

О. В. Леонова, канд. техн. наук, проф.; Е. Г. Веретенников
ГОУ ВПО «МОСКОВСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ
ВОДНОГО ТРАНСПОРТА»
Москва, Россия

ОБОСНОВАНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПОРТАЛЬНЫХ КРАНОВ НА ОСНОВЕ ОЦЕНКИ РИСКА

Разработана методика оценки риска порталных кранов, представляющая кран в виде многоуровневой иерархической системы металлоконструкции, электрооборудования, механизмов и использующая логико-вероятностные методы расчета. Количественная оценка риска элементов металлоконструкции, выполнялась в вероятностной форме с применением физико-механических, дедуктивных и индуктивных методов оценки, с использованием статистических данных по интенсивностям отказов. При отсутствии статистических данных об отказах элементов механизма, были использованы данные тензометрических испытаний элементов.

В связи с возросшими требованиями к обеспечению промышленной безопасности (управлением риском) технических систем и устройств, утверждением и вступлением в силу технического регламента «О безопасности машин и оборудования», появилась необходимость в разработке методик по количественной оценке риска для принятия мер по предотвращению аварий опасных производственных объектов, к которым относятся краны. Наряду с конструкторской, эксплуатационной, технологической документацией, обоснование безопасности машин и механизмов должно включать в себя оценку риска их эксплуатации.

Разработанная методика оценки риска эксплуатации порталных кранов, применима к порталным кранам, находящимся на всех стадиях эксплуатации, а именно в начале эксплуатации, после проведения ремонта, реконструкции, технического диагностирования. Однако подходы к оценке, предложенные в настоящей работе могут быть использованы для кранов, используемых при строительных работах.

Комплексную оценку риска эксплуатации порталного крана можно провести количественным или качественным методами.

При выборе модели проведения оценки необходимо учитывать:

- цели и характер результатов анализа;
- наличие исходных данных о текущем состоянии объекта и характере опасности;
- наличие квалифицированных исполнителей.

Целями проведения оценки риска эксплуатации являются:

- при качественной оценке риска – выявление причин возникновения отказов и принятие мер для снижения последствий отказа;

– при количественной оценке риска - получение исходных данных об отказах, причинах их появления для определения критичности отказов и оценки вероятности аварии.

Портальный кран представлен в виде многоуровневой иерархической системы, состоящей из различных элементов, оценка риска эксплуатации которых проводится с применением различных методов анализа.

При количественной оценке риска эксплуатации портальных кранов предлагается использование технической концепции анализа риска, в основе которой лежит анализ причин возникновения отказов и дефектов основных элементов крана, с целью построения дерева неисправностей (дерева отказов).

Количественные характеристики для комплексной оценки риска эксплуатации портального крана предлагается получать в результате оценки вероятности возникновения аварии либо статистическим путём обработки данных об отказах элементов, либо расчётом, путём построения для отдельных узлов и деталей графиков, связывающих вероятность безотказной работы со временем эксплуатации.

Представляя кран в виде модели трёхуровневой технической системы (рис.1), изменяющей своё состояние во времени и находящейся в разное время в различных состояниях проводится его анализ методом дерева неисправностей, который основывается на информации об исходных событиях (отказах элементов механизмов, электрооборудования и несущих элементов металлоконструкции).

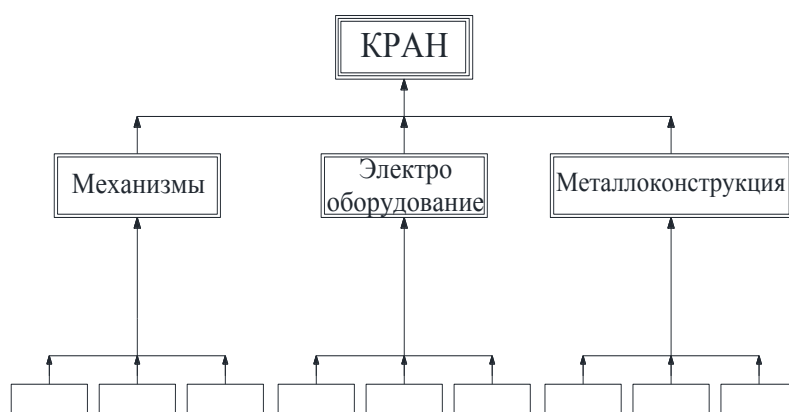


Рис. 1. Блок-схема оценки риска

Вершина дерева неисправностей портального крана представлена на рис. 2, где Е – аварийный случай, возникший в ходе эксплуатации по причине отказа элементов электрооборудования, приводов механизмов или металлоконструкции (полный отказ системы); Э – аварийный случай, возникший при отказе электрооборудования портального крана; П – аварийный случай, возникший при отказе привода механизма портального крана;

М – аварийный случай, возникший при отказе элементов металлоконструкции портального крана. События Э, П, М соединены логическим оператором «или», т.е. главное событие Е может произойти при наступлении любого из событий.

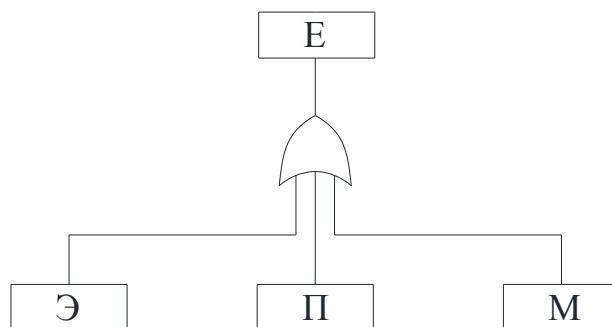


Рис. 2. Вершина дерева неисправностей (отказов) портального крана

На начальном этапе оценки риска были выявлены все источники опасности (идентификация опасностей). Вершина дерева неисправностей последовательно расширялась для каждого логического оператора и составлялся алгоритм аварийных сочетаний различных случайных событий таким образом, чтобы на нижнем уровне схемы находились элементарные исходные события.

