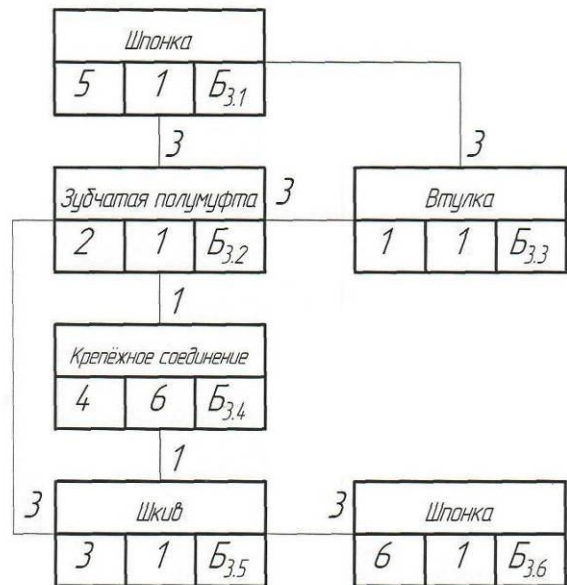


Рис. 5. Функциональная схема зубчатой полумуфты – блок А₃

Эскиз приводного вала левого (блок А₈) и приводного вала правого (блок А₉) представлен на рис. 6.

Функциональная схема блока А₈ (рис. 7) состоит из следующих элементов:

Б_{8,1} – шпонка;

Б_{8,2} – зубчатая полумуфта;

Б_{8,3} – крепёжное соединение, соединяющее зубчатую полумуфту с фланцевой полумуфтой;

Б_{8,4} – фланцевая полумуфта;

Б_{8,5} – вал;

Б_{8,6} – зубчатая полумуфта;

Б_{8,7} – шпонка.

Для связи между элементами используются следующие виды соединений:

1 – прессовое;

2 – резьбовое;

3 – механическое;

7 – сварное.

Функциональная схема блока А₉ (рис. 8) состоит из следующих элементов:

Б_{9,1} – шпонка;

Б_{9,2} – зубчатая полумуфта;

Б_{9,3} – крепёжное соединение, соединяющее зубчатую полумуфту с фланцевой полумуфтой;

Б_{9,4} – фланцевая полумуфта;

Б_{9,5} – вал;

Б_{9,6} – зубчатая полумуфта;

Б_{9,7} – шпонка.

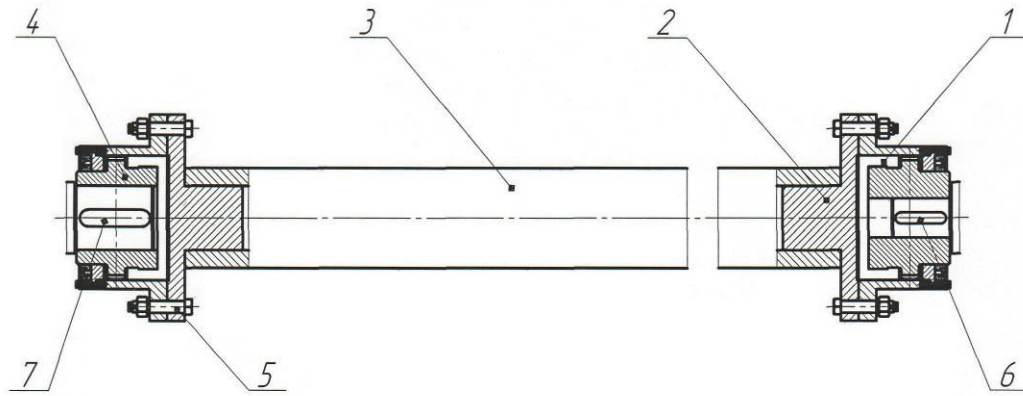


Рис. 6. Эскиз приводного вала левого, приводного вала правого:
 1 – зубчатая полушестерня; 2 – фланцевая полушестерня; 3 – вал; 4 – зубчатая полушестерня;
 5 – крепёжное соединение; 6 – шпонка; 7 – шпонка

Для связи между элементами используются следующие виды соединений:

- 1 – прессовое;
- 2 – резьбовое;
- 3 – механическое;
- 7 – сварное.

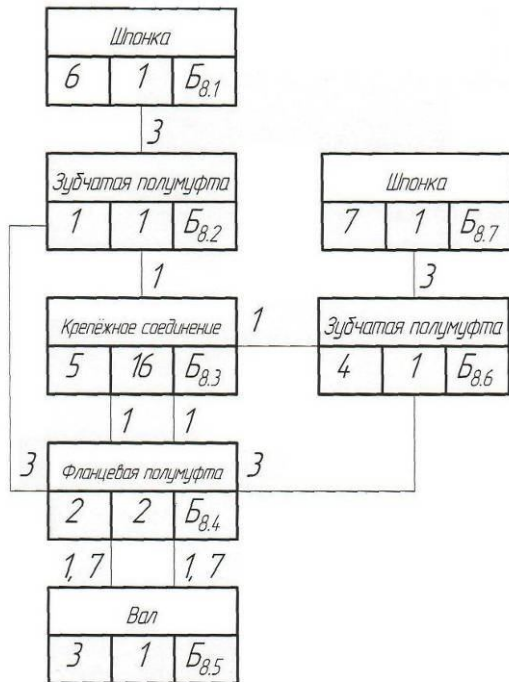


Рис. 7. Функциональная схема приводного вала левого – блок А₈

Эскиз ведущего ходового колеса (блок А₁₀) представлен на рис. 9.

Функциональная схема блока А₁₀ (рис. 10) состоит из следующих элементов:

- Б_{10.1} – вал;
- Б_{10.2} – шпонка;

- Б_{10.3} – колесо;
- Б_{10.4} – втулка;
- Б_{10.5} – подшипник;
- Б_{10.6} – крышка;
- Б_{10.7} – крышка;
- Б_{10.8} – букса;
- Б_{10.9} – крышка;
- Б_{10.10} – маслёнка;
- Б_{10.11} – прокладка;
- Б_{10.12} – крепёжное соединение, соединяющее крышки с буксой.

Используемые виды соединений:

- 1 – прессовое;
- 2 – резьбовое;
- 3 – механическое.

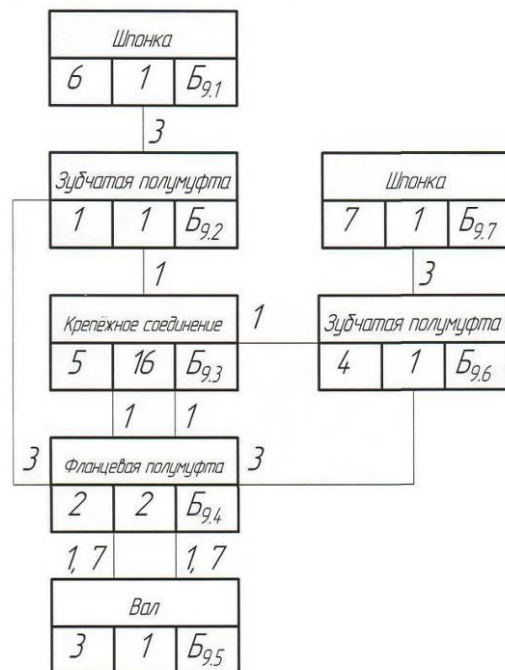


Рис. 8. Функциональная схема приводного вала правого – блок А₉

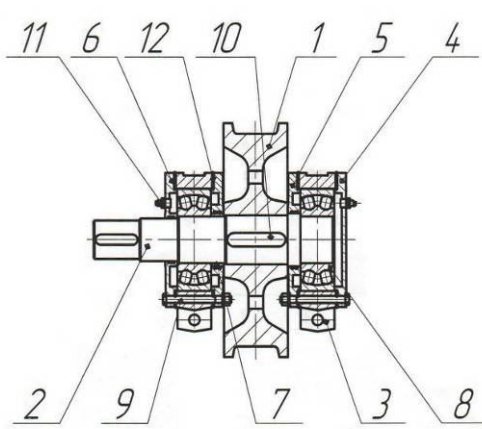


Рис. 9 Эскиз ведущего ходового колёса
1 – колесо; 2 – вал; 3 – буска; 4 – крышка; 5 – крышка; 6 – крышка; 7 – втулка; 8 – подшипник; 9 – крепёжное соединение; 10 – шпонка; 11 – маслénка; 12 – прокладка.

Эскиз ведомого ходового колёса (блок А₁₂) представлен на рис. 11.

