

УДК 519.673

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ РИСКА ЭКСПЛУАТАЦИИ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ОТВЕТСТВЕННЫМИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ В ДАННОЙ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ОБСТАНОВКЕ**

Д.В. КОМНАТНЫЙ, кандидат технических наук

*УО «Гомельский государственный технический университет им. П.О. Сухого»,  
г. Гомель, Республика Беларусь*

В статье рассматривается проблема оценки риска эксплуатации систем управления ответственными технологическими процессами в данной электромагнитной обстановке. Проанализированы существующие методики расчета рисков. Выбрана методика, которая адекватно отражает последствия отказа или сбоя и позволяет определять границы опасных условий эксплуатации. Рассмотрен способ расчета необходимых для оценки риска величин.

**Ключевые слова:** риск, системы управления ответственными технологическими процессами, электромагнитные помехи, методика расчета.

**Введение.** На территории Республики Беларусь размещены несколько предприятий химической и нефтехимической промышленности, осуществляющих переработку горючих и ядовитых веществ в значительных объемах. По Белорусской железной дороге происходит перевозка большого числа грузов, в том числе опасных, например сжиженных газов. В республике имеется разветвленная сеть газопроводов, нефтепроводов и продуктопроводов. Также планируется строительство атомной электростанции с несколькими энергоблоками.

Поскольку площадь страны сравнительно невелика, то налицо значительная концентрация предприятий с ответственными технологическими процессами (ОТП) в нашем государстве. Безопасность эксплуатации таких предприятий во многом определяется функционированием систем управления указанными процессами.

**Постановка задачи.** В настоящее время все системы управления ОТП являются микроэлектронными, микропроцессорными и компьютеризированными. Эти системы функционируют в условиях воздействия электромагнитных помех, порожденных коммутацией исполнительных электроприводов, наводками магнитных полей

электрических машин, разрядами молний и другими источниками. Эти помехи могут вызвать отказ или сбой в системах управления. Этот отказ или сбой крайне опасен, так как может породить чрезвычайную ситуацию. Печальными примерами чрезвычайных ситуаций, вызванных отказами систем управления, являются авария на Чернобыльской АЭС и катастрофы на железных дорогах. Поэтому необходимо оценивать риск эксплуатации систем управления ОТП в данной электромагнитной обстановке с целью выработки адекватных мер по ее улучшению, и, тем самым, снижению риска возникновения чрезвычайной ситуации.

**Основная часть.** В научной литературе существует несколько подходов к расчету технического риска.

В теории экономики риска [1] риск от чрезвычайной ситуации рассчитывается как математическое ожидание ущерба от возможных чрезвычайных ситуаций, учитываемых в модели, за интервал времени при известных интенсивности каждой чрезвычайной ситуации и среднем ущербе от нее. Однако, для систем управления ОТП, которые проектируются как высоконадежные, интервал времени может исчисляться десятками лет. Отказы или сбои в таких системах случаются с крайне малой интенсивностью порядка  $10^{-12}$  1/ч, но даже один-единственный отказ крайне опасен по своим последствиям. Большие промежутки времени в сочетании с малой интенсивностью потока отказов (сбоев) затрудняют получение достоверных оценок риска по рассматриваемой достаточно простой модели. Поэтому данная методика не достаточна для оценки риска эксплуатации высоконадежных систем управления ОТП.

В [1], [2], [3] риск определяется как произведение вероятности наступления чрезвычайной ситуации или отказа (в зависимости от цели моделирования) на потенциальный ущерб в денежных единицах. Но в данной методике произведение малой вероятности неблагоприятного события даже на очень большую сумму потенциального ущерба даст приемлемый по величине риск. Этот вывод явно не соответствует практике. Поэтому в [2] указывается, что в некоторых случаях целесообразно принять за оценку риска вероятность неблагоприятного исхода. Эти случаи таковы:

- Последствия столь велики, что необходимо минимизировать возможность отказа или сбоя;
- Последствия отказа, сбоя, чрезвычайной ситуации нельзя выразить в экономических категориях;

– Последствия отказа, сбоя, чрезвычайной ситуации не поддаются количественной оценке.

Все эти обстоятельства присущи эксплуатации систем управления ОТП. Поэтому можно бы предположить, что риск эксплуатации указанных систем в данной электромагнитной обстановке численно равен вероятности отказа (сбоя) системы в этой электромагнитной обстановке под действием имеющихся электромагнитных помех.

Но при этом с необходимостью возникает вопрос нормирования вероятности сбоя [2], [4]. Установить допустимые границы оправданного риска по вероятности сбоя однозначным образом затруднительно. Поэтому предлагается использовать для оценки риска эксплуатации методику, предложенную в [5], где за оценку риска принимается отношение вероятности сбоя к вероятности безотказной работы. Так как сумма этих вероятностей равна единице, то риск определяется по формуле

$$\rho = \frac{1}{\frac{1}{P_{сб}} - 1}, \quad (1)$$

где  $\rho$  – риск эксплуатации;

$P_{сб}$  – вероятность сбоя системы управления.

