

УДК 331.45

В.Э.АБРАКИТОВ, канд. техн. наук, И.А.ФАРИНА

Харьковский национальный университет городского хозяйства имени А.Н.Бекетова

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА ОЦЕНКИ РИСКА АВАРИЙ КРАНОВЫХ КАНАТОВ

Анализируется моделирование аварийных отказов и аварий при эксплуатации канатов грузоподъемных кранов. Рассматриваются методы риск-анализа, и систематические и внезапные отказы.

Аналізується моделювання аварійних відмов і аварій при експлуатації канатів вантажопідіймальних кранів. Розглядається методи ризик-аналізу, та систематичні і раптові відмови.

Modeling of crashes and accidents at operation of ropes of load-lifting cranes is analyzed. The risk analysis, both systematic and sudden refusals is considered methods.

Ключевые слова: моделирование, аварийные отказы, эксплуатация, грузоподъемные краны, риск-анализ, отказы.

Качество и надежность кранового каната определяют степень его безопасности. Это означает, что в течение установленного срока службы при его эксплуатации не будут происходить повреждения, отказы, аварии и несчастные случаи, причиной которых являются, как правило, низкое качество изготовления, несоответствие применяемых конструкций канатов проектным и нормативным документам, несвоевременное или неудовлетворительное техническое обслуживание, нарушение установленных режимов эксплуатации как самих кранов, так и их элементов и др. [1, 2].

Несмотря на наличие достаточно широкого перечня научных работ, посвященных теоретической надежности систем кранов и аналогичных им конструкциям, опубликованных [6-8], аналогическим методам моделирования аварийных отказов и аварий при эксплуатации канатов грузоподъемных кранов посвящено ограниченное число работ.

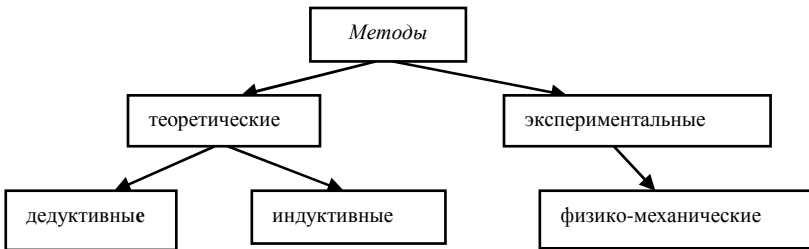
Дедуктивные и индуктивные методы подразделяются на качественные и количественные в зависимости от характера оценки риска – вероятностной либо ранжирования.

Согласно дедуктивному методу, сначала предполагается конечный результат (авария), а потом определяются ситуации, ведущие к нему.

По индуктивному методу сначала предполагается неисправность элемента системы, а последующий анализ идентифицирует опасные ситуации (инциденты), к которым эта неисправность могла бы привести.

При выборе методов проведения анализа риска необходимо учитывать этапы жизненного цикла и вид деятельности опасного производственного объекта, а также конкретные цели анализа, критерии приемлемого риска, тип анализируемой системы и характер опасности, наличие ресурсов, для проведения анализа необходимой информации, опыт и квалификацию исполнителей и др. факторы.

Методы риск-анализа можно разделить на три типа: дедуктивные, индуктивные и физико-механические методы (рисунок).



Классификация методов риск-анализа

Качественные и количественные методы риск-анализа применяются как независимо, так и в дополнении друг к другу.

Если рассмотреть крановый канат как один из ответственных элементов крана, выход из строя которого приведет к аварийным отказам и жертвам, то вероятность аварии Q можно установить как дополнение к вероятности безотказной работы $P(t)$ [3], т.е.

$$Q = 1 - P(t), \quad (1)$$

$$P(t) = e^{-yt}, \quad (2)$$

где y – интенсивность аварийных отказов (при простейшем потоке отказов) крановых канатов; t – время [час].

Очевидно, риск (1) с учетом выражения (2) является экспоненциальным законом надежности, широко применим для канатов определенной группы кранов, когда аварийный отказ является редким событием. Учитывая малость оцениваемой величины (1), инженерный расчет риска Q требует, чтобы малой была не абсолютная, а относительная погрешность результата на конечном интервале времени, что весьма сложно, т.к. в этом случае требуется многократная повторяемость одного и того же процесса (события) на рассматриваемом интервале времени. Попытки перенести «экспоненциальные» предельные

теоремы на случай конечного интервала времени (из-за потери точности расчета) бывают, как правило, не очень успешны [4, 5].

Во многих случаях, когда канат подвержен систематическим отказам, одновременно существует опасность выхода его из строя также из-за внезапных отказов.