Функциональная схема блока А₁₂ (рис. 12) состоит из следующих элементов:

- Б_{12.1} – вал;
- Б_{12.2} – шпонка;
- Б_{12.3} – колесо;
- Б_{12.4} – втулка;
- Б_{12.5} – подшипник;
- Б_{12.6} – крышка;
- Б_{12.7} – крышка;
- Б_{12.8} – буска;
- Б_{12.9} – маслénка;
- Б_{12.10} – прокладка;
- Б_{12.11} – крепёжное соединение, соединяющее крышки с буской.

Используемые виды соединений:

- 1 – прессовое;
- 2 – резьбовое;
- 3 – механическое.

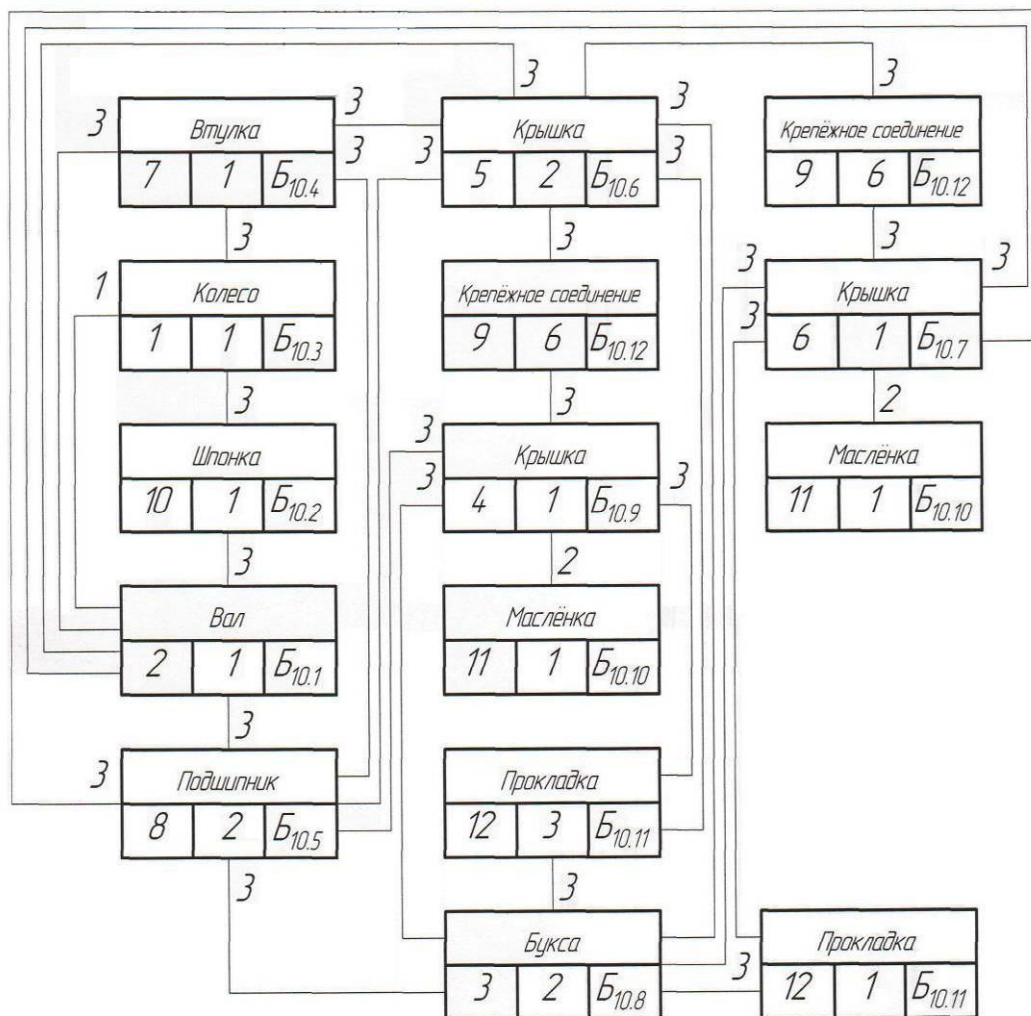


Рис. 10. Функциональная схема ведущего ходового колёса – блок А₁₀

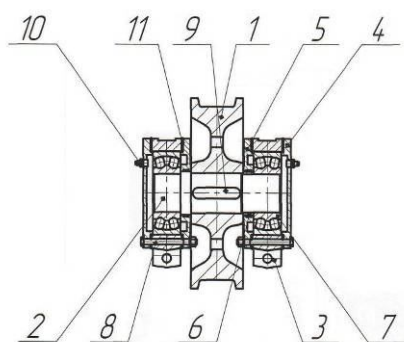


Рис. 11 Эскиз ведомого ходового колёса:
1 – колесо; 2 – вал; 3 – букса; 4 – крышка; 5 – крышка; 6 – втулка; 7 – подшипник; 8 – крепёжное соединение; 9 – шпонка; 10 – маслёрка; 11 – прокладка.

Успешное функционирование объекта зависит от функционирования критических блоков и элементов объекта. Для оценки функционирования объекта необходимо идентифицировать возможные причины отказов. Возможные причины отказов блоков и элементов механизма передвижения крюкового электрического мостового крана на основе анализа функциональных и физических параметров приведены в табл. 1.

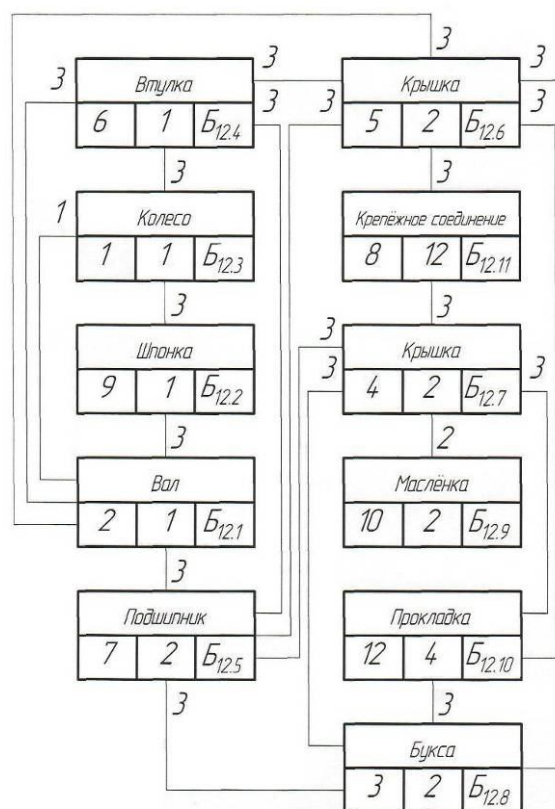


Рис. 12. Функциональная схема ведомого ходового колёса – блок А₁₂

Таблица 1

Индекс	Блок, элемент	Возможные причины отказов	Индекс отказа
А ₁	Электродвигатель	– замыкание обмотки	С ₁
		– износ щеток	С ₂
		– износ шеек вала	С ₃
А ₂	Крепёжное соединение	– отсутствие элемента	С ₄
		– дефект резьбы	С ₅
Б _{3.1}	Шпонка	– срез, смятие	С ₆
Б _{3.2}	Зубчатая полумуфта	– износ шпоночного паза	С ₇
		– износ зубьев	С ₈
		– отсутствие смазки	С ₉
		– отсутствие деталей	С ₁₀
Б _{3.3}	Втулка	– износ	С ₁₁
Б _{3.4}	Крепёжное соединение	– отсутствие элемента	С ₁₂
		– дефект резьбы	С ₁₃
Б _{3.5}	Шкив	– износ поверхности	С ₁₄
		– износ шпоночного паза	С ₁₅
		– трещины, обломы	С ₁₆
Б _{3.6}	Шпонка	– срез, смятие	С ₁₇
А ₄	Тормоз	– не отрегулирован	С ₁₈
		– состояние пружины	С ₁₉
		– отсутствуют детали	С ₂₀
		– состояние толкателя	С ₂₁
		– износ колодок, трещины	С ₂₂