Для значений риска выделяют следующие условия эксплуатации

$0 < \rho < 1$  – ограниченная безопасность;

$\rho = 1$  – критическое состояние, наличие отказов;

$\rho > 1$  – опасное состояние, угроза аварии;

$\rho \gg 1$  – запредельное состояние, угроза катастрофы.

Таким образом, при рассмотренном способе оценки риска уже имеется качественная классификация условий эксплуатации, что упрощает принятие решений при разработке и эксплуатации систем управления ОТП.

Следует отметить, что расчет вероятности сбоя (отказа) микроэлектронных или микропроцессорных систем управления под действием электромагнитных помех наиболее адекватно рассчитывается методом «нагрузка-устойчивость» [6], [7]. Согласно этому методу, вероятность сбоя вычисляется по формуле

$$P_{сб} = \int_0^{\infty} p(y)P(x) dy; \quad (2)$$

где  $y$  – характеристика помех;

$x$  – характеристика помехозащищенности;

$p(y)$  – плотность вероятности распределения помех;

$P(x)$  – функция распределения устойчивости.

Основанием для этого являются следующие соображения. Значения уровней помех в данной электромагнитной обстановке и уровни помехозащищенности элементной базы систем управления ОТП имеют вероятностный характер. Электромагнитные помехи распространяются по паразитным каналам, по цепям связи и системе электропитания, или путем наводок электромагнитным полем. Помехи воздействуют на все узлы системы, локализованные в определенном месте, образуя одно неблагоприятное событие. Следовательно, достаточно вычислить вероятность этого события, чтобы оценить риск эксплуатации системы.

Задача определения законов распределения уровней помех и уровней помехоустойчивости, а также вывод расчетных формул из формулы (2) для различных сочетаний законов распределения решена в [6] и [7].

**Выводы.** Проведенный анализ существующих методик оценки риска позволяет сделать вывод, что для определения риска эксплуатации систем управления ОТП в условиях воздействия электромагнитных помех предпочтительным является оценка по методике [5]. При этом расчет вероятности сбоя (отказа) следует производить техническим методом «нагрузка-устойчивость».

### Литература

1. Чеботарев, С.С. Моделирование экономики риска / С.С. Чеботарев // Чрезвычайные ситуации: образование и наука – 2007. – № 1(2). – С. 23-28.
2. Мушик, Э. Методы принятия технических решений / Э. Мушик, П. Мюллер. – М.: Мир, 1990. – 208 с.
3. Кечиев, Л. Н. Предотвращение катастроф электромагнитного характера в информационных системах / Л.Н. Кечиев, В.В. Степанов, О.Н. Арчаков // Технологии ЭМС – 2005. – № 4(18). – С. 7-19.
4. Бочков, К.А. Нормирование параметров ЭМС с учетом реальной электромагнитной обстановки / К.А. Бочков, Н.В. Рязанцева // Испытания систем железнодорожной автоматики и телемеханики на безопасность и электромагнитную совместимость: труды международного семинара / М-во образования Респ. Беларусь, Белорус. ж-д, Белстандарт, Белорус. гос. ун-т трансп. – Гомель, БелГУТ, 2001. – С. 35-42.

5. Сосновский, Л. А. Риск. Механотермодинамика необратимых повреждений / Л. А. Сосновский. – Гомель: БелГУТ, 2004. – 317 с.
6. Капур, К. Надежность и проектирование систем/ К. Капур, Л. Ламберсон. – М.: Мир, 1980. – 604 с.
7. Бочков, К.А. Вероятностный метод определения уровней ЭМС микроэлектронных систем обеспечения безопасности / К.А. Бочков, Н.В. Рязанцева // Испытания систем железнодорожной автоматики и телемеханики на безопасность и электромагнитную совместимость: труды международного семинара / М-во образования Респ. Беларусь, Белорус. ж-д, Белстандарт, Белорус. гос. ун-т трансп. – Гомель, БелГУТ, 2001. – С. 23-29

*Поступила в редакцию 15.09.2008*

**D.V. Komnatny**

**EXPLOITATION RISK ESTIMATION FOR RESPONSIBLE  
TECNOLOGICAL PROCESSES CONTROL SYSTEMS IN GIVEN  
ELECTROMAGNETIC ENVIRONMENT**

The problem of exploitation risk estimation for responsible technological processes control systems in given electromagnetic environment is considered in this article. The existing methods of risk calculation are analyzed. The methods are choosing which reflects adequately failure or malfunction consequences and allow to define borders of dangerous exploitation conditions. The calculation method for quantities, which are necessary for risk estimation, is considered too.