При совместном действии систематических и внезапных отказов значение $P(t)$ может быть подсчитано по теореме умножения вероятностей, так как событие – безотказность работы каната за время t – заключается в выполнении двух условий: безотказности от износа повреждений (систематических отказ) $P_u(t)$ и безотказности от внезапных выходов из строя $P_g(t)$. При независимости этих отказов

$$P(t) = P_u(t)P_g(t). \quad (3)$$

Таким образом, если известны параметры законов распределения $(T_{cp}, \sigma, \lambda)$, можно подсчитать вероятность безотказной работы каната.

В некоторых случаях физика отказа настолько сложна, что содержит в себе элементы как систематических, так и внезапных отказов.

Период времени до зарождения микротрещины проволок каната характеризуется признаками внезапного отказа, а процесс разрушения (обрыв) – признаками систематического отказа. В этих случаях для вероятностной характеристики отказов необходимо применять такие законы распределения, которые могут отражать своеобразие причин и процессов, приводящих к отказу каната.

Однако более правильно в этом случае не просто подбирать подходящий закон, а рассмотреть схему возникновения отказа, поскольку имеет место последовательное действие причин, приводящих к отказу. Вначале должна проявиться причина (события A), приводящая к последующему процессу разрушения. Возникновение события A подчиняется закономерностям внезапного отказа. Затем наступает износный процесс, в результате чего может возникнуть систематический отказ. Это событие B зависимое от A , т.е. (B/A) , так процесс износа может начаться только после появления причины A .

Отказ от действия этих двух причин является сложным событием $(A \cdot B)$, так как для его возникновения необходимы и событие A , и событие B . Поэтому по теореме умножения вероятности отказа будет равна

$$F(AB) = F(A)F(A/B) \quad (4)$$

или учитывая, что вероятность безотказной работы для внезапных отказов $P_g = 1 - F(A)$, а для систематических $P_u = 1 - F(B/A)$, получим

$$P(t) = 1 - (1 - P_g)(1 - P_n). \quad (5)$$

Например, если для данных условий $P_g = 0,9$ и $P_n = 0,95$, то при одновременном действии внезапных и систематических отказов по формуле (3) $P(t)$ во втором случае объясняется тем, что при последовательном действии отказов после возникновения события A (например, появление обрывов проволок) у каната остается еще некоторый запас работоспособности.

В ряде случаев может иметь такая схема взаимодействия систематических и внезапных отказов, когда некачественное изготовление снижает уровень сопротивляемости каната внезапным отказам. Тогда в течение некоторого периода времени T_0 , когда эквивалентные максимальные нагрузки $Q_{эк}$ меньше допустимых $Q_{доп}$, опасности возникновения внезапных отказов нет. При падении допустимых значений $Q_{доп}(t)$ из-за износа каната, начиная со значения $Q_{эк} = Q_{доп}$, появляется вероятность возникновения внезапного отказа. Поэтому кривая $P(t)$ имеет зону с $P(t) = 1$ ($0 < t < T_0$), после чего $P(t)$ подчиняется экспоненциальному закону, т.е. закону внезапных отказов.

В связи с этим инженерам на практике приходится прибегать к различным способам определения вероятности аварийных отказов риска аварий канатов грузоподъемных кранов, где учитывались бы все накопленные традиционные методы их проектирования, и прежде всего как метод допускаемых напряжений, так и метод предельных состояний.

1. Державний стандарт України ДСТУ 2293-99 Охорона праці терміни та визначення основних понять. – Действительный от 2000-01-01.
2. НПАОП 0.00-1.01-07 Правила будови і безпечної експлуатації вантажопідіймальних кранів.
3. Юдин Е. Я. Охрана труда в машиностроении. С.В. Белов, С.К. Баланцев и др. – М.: Машиностроение, 1983. – 432 с.
4. Безопасность технологических процессов и производств (Охрана труда): учеб. пособие для вузов / П.П. Кухин, В.Л. Лапин и др. – М.: Высш. шк., 1999. – 318 с.
5. Юдин Е.Я. Охрана труда в машиностроении. С.В. Белов, С.К. Баланцев и др. – М.: Машиностроение, 1983. – 432 с.
6. Шишков Н.А. Технический надзор за содержанием и безопасной эксплуатацией грузоподъемных кранов. – М.: Недра, 1979 – 142 с.
7. Курдюмов В.И., Зотов Б.И. Проектирование и расчет средств обеспечения безопасности: учеб. для вузов / В.И. Курдюмов. – М.: Колос С., 2005. – 216 с.
8. Фомочкин А.В. Производственная безопасность. – М.: ФГУП Издательство «Нефть и газ» РГУ нефти и газа им. Губкина, 2004. – 448 с.

Получено 28.03.2013