Продолжение табл. 1

Индекс	Блок, элемент	Возможные причины отказов	Индекс отказа
А ₅	Крепёжное соединение	– отсутствие элемента	С ₂₃
		– потеря резьбы	С ₂₄
А ₆	Редуктор	– отсутствие смазки	С ₂₅
		– износ зубьев	С ₂₆
		– износ шеек валов	С ₂₇
		– износ подшипников	С ₂₈
А ₇	Крепёжное соединение	– отсутствие элемента	С ₂₉
		– дефект резьбы	С ₃₀
Б _{8.1}	Шпонка	– срез, смятие	С ₃₁
Б _{8.2}	Зубчатая полумуфта	– износ шпоночного паза	С ₃₂
		– износ зубьев	С ₃₃
		– отсутствие смазки	С ₃₄
		– отсутствие деталей	С ₃₅
Б _{8.3}	Крепёжное соединение	– отсутствие элемента	С ₃₆
		– дефект резьбы	С ₃₇
Б _{8.4}	Фланцевая полумуфта	– износ, трещины	С ₃₈
Б _{8.5}	Вал	– осевой ход	С ₃₉
		– износ шеек, трещины, скручивание	С ₄₀
Б _{8.6}	Зубчатая полумуфта	– износ шпоночного паза	С ₄₁
		– износ зубьев	С ₄₂
		– отсутствие смазки	С ₄₃
		– отсутствие деталей	С ₄₄
Б _{8.7}	Шпонка	– срез, смятие	С ₄₅
Б _{9.1}	Шпонка	– срез, смятие	С ₄₆
Б _{9.2}	Зубчатая полумуфта	– износ шпоночного паза	С ₄₇
		– износ зубьев	С ₄₈
		– отсутствие смазки	С ₄₉
		– отсутствие деталей	С ₅₀
Б _{9.3}	Крепёжное соединение	– отсутствие элемента	С ₅₁
		– дефект резьбы	С ₅₂
Б _{9.4}	Фланцевая полумуфта	– износ, трещины	С ₅₃
Б _{9.5}	Вал	– осевой ход	С ₅₄
		– износ шеек, трещины, скручивание	С ₅₆
Б _{9.6}	Зубчатая полумуфта	– износ шпоночного паза	С ₅₇
		– износ зубьев	С ₅₈
		– отсутствие смазки	С ₅₉
		– отсутствие деталей	С ₆₀
Б _{9.7}	Шпонка	– срез, смятие	С ₆₁
Б _{10.1}	Вал	– износ шеек	С ₆₂
		– износ шпоночного паза	С ₆₃
Б _{10.2}	Шпонка	– срез, смятие	С ₆₄
Б _{10.3}	Колесо	– трещины	С ₆₅
		– износ по диаметру	С ₆₆
		– износ реборды	С ₆₇
		– разность диаметров колес	С ₆₈
		– износ шпоночного паза	С ₆₉

Окончание табл. 1

Индекс	Блок, элемент	Возможные причины отказов	Индекс отказа
Б _{10.4}	Втулка	– износ	С ₇₀
Б _{10.5}	Подшипник	– отсутствие смазки	С ₇₁
		– наличие дефектов	С ₇₂
Б _{10.6}	Крышка	– износ	С ₇₃
Б _{10.7}	Крышка	– износ	С ₇₄
Б _{10.8}	Букса	– износ поверхности	С ₇₅
Б _{10.9}	Крышка	– износ	С ₇₆
Б _{10.10}	Масленка	– наличие дефектов	С ₇₇
Б _{10.11}	Прокладка	– наличие дефектов	С ₇₈
Б _{10.12}	Крепёжное соединение	– отсутствие элемента	С ₇₉
		– дефект резьбы	С ₈₀
А ₁₁	Рельс	– износ головки	С ₈₁
		– поверхностные дефекты	С ₈₂
		– трещины в стенке	С ₈₃
		– коррозия стенки и подошвы	С ₈₄
Б _{12.1}	Вал	– износ шеек	С ₈₅
		– износ шпоночного паза	С ₈₆
Б _{12.2}	Шпонка	– срез, смятие	С ₈₇
Б _{12.3}	Колесо	– трещины	С ₈₈
		– износ по диаметру	С ₈₉
		– износ реборды	С ₉₀
		– разность диаметров колес	С ₉₁
		– износ шпоночного паза	С ₉₂
Б _{12.4}	Втулка	– износ	С ₉₃
Б _{12.5}	Подшипник	– отсутствие смазки	С ₉₄
		– наличие дефектов	С ₉₅
Б _{12.6}	Крышка	– износ	С ₉₆
Б _{12.7}	Крышка	– износ	С ₉₇
Б _{12.8}	Букса	– износ поверхности	С ₉₈
Б _{12.9}	Масленка	– наличие дефектов	С ₉₉
Б _{12.10}	Прокладка	– наличие дефектов	С ₁₀₀
Б _{12.11}	Крепёжное соединение	– отсутствие элемента	С ₁₀₁
		– дефект резьбы	С ₁₀₂

Критичность возможных причин отказов определялась экспертным методом. Для этого была опрошена группа экспертов в составе из 10 человек, специалистов в области стандартизации и метрологии, проектирования и эксплуатации грузоподъемных кранов, имеющих многолетний опыт научной или практической работы, базовое или профильное образование.

Информация от экспертов была получена через опросный лист, который включал функциональные блок – схемы, а также три вопроса.

Вопрос 1 (ранг S): Вероятность диагно-

стики возможных причин отказов в зависимости от специальных процедур контроля на подъемных сооружениях опасных производственных объектов?

Вопрос 2 (ранг O): Вероятность появления каждого вида потенциального отказа в зависимости от класса использования блоков и элементов объекта?

Вопрос 3 (ранг D): Способ обнаружения отказа и средства, которые специалист применяет для обнаружения возможных причин отказов?

Бланк для ответов содержал информацию обо всех возможных причинах отказов бло-

ков и элементов объекта и таблицы с критериями оценки по рангам S, O, D.

Критерии оценки диагностики возможных причин отказов специальными процеду-

рами контроля на подъемных сооружениях опасных производственных объектов по рангу S приведены в табл. 2.

Таблица 2

Значимость последствий	Уровень регламентных работ	Ранг (S)
Опасная без предупреждения	Разрушение элемента конструкции технического устройства, находящегося в исправном или работоспособном состоянии без предупреждения	10
Опасная с предупреждением	Дефект, диагностирование которого возможно при капитально-восстановительном ремонте персоналом, занимающемся восстановлением работоспособности	9
Очень важная	Дефект, диагностирование которого возможно при привлечении специалистов специализированных организаций	8
Важная	Дефект, диагностирование которого возможно при плановом капитальном ремонте персоналом, занимающемся обслуживанием и ремонтом	7
Умеренная	Дефект, диагностирование которого возможно при плановом текущем ремонте персоналом, занимающемся обслуживанием и ремонтом	6
Слабая	Дефект, диагностирование которого возможно при плановом техническом обслуживании персоналом, занимающемся обслуживанием и ремонтом	5
Очень слабая	Дефект, диагностирование которого возможно при плановом осмотре персоналом, занимающемся обслуживанием и ремонтом	4
Незначительная	Дефект, диагностирование которого возможно при ежедневном осмотре персоналом, занимающемся эксплуатацией	3
Очень незначительная	Техническое устройство находится в работоспособном состоянии	2
Отсутствует	ТУ находится в исправном состоянии	1

Критерии оценки вероятности появления каждого вида потенциального отказа от класса использования T_i (механизма технического устройства) или U_i (металлоконструкции технического устройства) элементов объекта по рангу O приведены в табл. 3 и 4.

Под вероятностью появления каждого вида потенциального отказа понимается возможность его наступления, влияющее на функциональное предназначение технического устройства в зависимости от класса использования механизма (табл. 3) [7] и коэффициента использования элементов конструкции (табл. 4) [23].

Ранг класса использования элемента конструкции определяется по формуле:

- для элементов механизма технического устройства:

$$O_i = K_i T_i,$$

- для несущих элементов металлоконструкции технического устройства:

$$O_i = \frac{K_i}{2} U_i$$

где: O_i – продолжительность использования элемента конструкции, ч; K_i – коэффициент использования элемента конструкции; T_i – класс использования объекта, ч; U_i – класс использования объекта, цикл.

Критерии оценки по способу обнаружения отказа и средств, которые специалист применяет для обнаружения возможных причин отказов по рангу D, приведены в табл. 5. Возможностью обнаружения отказа – производительность, оперативность, безопасность, достоверность методов контроля,

точность средств измерения, применяемых | при оценке причин отказов [4].