В рамках структурного анализа построено дерево неисправностей главного исходного события, которое в общем виде представлено на рис. 3, где Эпод – отказ электрооборудования механизма подъема; Эпов – отказ электрооборудования механизма поворота; Эпер – отказ электрооборудования механизма передвижения; Эив – отказ электрооборудования механизма изменения вылета стрелы; Ппод – отказ привода механизма подъема; Ппов – отказ привода механизма поворота; Ппер – отказ привода механизма передвижения; Пив – отказ привода механизма изменения вылета стрелы; М1 – отказ металлоконструкции стрелы; М2 – отказ металлоконструкции рычага противовеса; М3 – отказ металлоконструкции оттяжки; М4 – отказ металлоконструкции колонны (верхнего строения); М5 – отказ металлоконструкции хобота; М6 – отказ металлоконструкции тяги противовеса; М7 – отказ металлоконструкции портала.

В зависимости от условий работы, типа портального крана, конструктивных особенностей, данных о проведенных ремонтах и модернизации, дерево неисправностей скорректировано для получения более качественных результатов.

Отказ элементов металлоконструкции носит постепенный характер и описывается нормальным распределением. Количественная оценка риска элементов металлоконструкции, в таком случае, выполнена в вероятностной форме с применением физико-механических и индуктивных методов на основании дедуктивного метода дерева неисправностей. Для построения дерева неисправностей были заданы конечные события, далее в логической схеме располагали события, вызывающие конечное событие.

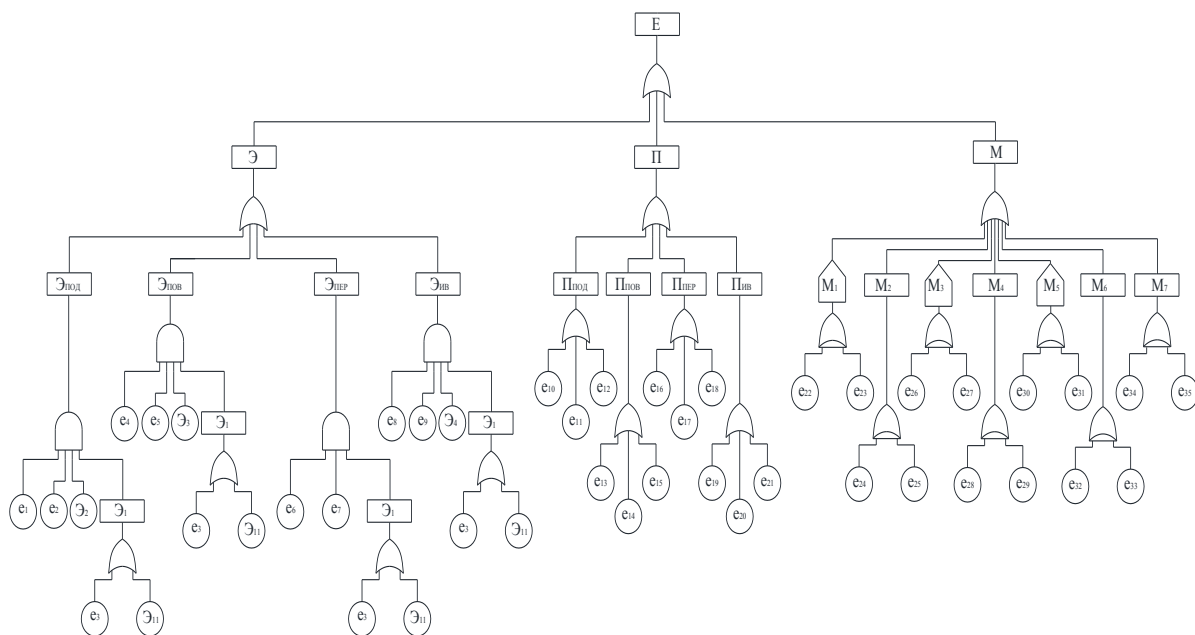


Рис. 3. Дерево неисправностей портального крана (в общем виде)

При наличии статистических данных по отказам элементов электрооборудования и элементов приводов механизмов портального крана для оценки вероятности безопасной работы использовано экспоненциальное распределение.

Поскольку для портальных кранов не всегда имеется возможность получения статистических данных, вследствие отсутствия единой справочной базы, оценку риска механизмов возможно проводить на основании физико-механического метода с использованием данных по тензометрии элементов с эксплуатационными дефектами. Для этого, исходя из данных по анализу дефектов и/или экспертизы промышленной безопасности, экспертом выбирается элемент механизма крана, наиболее подверженный повреждениям в процессе эксплуатации, для которого проводятся тензометрические испытания при различных видах нагружения.

По полученным циклограммам нагружения и значениям напряжений производится расчет характеристик сопротивления усталости элемента и расчет функции долговечности, позволяющим для необходимого периода безопасной эксплуатации определить величину риска эксплуатации.

На основании полученных вероятностных характеристик и построенного дерева неисправностей производится комплексная оценка риска эксплуатации портального крана.

Для апробации предложенной методики, в настоящее время производится оценка риска эксплуатации портального крана Альбатрос 10/20-32/16 ПАЛ 57, эксплуатируемого ОАО «Северный речной порт». Полученные результаты позволят дать рекомендации по его дальнейшей эксплуатации и предложить меры по снижению отказов.