

РАЗВИТИЕ РЫНКОВ РАЗЛИЧНЫХ ОТРАСЛЕЙ

УДК 621 : 005.334

ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ ПРИ АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЯХ

В.И. Родина

Уфимский Государственный Авиационный Технический Университет,
Республика Башкортостан, г. Уфа

Целью работы является построение модели, описывающей работу системы массового обслуживания на производстве при наступлении аварийных событий. В работе выявлен общий вид функции изменения технического состояния машины (вероятность безотказной работы), учитывающий вероятность появления аварийной ситуации. Рассмотрены рекомендации для трудовых ресурсов предприятия в случае наступления аварий различного уровня.

Основные разделы работы:

1. Обзор законов распределения вероятностей и обоснование выбора закона применительно к аварийным ситуациям
2. Общий вид модели функционирования системы при наступлении аварийных событий
3. Общие рекомендации для трудовых ресурсов предприятия при наступлении аварийных ситуаций

Ключевые слова: *аварийная ситуация, вероятность, система массового обслуживания, интенсивность отказов, трудовые ресурсы.*

Введение. В данной работе машиностроительное предприятие рассматривается как неустойчивая динамическая система (система, состояние которой зависит от времени). Сложные системы склонны к катастрофам. Катастрофа это (от др. греч. katastrophe “переворот, поворот; конец, гибель”) происшествие, причиняющее серьёзный вред, ущерб или убыток [1]. Катастрофы по своей природе различают на техногенные катастрофы (падение астероидов, экологические, энергетические, химические, радиационные), социальные катастрофы (революции, войны, теракты, эпидемии и др.) и природные катаклизмы (цунами, землетрясения, извержения вулканов, пожары и др.).

Данная тема является актуальной, поскольку масштабы возникновения катастроф велики: наводнения, землетрясения, террористические акты, утечка информации, число заболевших в эпидемии, аварии на нефтеперерабатывающих и нефтехимических предприятиях и т.п. В высокоразвитых странах на исследования в этой области выделяются огромные средства. Причина такого серьёзного отношения к подобным событиям очевидна. Поэтому важным является выявить общий вид модели функционирования предприятия, для того, чтобы оценить, как поведет себя система при наступлении аварии. А

также необходимо рассмотреть рекомендации для трудового потенциала в данной ситуации.

Обзор работы предшественников. Наиболее часто для оценки вероятности возможных аварий используются следующие методы: статистический, основанный на анализе статистики чрезвычайных ситуаций по территориям (регионам) или отраслям промышленности за ряд лет; вероятностный, основанный на использовании математических моделей, связывающих предпосылки к чрезвычайным ситуациям с возможностью их проявления (например, вероятностный анализ безопасности ядерных реакторов); экспертный, основанный на использовании экспертного оценивания [3]. В данной работе будет рассмотрен вероятностный подход к оценке безотказной работы системы. Из работ Голикова А.М. взят общий вид математической модели по совершенствованию системы обслуживания оборудования. В ней рассматривается алгоритм, в котором на основе теории восстановления Я. Кокса и В. Смита для области внезапных отказов применен пуассоновский закон распределения. В дальнейшем проведем более детальный выбор закона распределения вероятностей. В работе Токаревой Д.В. по оценке вероятности аварий на химических заводах рассматривается предположение о степенном распределении аварийных событий, но не применительно к функционированию системы технического обслуживания оборудования (ТО) и ремонту (Р). В следующей главе будем опираться на работы этих авторов.

1) Обоснование выбора закона применительно к аварийным ситуациям.

Дадим характеристику аварий в зависимости от интенсивности наступления бедствия:

аварии 1 уровня: поломки, которые можно починить на месте наладчиками оборудования (например, регулирование плавности перемещения суппортов, кареток; зачистка забоин; замена изношенных гаек, винтов; чистка цепей, ремней и т.д.);

аварии 2 уровня: крупные поломки, из-за которых оборудование выходит из строя на длительный период (например, поломки, обусловленные дефектами конструкции, некачественным изготовлением деталей, неправильной эксплуатацией, дефектами ремонта);

аварии 3 уровня: неисправность оборудования из-за катастрофы (в том числе невозможность его восстановления).