Таблица 3

Класс использования		Продолжительность использования		Ранг (O)
механизм	кран	час	цикл	
T ₀	-	200	-	13
T ₁	-	400	-	12
T ₂	-	800	-	11
T ₃	U ₀	1600	1,6×10 ⁴	10
T ₄	U ₁	3200	3,2×10 ⁴	9
T ₅	U ₂	6300	6,3×10 ⁴	8
T ₆	U ₃	12500	1,25×10 ⁵	7
T ₇	U ₄	25000	2,5×10 ⁵	6
T ₈	U ₅	50000	5,0×10 ⁵	5
T ₉	U ₆	100000	1,0×10 ⁶	4
-	U ₇	-	2,0×10 ⁶	3
-	U ₈	-	4,0×10 ⁶	2
-	U ₉	-	Более 4,0×10 ⁶	1

Таблица 4

Детали	Срок службы, год	Коэффициент использования, K _i
Тормозные колодки	0,1	0,01
Канаты	0,3	0,03
Зубчатые колёса	1,5	0,15
Подшипники качения	3	0,3
Валы редукторов	10	1
Металлоконструкции	20	2

Таблица 5

Полнота контроля, производительность, оперативность, безопасность и достоверность методов неразрушающего контроля, точность средств измерения	Ранг (D)
Разрушающие методы контроля	10
Магнитный и акустический методы контроля, полнота контроля 100%	9
Магнитный и акустический методы контроля, полнота контроля выборочная	8
Оптический и капиллярный методы контроля	7
Радиационный метод контроля	6
Радиоволновой и тепловой методы контроля	5
Визуальный и измерительный контроль, точность средств измерения до 1 мкм, полнота контроля 100 %	4
Визуальный 100% и выборочный измерительный контроль, точность средств измерения до 1 мкм	3
Визуальный 100% и выборочный измерительный контроль, точность средств измерения 1 мм	2
Визуальный контроль, полнота контроля 100%	1
Контроль не проводится из-за надёжности конструкции	0

Статистическая обработка ответов экспертов на вопросы опросного листа по рангам S, O, D выполняется с помощью следующего соотношения

$$\bar{y}_{i.SOD}^{\{k\}} = 0,1 \cdot \sum_{m=1}^{m=10} y_{i.SOD}^{\{k\}}$$

где: $\bar{y}_{i.SOD}^{\{k\}}$ - усреднённая оценка по рангам S, O, D, поставленная при ответе на k -й вопрос опросного листа экспертами; $y_{i.SOD}^{\{k\}}$ - количественная оценка по рангам S, O, D, поставленная m -м экспертом балла при ответе на

k -й вопрос опросного листа.

Статистическая обработка ответов экспертов на вопросы опросного листа по рангам S, O, D приведена в табл. 6.

Количественная оценка критичности возможных причин отказов блоков и элементов объекта, коэффициент приоритетного риска, определяется произведением рангов S, O, D и нормируется от 1 до 1300. Результаты количественной оценки критичности коэффициента приоритетного риска блоков и элементов объекта приведены в табл. 6.

Таблица 6

Индекс	Блок, элемент	Возможные причины отказов	Индекс отказа	Ранги			КПР	
				(S)	(O)	(D)	Кол.	Сумма
A ₁	Электродвигатель	– замыкание обмотки	C ₁	6	8	1	48	242
		– износ щеток	C ₂	5	10	2	50	
		– износ шеек вала	C ₃	6	8	3	144	
A ₂	Крепёжное соединение	– отсутствие элемента	C ₄	3	7	1	21	63
		– дефект резьбы	C ₅	6	7	1	42	
B _{3.1}	Шпонка	– срез, смятие	C ₆	6	8	1	48	48
B _{3.2}	Зубчатая полумуфта	– износ шпоночного паза	C ₇	6	8	1	54	328
		– износ зубьев	C ₈	6	11	3	198	
		– отсутствие смазки	C ₉	5	11	1	55	
		– отсутствие деталей	C ₁₀	3	7	1	21	
B _{3.3}	Втулка	– износ	C ₁₁	6	7	0	0	0
B _{3.4}	Крепёжное соединение	– отсутствие элемента	C ₁₂	3	7	1	21	63
		– дефект резьбы	C ₁₃	6	7	1	42	
B _{3.5}	Шкив	– износ поверхности	C ₁₄	5	11	3	165	268
		– износ шпоночного паза	C ₁₅	6	8	1	48	
		– трещины, обломы	C ₁₆	5	11	1	55	
B _{3.6}	Шпонка	– срез, смятие	C ₁₇	6	8	1	48	48
A ₄	Тормоз	– не отрегулирован	C ₁₈	3	8	1	24	385
		– состояние пружины	C ₁₉	5	8	1	40	
		– отсутствуют детали	C ₂₀	3	7	1	21	
		– состояние толкателя	C ₂₁	5	8	1	40	
		– износ колодок, трещины	C ₂₂	5	13	4	260	
A ₅	Крепёжное соединение	– отсутствие элемента	C ₂₃	3	7	1	21	63
		– потеря резьбы	C ₂₄	6	7	1	42	
A ₆	Редуктор	– отсутствие смазки	C ₂₅	5	11	1	55	571
		– износ зубьев	C ₂₆	6	11	4	264	
		– износ шеек валов	C ₂₇	6	8	4	192	
		– износ подшипников	C ₂₈	6	10	1	60	
A ₇	Крепёжное соединение	– отсутствие элемента	C ₂₉	3	7	1	21	63
		– дефект резьбы	C ₃₀	6	7	1	42	
B _{8.1}	Шпонка	– срез, смятие	C ₃₁	6	8	1	48	48

Продолжение табл. 6

Индекс	Блок, элемент	Возможные причины отказов	Индекс отказа	Ранги			КПР	
				(S)	(O)	(D)	Кол.	Сумма
Б _{8.2}	Зубчатая полумуфта	– износ шпоночного паза	C ₃₂	6	8	1	54	328
		– износ зубьев	C ₃₃	6	11	3	198	
		– отсутствие смазки	C ₃₄	5	11	1	55	
		– отсутствие деталей	C ₃₅	3	7	1	21	
Б _{8.3}	Крепёжное соединение	– отсутствие элемента	C ₃₆	3	7	1	21	63
		– дефект резьбы	C ₃₇	6	7	1	42	
Б _{8.4}	Фланцевая полумуфта	– износ, трещины	C ₃₈	6	8	0	0	0
Б _{8.5}	Вал	– осевой ход	C ₃₉	5	8	0	0	0
		– износ шеек, трещины, скручивание	C ₄₀	6	8	0	0	
Б _{8.6}	Зубчатая полумуфта	– износ шпоночного паза	C ₄₁	6	8	1	54	328
		– износ зубьев	C ₄₂	6	11	3	198	
		– отсутствие смазки	C ₄₃	5	11	1	55	
		– отсутствие деталей	C ₄₄	3	7	1	21	
Б _{8.7}	Шпонка	– срез, смятие	C ₄₅	6	8	1	48	48
Б _{9.1}	Шпонка	– срез, смятие	C ₄₆	6	8	1	48	48
Б _{9.2}	Зубчатая полумуфта	– износ шпоночного паза	C ₄₇	6	8	1	54	328
		– износ зубьев	C ₄₈	6	11	3	198	
		– отсутствие смазки	C ₄₉	5	11	1	55	
		– отсутствие деталей	C ₅₀	3	7	1	21	
Б _{9.3}	Крепёжное соединение	– отсутствие элемента	C ₅₁	3	7	1	21	63
		– дефект резьбы	C ₅₂	6	7	1	42	
Б _{9.4}	Фланцевая полумуфта	– износ, трещины	C ₅₃	6	8	0	0	0
Б _{9.5}	Вал	– осевой ход	C ₅₄	5	8	0	0	0
		– износ шеек, трещины, скручивание	C ₅₆	6	8	0	0	
Б _{9.6}	Зубчатая полумуфта	– износ шпоночного паза	C ₅₇	6	8	1	54	328
		– износ зубьев	C ₅₈	6	11	3	198	
		– отсутствие смазки	C ₅₉	5	11	1	55	
		– отсутствие деталей	C ₆₀	3	7	1	21	
Б _{9.7}	Шпонка	– срез, смятие	C ₆₁	6	8	1	48	48
Б _{10.1}	Вал	– износ шеек	C ₆₂	6	8	3	144	198
		– износ шпоночного паза	C ₆₃	6	8	1	54	
Б _{10.2}	Шпонка	– срез, смятие	C ₆₄	6	8	1	48	48
Б _{10.3}	Колесо	– трещины	C ₆₅	8	7	7	392	1160
		– износ по диаметру	C ₆₆	6	10	4	240	
		– износ реборды	C ₆₇	6	10	4	240	
		– разность диаметров колес	C ₆₈	6	10	4	240	
		– износ шпоночного паза	C ₆₉	6	8	1	48	

Окончание табл. 6

Индекс	Блок, элемент	Возможные причины отказов	Индекс отказа	Ранги			КПР	
				(S)	(O)	(D)	Кол.	Сумма
Б _{10.4}	Втулка	– износ	С ₇₀	6	7	0	0	0
Б _{10.5}	Подшипник	– отсутствие смазки	С ₇₁	5	10	1	50	110
		– наличие дефектов	С ₇₂	6	10	1	60	
Б _{10.6}	Крышка	– износ	С ₇₃	6	7	0	0	0
Б _{10.7}	Крышка	– износ	С ₇₄	6	7	0	0	0
Б _{10.8}	Букса	– износ поверхности	С ₇₅	6	7	3	126	126
Б _{10.9}	Крышка	– износ	С ₇₆	6	7	0	0	0
Б _{10.10}	Масленка	– наличие дефектов	С ₇₇	5	7	1	35	35
Б _{10.11}	Прокладка	– наличие дефектов	С ₇₈	6	7	0	0	0
Б _{10.12}	Крепёжное соединение	– отсутствие элемента	С ₇₉	3	7	1	21	63
		– дефект резьбы	С ₈₀	6	7	1	42	
А ₁₁	Рельс	– износ головки	С ₈₁	6	10	2	120	882
		– поверхностные дефекты	С ₈₂	6	7	1	42	
		– трещины в стенке	С ₈₃	8	7	7	392	
		– коррозия стенки и подошвы	С ₈₄	8	7	8	448	
Б _{12.1}	Вал	– износ шеек	С ₈₅	6	8	3	144	198
		– износ шпоночного паза	С ₈₆	6	8	1	54	
Б _{12.2}	Шпонка	– срез, смятие	С ₈₇	6	8	1	48	48
Б _{12.3}	Колесо	– трещины	С ₈₈	8	7	7	392	1160
		– износ по диаметру	С ₈₉	6	10	4	240	
		– износ реборды	С ₉₀	6	10	4	240	
		– разность диаметров колес	С ₉₁	6	10	4	240	
		– износ шпоночного паза	С ₉₂	6	8	1	48	
Б _{12.4}	Втулка	– износ	С ₉₃	6	7	0	0	0
Б _{12.5}	Подшипник	– отсутствие смазки	С ₉₄	5	10	1	50	110
		– наличие дефектов	С ₉₅	6	10	1	60	
Б _{12.6}	Крышка	– износ	С ₉₆	6	7	0	0	0
Б _{12.7}	Крышка	– износ	С ₉₇	6	7	0	0	0
Б _{12.8}	Букса	– износ поверхности	С ₉₈	6	7	3	126	126
Б _{12.9}	Масленка	– наличие дефектов	С ₉₉	5	7	1	35	35
Б _{12.10}	Прокладка	– наличие дефектов	С ₁₀₀	6	7	0	0	0
Б _{12.11}	Крепёжное соединение	– отсутствие элемента	С ₁₀₁	3	7	1	21	63
		– дефект резьбы	С ₁₀₂	6	7	1	42	

Примечание: КПР - коэффициент приоритетного риска.

Для определения количества лимитирующих блоков и элементов, входящих в область риска, строится диаграмма Парето [1]. Для этого ранжируются значения коэффициента приоритетного риска в порядке убывания (табл. 7) начиная с коэффициента приоритетного риска «колесо» и заканчивая «маслёнка» и подсчитывается общее значе-

ние коэффициента приоритетного риска для каждого блока или элемента. В графе «накопленный итог, сумма» к предыдущему значению коэффициента приоритетного риска прибавляем последующее. В следующей графе вычисляем процент каждого значения коэффициента приоритетного риска от их общего значения и подсчитаем общее коли-

чество процентов. Последнюю графу запол- | итог, сумма».
 няем по аналогии с графой «накопленный

Таблица 7

Индекс	Блок, элемент	Возможные отказы	КПР		Доля %	Накопленный итог	
			Кол.	Сумма		Сумма	%
Б _{10.3}	Колесо	– трещины	392	1160	14,19	1160	14,19
		– износ по диаметру	240				
		– износ реборды	240				
		– разность диаметров колес	240				
		– износ шпоночного паза	48				
Б _{12.3}	Колесо	– трещины	392	1160	14,19	2320	28,38
		– износ по диаметру	240				
		– износ реборды	240				
		– разность диаметров колес	240				
		– износ шпоночного паза	48				
А ₁₁	Рельс	– износ головки	120	882	10,79	3202	39,17
		– поверхностные дефекты	42				
		– трещины в стенке	392				
		– коррозия стенки и подошвы	448				
А ₆	Редуктор	– отсутствие смазки	55	571	6,99	3773	46,16
		– износ зубьев	264				
		– износ шеек валов	192				
		– износ подшипников	60				
А ₄	Тормоз	– не отрегулирован	24	385	4,72	4158	50,88
		– состояние пружины	40				
		– отсутствуют детали	21				
		– состояние толкателя	40				
		– износ колодок, трещины	260				
Б _{3.2}	Зубчатая полу-муфта	– износ шпоночного паза	54	328	4,0	4486	54,88
		– износ зубьев	198				
		– отсутствие смазки	55				
		– отсутствие деталей	24				
Б _{8.2}	Зубчатая полу-муфта	– износ шпоночного паза	54	328	4,0	4814	58,88
		– износ зубьев	198				
		– отсутствие смазки	55				
		– отсутствие деталей	21				
Б _{8.6}	Зубчатая полу-муфта	– износ шпоночного паза	54	328	4,0	5142	62,88
		– износ зубьев	198				
		– отсутствие смазки	55				
		– отсутствие деталей	21				

Продолжение табл. 7

Индекс	Блок, элемент	Возможные отказы	КПР		Доля %	Накопленный итог	
			Кол.	Сумма		Сумма	%
Б _{9.2}	Зубчатая полу-муфта	– износ шпоночного паза	54	328	4,0	5470	66,88
		– износ зубьев	198				
		– отсутствие смазки	55				
		– отсутствие деталей	21				
Б _{9.6}	Зубчатая полу-муфта	– износ шпоночного паза	54	328	4,0	5798	70,88
		– износ зубьев	198				
		– отсутствие смазки	55				
		– отсутствие деталей	21				
Б _{3.5}	Шкив	– износ поверхности	165	268	3,23	6066	74,11
		– износ шпоночного паза	48				
		– трещины, обломы	55				
А ₁	Электродвигатель	– замыкание обмотки	48	242	2,96	6308	77,07
		– износ щеток	50				
		– износ шеек вала	144				
Б _{10.1}	Вал	– износ шеек	144	198	2,42	6506	79,49
		– износ шпоночного паза	54				
Б _{12.1}	Вал	– износ шеек	144	198	2,42	6704	81,91
		– износ шпоночного паза	54				
Б _{10.8}	Букса	– износ поверхности	126	126	1,54	6830	83,45
Б _{12.8}	Букса	– износ поверхности	126	126	1,54	6956	84,99
Б _{10.5}	Подшипник	– отсутствие смазки	50	110	1,34	7066	86,33
		– наличие дефектов	60				
Б _{12.5}	Подшипник	– отсутствие смазки	50	110	1,34	7176	87,67
		– наличие дефектов	60				
А ₂	Крепёжное соединение	– отсутствие элемента	21	63	0,77	7239	88,44
		– дефект резьбы	42				
Б _{3.4}	Крепёжное соединение	– отсутствие элемента	21	63	0,77	7302	89,21
		– дефект резьбы	42				
А ₅	Крепёжное соединение	– отсутствие элемента	21	63	0,77	7365	89,98
		– дефект резьбы	42				
А ₇	Крепёжное соединение	– отсутствие элемента	21	63	0,77	7428	90,75
		– дефект резьбы	42				
Б _{8.3}	Крепёжное соединение	– отсутствие элемента	21	63	0,77	7491	91,52
		– дефект резьбы	42				
Б _{9.3}	Крепёжное соединение	– отсутствие элемента	21	63	0,77	7554	92,29
		– дефект резьбы	42				
Б _{10.12}	Крепёжное соединение	– отсутствие элемента	21	63	0,77	7617	93,06
		– дефект резьбы	42				
Б _{12.11}	Крепёжное соединение	– отсутствие элемента	21	63	0,77	7680	93,83
Б _{3.1}	Шпонка	– срез, смятие	48	48	0,59	7728	94,42
Б _{3.6}	Шпонка	– срез, смятие	48	48	0,59	7776	95,01

Окончание табл. 7

Индекс	Блок, элемент	Возможные отказы	КПР		Доля %	Накопленный итог	
			Кол.	Сумма		Сумма	%
			– дефект резьбы				
Б _{8.1}	Шпонка	– срез, смятие	48	48	0,59	7824	95,6
Б _{8.7}	Шпонка	– срез, смятие	48	48	0,59	7872	96,19
Б _{9.1}	Шпонка	– срез, смятие	48	48	0,59	7920	96,78
Б _{8.12}	Крышка	– износ отверстия	48	48	0,59	7968	97,37
Б _{9.7}	Шпонка	– срез, смятие	48	48	0,59	8016	97,96
Б _{10.2}	Шпонка	– срез, смятие	48	48	0,59	8064	98,55
Б _{12.2}	Шпонка	– срез, смятие	48	48	0,59	8112	99,14
Б _{10.10}	Масленка	– наличие дефектов	35	35	0,43	8147	99,57
Б _{12.9}	Масленка	– наличие дефектов	35	35	0,43	8182	100

Примечание: КПР - коэффициент приоритетного риска.