Степенные законы являются неизменным появлением сложности. Аварии 3-го уровня можно описать **степенным законом распределения** вероятности. Для аварий 2-го и 3-го уровня наиболее типичны следующие распределения:

1) экспоненциальное распределение

$$p(x) = e^{-\lambda x}, \quad (1)$$

2) нормальное (гауссово) распределение

$$p(x) = e^{-\frac{(x-m)^2}{2\sigma^2}}, \quad (2)$$

Первое описывает поведение «элементарных» объектов, второму распределению подчиняются величины, получающиеся при сложении большого числа независимых случайных слагаемых, поэтому для сложных систем (если понимать их как состоящие из большого числа элементов) можно было бы ожидать именно гауссовой статистики. Однако, это зачастую не так. Разница между нормальным и степенным распределениями носит не формальный, а принципиальный характер. Если статистика системы описывается формулой (2), то свыше 99,7% событий отклоняется от среднего значения m не более чем на 3σ (правило трех сигм), а, скажем, за 5σ выбивается и вовсе менее одного события на миллион. При этом появляется возможность вполне обоснованно пренебречь очень крупными событиями, считая их практически невероятными, т.е. можно отрезать хвост распределения [5]. Распределения (1) и (2), имеющие хвост, спадающий быстрее любой степени x , не учитывают гипотетические аварии, приходящиеся в хвосте. Статистика величин, описываемых степенным распределением, отличается тем, что крупные события, приходящиеся на хвост распределения, происходят недостаточно редко, чтобы ими можно было пренебречь. По этой причине степенные законы распределения вероятностей называют также распределениями с тяжелыми хвостами (heavy tails или fat tails) [5]. Природа степенных законов распределения (а, в конечном итоге, и катастроф) связана с сильной взаимозависимостью происходящих событий. К возникновению степенных законов распределения вероятностей приводит «цепная реакция», т.е. лавинообразное нарастание возмущения с вовлечением в события все большего количества ресурса.

Рассматриваемая система массового обслуживания (ТО и Р) оборудования безусловно является сложной системой со множеством и количеством связей между ними. Сделаем предположение о возможности описания распределения вероятностей аварийных событий на производстве с использованием степенного закона распределения вероятностей.

2) **Общий вид модели функционирования системы при наступлении аварийных событий**

Простейшим степенным распределением, имеющим тяжелый хвост, является распределение Парето. Для описания потерь от аварий на производстве рассмотрим усеченное распределение Парето.

В общем случае изменения технического состояния оборудования и машин определяется совокупностью постепенных (аварии 1-го уровня, аварии 2-го уровня) и внезапных (аварии 3-го уровня) отказов. Совокупное влияние отказов может быть описано по формуле

$$F(t) = 1 - [1 - F1(t)][1 - F2(t)], \quad (3)$$

где $F1(t)$, $F2(t)$ – функции распределения безотказной работы при постепенных и внезапных отказах [4].

В работе [4] используется гамма распределение для описания постепенных отказов оборудования. В данной работе для постепенных отказов, аналогично [4], воспользуемся гамма распределением. Для внезапных отказов будем использовать усеченное распределение Парето.

Соответственно, плотности функции имеют вид

$$f_1(t) = \frac{1}{(r-1)!} \omega^r t^{(r-1)} e^{-\omega t}, \quad (4)$$

($\lambda+1$)

$$f_2(t) = \frac{\lambda t_0^\lambda}{t^{\lambda+1}}, \quad (5)$$

где $t_0 < t < \infty$, (где t_0 оценивается по несмещенной оценки t_0^\wedge [5]),

r – число повреждений, вызывающих отказ за время t ,

ω – параметр потока отказов,

λ – интенсивность отказов.

Функция изменения технического состояния машины (вероятность безотказной работы) получена в виде выражения

$$F(t) = 1 - \left[\sum_{k=2}^{\infty} \frac{(\omega t)^k}{k!} * e^{-\omega t} \right] * \left(1 - \left(\frac{t}{t_0} \right)^\lambda \right), \quad (6)$$

где $t_0 < t$; k изменяется от 2 до ∞ ; $\lambda > 0$.