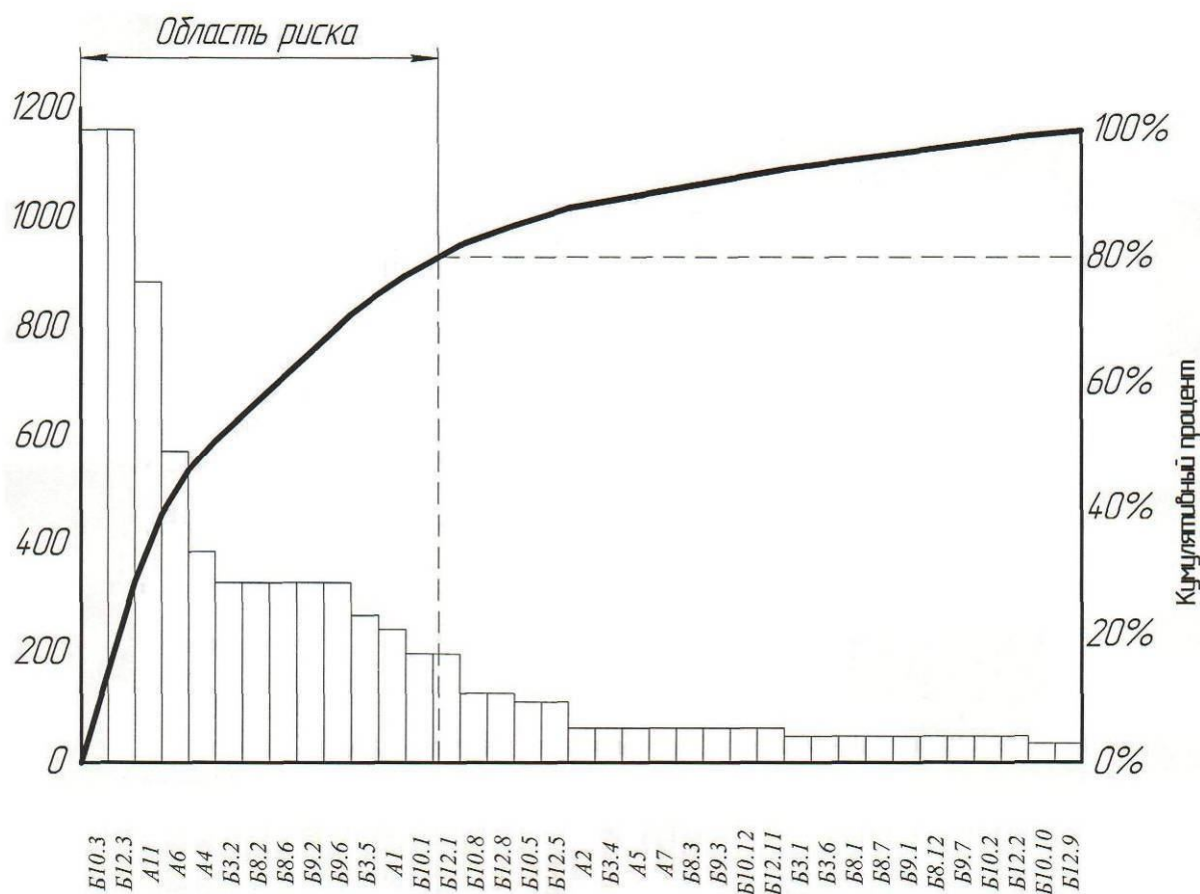


Рис. 13. Диаграмма Парето механизма передвижения мостового крана

Для построения диаграммы Парето (рис. 13) на оси абсцисс откладываем блоки и элементы конструкции, обозначая их индексами, а на оси ординат – значение коэффициента приоритетного риска.

Далее строим столбчатую диаграмму, где каждому блоку или элементу объекта соответствует свой столбик, вертикальная сторо-

на которого равна значению коэффициента приоритетного риска. Блоки и элементы откладываются в порядке убывания их коэффициента приоритетного риска. Если при построении диаграммы ряд столбцов имеют одинаковую высоту, то это означает их одинаковый «вклад в образование риска возникновения отказа» механизма передвижения

мостового крюкового электрического крана.

На правой стороне графика по оси ординат откладываем значения кумулятивного процента и вычерчиваем кривую кумулятивной суммы. Данная кривая носит название кривой Парето, она отражает в общем случае накопленное влияние всех причин потенциальных отказов блоков и элементов в конструкции механизма передвижения мостового крюкового электрического крана.

Далее на уровне 80 % проводим горизонтальную линию до пересечения с кумулятивной кривой и из точки пересечения опускаем перпендикуляр на горизонтальную ось. В итоге получаем две области потенциальных отказов, которые расположены слева от перпендикуляра являются значимыми, а справа не значимые.

Из построенной диаграммы Парето (рис. 13) видно, что в области риска оказались элементы конструкции, как:

1.	Б _{10.3}	Колесо	– 14,19
2.	Б _{12.3}	Колесо	– 14,19
3.	А ₁₁	Рельс	– 10,79
4.	А ₆	Редуктор	– 6,99
5.	А ₄	Тормоз	– 4,72
6.	Б _{3.2}	Зубчатая полумуфта	– 4,0
7.	Б _{8.2}	Зубчатая полумуфта	– 4,0
8.	Б _{8.6}	Зубчатая полумуфта	– 4,0
9.	Б _{9.2}	Зубчатая полумуфта	– 4,0
10.	Б _{9.6}	Зубчатая полумуфта	– 4,0
11.	Б _{3.5}	Шкив	– 3,23
12.	А ₁	Электродвигатель	– 2,96
13.	Б _{10.1}	Вал	– 2,42

Для установления причинно-следственных связей между объектом и влияющих на него факторов строится диаграмма Исикавы [1] для блоков и элементов объекта, попавших в область риска (рис. 14).

Анализируя причинно-следственную диаграмму (рис. 14), можно сделать вывод, что наибольший риск возникновения потенциальных отказов имеет колесо. Этот факт подтверждается значением коэффициента приоритетного риска – 1160. По сравнению с остальными рисками потенциальных отказов блоков и элементов объекта: рельс – 882, ре-

дуктор – 571, тормоз – 385, зубчатая полумуфта – 328, шкив – 268, электродвигатель – 242, вал – 198. Возможные причины отказов блоков и элементов объекта из области риска и значимость последствий приведены в табл. 8.

Заключение.

Исследование показывает, что лимитирующими элементами в конструкции механизма передвижения крюкового электрического мостового крана являются: колесо, рельс, редуктор, тормоз, зубчатая полумуфта, шкив, электродвигатель, вал. Из них по значимости последствия (очень важными) являются: колесо и рельс.

Несоблюдение паспортных режимов работы и условий эксплуатации, невыполнение требований нормативной документации по диагностике возможных причин отказов специальными процедурами контроля, применение неэффективных методов неразрушающего контроля и средств измерения может приводить к увеличению числа лимитирующих элементов и увеличению риска возникновения потенциальных отказов.

Таким образом, для уменьшения риска возникновения потенциальных отказов необходимо:

1) соблюдать паспортный режим работы подъемного сооружения и условия эксплуатации;

2) проводить диагностику возможных причин отказов специальными процедурами контроля;

3) применять эффективные методы неразрушающего контроля и средства измерения.

Представленный в данной работе FMEA-анализ позволяет выполнить оценку критичности и тяжести последствий элементов конструкции в процессе эксплуатации технического устройства в условиях получения необходимой информации о величине слагаемых риска – вероятности возникновения отказов вследствие проявления тех или иных характерных дефектов металлоконструкции, механизмов движения, систем энергообеспечения и безопасности в зависимости от диагностики возможных причин отказов специальными процедурами контроля, продолжительности использования элементов конструкции, методов и средств измерения.

Достоверность оценки технического риска может быть достигнута на основании анализа

конструкции, режима работы, эксплуатационной документации, организации работы по техническому обслуживанию и ремонту на основе экспертных оценок технического со-

стояния обследованных машин и промышленной безопасности на подъемных сооружениях опасных производственных объектов.

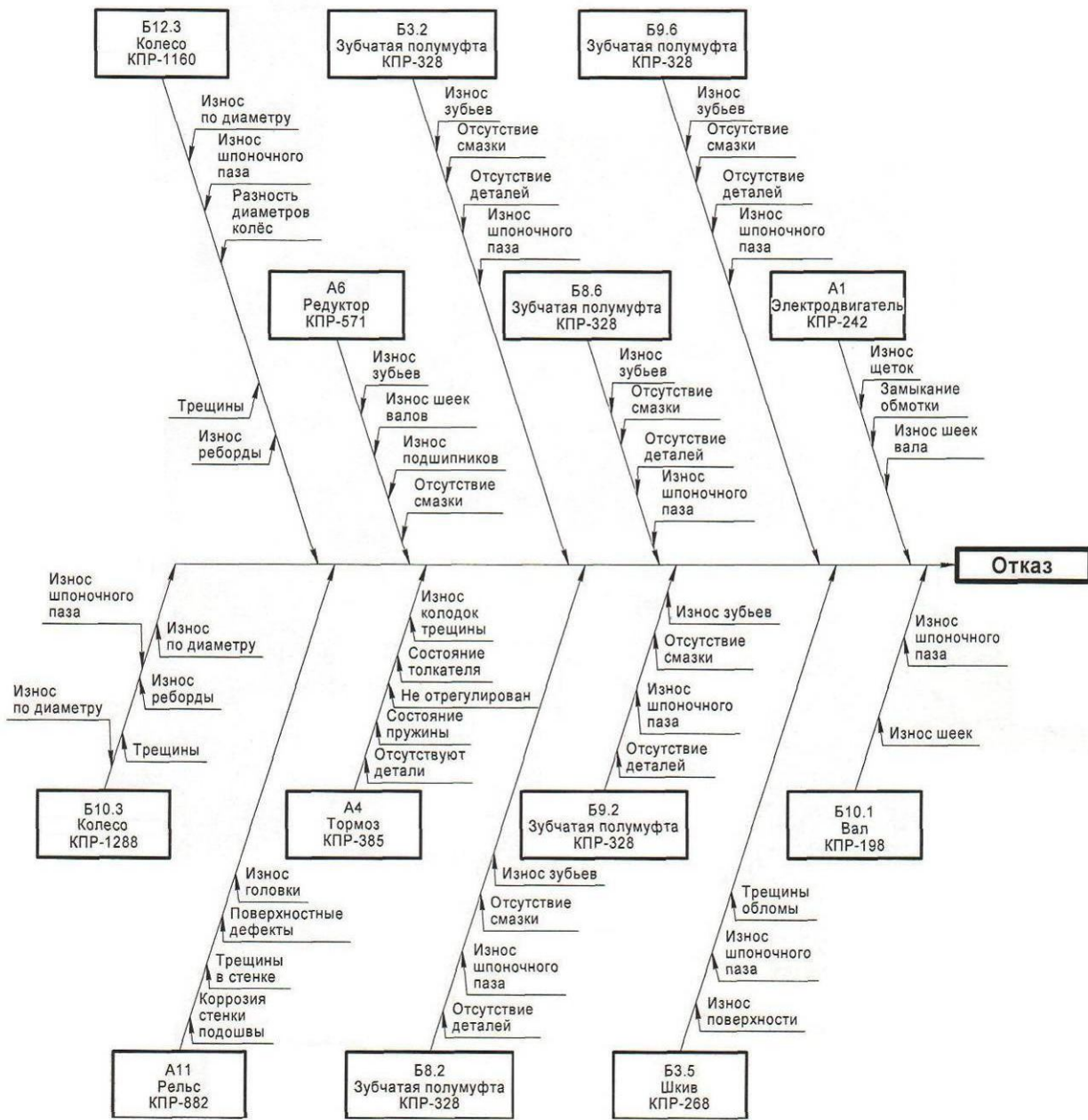


Рис. 14. Диаграмма Исикавы для элементов механизма передвижения мостового крана, оказавшихся в зоне риска

Таблица 8

Элемент конструкции	Возможные отказы	Значимость последствия
Колесо	– трещины	Очень важная
	– износ по диаметру	Умеренная
	– износ реборды	Умеренная
	– разность диаметров колес	Умеренная
	– износ шпоночного паза	Умеренная

Окончание табл. 8

Элемент конструкции	Возможные отказы	Значимость последствия
Колесо	– трещины	Очень важная
	– износ по диаметру	Умеренная
	– износ реборды	Умеренная
	– разность диаметров колес	Умеренная
	– износ шпоночного паза	Умеренная
Рельс	– износ головки	Умеренная
	– поверхностные дефекты	Умеренная
	– трещины в стенке	Очень важная
	– коррозия стенки и подошвы	Очень важная
Редуктор	– отсутствие смазки	Слабая
	– износ зубьев	Умеренная
	– износ шеек валов	Умеренная
	– износ подшипников	Умеренная
Тормоз	– не отрегулирован	Незначительная
	– состояние пружины	Слабая
	– отсутствуют детали	Незначительная
	– состояние толкателя	Слабая
	– износ колодок, трещины	Слабая
Зубчатая полумуфта	– износ шпоночного паза	Умеренная
	– износ зубьев	Умеренная
	– отсутствие смазки	Слабая
	– отсутствие деталей	Незначительная
Зубчатая полумуфта	– износ шпоночного паза	Умеренная
	– износ зубьев	Умеренная
	– отсутствие смазки	Слабая
	– отсутствие деталей	Незначительная
Зубчатая полумуфта	– износ шпоночного паза	Умеренная
	– износ зубьев	Умеренная
	– отсутствие смазки	Слабая
	– отсутствие деталей	Незначительная
Зубчатая полумуфта	– износ шпоночного паза	Умеренная
	– износ зубьев	Умеренная
	– отсутствие смазки	Слабая
	– отсутствие деталей	Незначительная
Зубчатая полумуфта	– износ шпоночного паза	Умеренная
	– износ зубьев	Умеренная
	– отсутствие смазки	Слабая
	– отсутствие деталей	Незначительная
Зубчатая полумуфта	– износ шпоночного паза	Умеренная
	– износ зубьев	Умеренная
	– отсутствие смазки	Слабая
	– отсутствие деталей	Незначительная
Шкив	– износ поверхности	Слабая
	– износ шпоночного паза	Умеренная
	– трещины, обломы	Слабая
Электродвигатель	– замыкание обмотки	Умеренная
	– износ щеток	Слабая
	– износ шеек вала	Умеренная
Вал	– износ шеек	Умеренная
	– износ шпоночного паза	Умеренная

Список литературы

1. Анализ видов и последствий потенциальных отказов. ФМЕА: справ. рук. / «Крайслер корпорэйшн», «Форд мотор компани», «Дженерал моторс корпорэйшн». – Н. Новгород: НИЦ КД; Приоритет, 1997. – 67 с.
2. Исикава, К. Японские методы управления качеством. – М.: Экономика, 1988. – 216 с.
3. Александров, М.П. Грузоподъемные машины / М.П. Александров. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э.Баумана – Высшая школа, 2000. – 552 с.
4. Каневский, И.Н. Неразрушающие методы контроля / И.Н. Каневский, Е.Н. Сальникова. – Владивосток: Изд-во ДВГТУ, 2007. – 243 с.
5. Федеральный закон от 21.07.1997 № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов».
6. Постановление Правительства РФ от 10.03.1999 № 263 «Об организации и осуществлении производственного контроля за соблюдением требований промышленной безопасности на опасном производственном объекте».
7. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила безопасности опасных производственных объектов, на которых используются подъемные сооружения».
8. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила проведения экспертизы промышленной безопасности».
9. РД 10-112-1-04 «Рекомендации по экспертному обследованию грузоподъемных машин. Общие положения».
10. РД 10-112-5-97 «Методические указания по обследованию грузоподъемных машин с истекшим сроком службы. Часть 5. Краны мостовые и козловые».
11. РД 03-606-03 «Инструкция по визуальному и измерительному контролю».
12. РД 03-348-00 «Методические указания по магнитной дефектоскопии стальных канатов. Основные положения».
13. РД 13-05-2006 «Методические рекомендации о порядке проведения магнитопорошкового контроля технических устройств и сооружений, применяемых и эксплуатируемых на опасных производственных объектах».
14. РД 13-06-2006 «Методические рекомендации о порядке проведения капиллярного контроля технических устройств и сооружений, применяемых и эксплуатируемых на опасных производственных объектах».
15. РД 13-04-2006 «Методические рекомендации о порядке проведения теплового контроля технических устройств и сооружений, применяемых и эксплуатируемых на опасных производственных объектах».
16. РД 13-03-2006 «Методические рекомендации о порядке проведения вихретокового контроля технических устройств и сооружений, применяемых и эксплуатируемых на опасных производственных объектах».
17. РД РОСЭК-001-96 «Машины грузоподъемные. Конструкции металлические. Контроль ультразвуковой. Основные положения».
18. РД РОСЭК-006-97 «Машины грузоподъемные. Конструкции металлические. Толщинометрия ультразвуковая. Основные положения».
19. РД 10-197-98 «Инструкция по оценке технического состояния болтовых и заклепочных соединений грузоподъемных кранов».
20. ИСО 4301/1-86 «Краны грузоподъемные классификация».
21. ГОСТ 25835-83 «Краны грузоподъемные. Классификация механизмов по режимам работы».
22. ГОСТ Р 51901.12-2007 «Менеджмент риска. Метод анализа видов и последствий отказов».
23. Гилев, А.В. Металлургические подъемно-транспортные машины / А.В. Гилев, А.А. Анушенков, А.Ю. Стовманенко, А.О. Шигин. – Красноярск: СФУ, 2008. - 252 с.
24. ГОСТ 25546-82 «Краны грузоподъемные. Режимы работы».
25. Ритенман, И.Л. Вероятность возникновения отказов при эксплуатации механизма подъема мостового крюкового электрического крана / И.Л. Ритенман, В.И. Ритенман, Л.И. Блейшмидт // Научно-технический вестник Брянского государственного университета. – 2017. - №3. – С. 303-332.
26. Ритенман, И.Л. Вероятность возникновения отказов при эксплуатации механизма передвижения грузовой тележки мостового крюкового электрического крана / И.Л.

Ритенман, В.И. Ритенман, Л.И. Блейшмидт // Научно-технический вестник Брянского государственного университета. – 2017. – №4. – С. 426-446.

27. Ритенман, И.Л. Вероятность возникновения отказов при эксплуатации рамы грузовой тележки мостового крюкового электрического крана / И.Л. Ритенман, В.И. Ритенман, Л.И. Блейшмидт // Научно-технический вестник Брянского государственного университета. – 2018. – №1. – С. 56-70.

Сведения об авторах

Ритенман Илья Леонидович – эксперт в области промышленной безопасности, технический директор ООО «Промбезопасность», ritenman@mail.ru.

Ритенман Владислав Ильич – инженер-метролог АО «МЕТАКЛЭЙ», vlad.ritenman@mail.ru.

Блейшмидт Леонид Израйлович – кандидат технических наук, доцент, заместитель генерального директора ООО «Промбезопасность», lblshdt@rambler.ru.

PROBABILITY OF EMERGENCE OF FAILURES OF THE MOVEMENT MECHANISM OF THE BRIDGE HOOK ELECTRIC CRANE AT OPERATION

Ritenman I.L.¹, Ritenman V.I.², Bleyshmidt L.I.¹

¹ - ООО «Prombezopasnost» (Bryansk, Russian Federation)

² - JSC "METACLAY" (Karachev, Bryansk region, Russian Federation)

Given the application of the methods of analysis of types and consequences of failures (FMEA analysis) to assess the technical risk of occurrence of emergency situations during the operation of the lifting mechanism electrical hook bridge crane. The technique allows to identify the limiting elements and to determine the significance of effects in the design of the lifting mechanism, to develop measures to reduce the risk of the occurrence of an emergency.

Key words: *industrial safety, risk assessment, FMEA analysis, criticality, risk priority coefficient, Pareto chart, Ishikawa diagram, the probability of failure detection probability of failure.*

DOI: 10.22281/2413-9920-2018-04-02-180-202

References

1. Analysis of the types and consequences of potential failures. FMEA / "Chrysler Corporation, Ford motor company, General motors Corporation". N. Novgorod, KD, Priority, 1997. 67 p. (In Russian)

2. Ishikawa K. Japanese quality management methods. Moscow, Economics, 1988. 216 p. (In Russian)

3. Aleksandrov M.P. Lifting machines. Moscow, MGTU imeni N.E. Bauman, Vysshaya shkola, 2000. 552 p. (In Russian)

4. Kanevsky I.N., Salnikova E.N. Non-destructive methods of control. Vladivostok, DVG TU, 2007. 243 p. (In Russian)

5. Federal law of 21.07.1997 № 116-FZ "On industrial safety of hazardous production facilities". (In Russian)

6. The decree of the RF Government dated 10.03.1999 N 263 "On the organization and implementation of production control over observance of industrial safety requirements at hazardous production facilities". (In Russian)

7. Federal norms and rules in the field of industrial safety "Safety rules for hazardous production facilities which are used elevating constructions". (In Russian)

8. Federal norms and rules in the field of industrial safety "Rules of carrying out of examination of industrial safety". (In Russian)

9. RD 10-112-1-04 "Guidelines for expert inspection of lifting machines. General provisions". (In Russian)

10. RD 10-112-5-97 "Guidelines for examination of lifting equipment with expired service life. Part 5. Cranes, overhead travelling and gantry". (In Russian)

11. RD 03-03-606 "Instruction on visual and measuring inspection". (In Russian)

12. RD 03-348-00 "Methodical guidelines for magnetic inspection of steel ropes. The main provisions". (In Russian)

13. RD 13-05-2006 "Methodological recommendations on the procedure for magnetic particle inspection of technical devices and structures applied and operated on hazardous production facilities". (In Russian)

14. RD 13-06-2006 "guidelines on procedures for conducting liquid penetrant inspection of technical devices and structures applied and operated on hazardous production facilities". (In Russian)

15. RD 13-04-2006 "Methodological recommendations on the procedure for thermal inspection of technical devices and structures applied and operated on hazardous production facilities". (In Russian)

16. RD 13-03-2006 "Methodological recommendations on the procedure for conducting eddy current testing of technical devices and structures applied and operated on hazardous production facilities". (In Russian)

17. RD ROSEK-001-96 "Machine lifting. Metal construction. The control of ultrasound. General provisions". (In Russian)

18. RD ROSEK-006-97 "Machine lifting. Metal construction. Ultrasonic thickness measurement. General provisions". (In Russian)

19. RD 10-197-98 "Guidelines for evaluation of technical condition of bolted and riveted joints of cranes". (In Russian)

20. ISO 4301/1-86 "Cranes classification". (In Russian)

21. GOST 25835-83 "Cranes. Classification of mechanisms modes". (In Russian)

22. GOST R 51901.12-2007 "Management of risk. The method of analysis of types and consequences of failures". (In Russian)

23. Gilev A.V., Anushenkov, A., Stovbunenko A., Shigin A. O. Metallurgical lifting-transport machines. Krasnoyarsk, SFU, 2008. 252 p. (In Russian)

24. GOST 25546-82 «Cranes for lifting. Operating modes» (In Russian)

25. Ritenman I.L., Ritenman V.I., Bleyshmidt L.I. The likelihood of failures in the operation of the lifting mechanism electrical hook bridge crane. *Nauchno-tekhicheskiy vestnik Bryanskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2017, No.3, pp. 303-332. DOI: 10.22281/2413-9920-2017-03-03-303-332 (In Russian)

26. Ritenman I.L., Ritenman V.I., Bleyshmidt L.I. Probability of failures in the operation of the movement mechanism of the cargo trolley of a bridge hook electric crane. *Nauchno-tekhicheskiy vestnik Bryanskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2017, No.4, pp. 426-446. DOI: 10.22281/2413-9920-2017-03-04-426-446 (In Russian)

27. Ritenman I.L., Ritenman V.I., Bleyshmidt L.I. The probability of failure in the operation of the truck frame of a bridge hook electric crane. *Nauchno-tekhicheskiy vestnik Bryanskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2018, No.1, pp. 56-70. DOI: 10.22281/2413-9920-2018-04-01-56-70 (In Russian)

Authors' information

Ilya L. Ritenman – an expert in the field of industrial safety, the technical Director at Limited Society "Prombezopasnost", ritenman@mail.ru.

Vladislav I. Ritenman – engineer-metrologist at JSC "METACLAY", vlad.ritenman@mail.ru.

Leonid I. Bleyshmidt - Candidate of Technical Sciences, Assistant Professor, Vice director at Limited Society "Prombezopasnost", lblshdt@rambler.ru.

Дата принятия к публикации
(Date of acceptance for publication)
07.06.2018

Дата публикации
(Date of publication):
25.06.2018