Показатель $F(t)$ определен как основной критерий оценки работоспособности оборудования и машин.

В работе преобразован общий вид модели и проведено обоснование выбора закона распределения вероятности, что является основой для проведения дальнейших расчетов по модели.

3) Общие рекомендации для наладчиков оборудования на предприятии при наступлении аварийных ситуаций

Последствия катастрофы приводят к тому, что уменьшается выпуск продукции, снижается прибыль предприятия, не выполняется производственная программа, предприятие теряет сотрудников.

Потери сотрудников из-за катастрофы можно подразделить следующим образом:

- потери от смертности сотрудников, в том числе от недостаточного медицинского обслуживания после аварии;
- потери сотрудников из-за забастовок, в частности забастовки из-за не безопасных условий труда;
- потери трудовых ресурсов из-за отсутствия работы, вследствие полного выхода оборудования из строя.

Таблица 1

Рекомендации для наладчиков оборудования, которое вышло из строя,
при наступлении аварий 1,2,3 уровня

тип аварии	рекомендации для сотрудников
аварии 1 уровня	производить текущий ремонт наладчикам,
аварии 2 уровня	производить капитальный ремонт
аварии 3 уровня	производить внеплановый ремонт, оценить ущерб, вывести оборудование из строя

Заключение. В результате работы получен общий вид модели функционирования системы технического обслуживания в случае наступления аварийных ситуаций. Функция $F(t)$ рассматривается как основной критерий оценки вероятности безотказной работы оборудования и машин. В настоящее время особенно важно просчитать вероятность наступления опасностей и применить адекватные меры защиты от них. Здесь стоит отметить достоинства и недостатки выбора данного метода.

Достоинством вероятностного метода является то, что он позволяет учесть источники потенциальной опасности, которые проявляются в форме чрезвычайных ситуаций редко, но последствия, от которых являются катастрофическими (например, авария на Чернобыльской АЭС, землетрясение в Нефтегорске и др.) [3]. Недостатком вероятностного метода является то, что он громоздок и трудоемок, требует большого числа исходных данных, что на практике приводит к низкой точности полученных результатов. При отсутствии достаточно достоверных данных этот метод лучше не использовать.

Список литературы

1. Арнольд В.И. Теория катастроф. – Наука, 1990. –128 с.
2. Владимиров В.А., Воробьев Ю.Л., Салов С.С. и др. Управление риском. – М.: Наука, 2000. – 431 с.
3. Третьяков П.А. Управление безопасностью потенциально опасных объектов: дис. ... канд. техн. наук: 05.13.01 Ижевск, 2006. – 181 с.
4. Голиков А.М., Голиков С.А., Агарков А.П. Анализ совершенствования системы технического обслуживания и ремонта машин и оборудования // Технология машиностроения, 2009, №10. – С. 53 - 57.
5. Токарев Д.В. Оценка вероятности возникновения аварий на нефтеперерабатывающих, на нефтехимических и химических предприятиях // Нефтегазовое дело, 2005.

THE FUNCTIONING OF THE MACHINE BUILDING ENTERPRISE FUNCTIONING OF THE MACHINE BUILDING ENTERPRISE IN EMERGENCY SITUATIONS

V.I. Rodina

Ufa State Aviation Technical University, Republic of Bashkortostan

The aim of this research is to develop the model describing the operation of mass service system at an enterprise in case of emergency events. The authors reveal general functions changing technical conditions of the machine (the probability of no-failure operation), taking into account the probability of emergency situation occurrence. There are also some recommendations for labor resources in case of accidents of various level.

The main parts of the work:

1. Overview of the laws of probability distribution and justification of the law related to emergency situations.
2. General model of the functioning system in case of emergency.
3. General recommendations for human resources in case of emergency situations.

Keywords: *emergency, probability, mass service system, the failure intensity, human resources.*

Об авторе:

РОДИНА Вероника Игоревна – аспирант, ассистент кафедры финансов и экономического анализа РБ, Уфимский Государственный Авиационный Технический Университет, e-mail: start85@mail.ru

About the author:

RODINA Veronika Igorevna – post graduate student, Teaching Assistant of Finance and Economic Analysis Department, the Republic of Bashkortostan, Ufa State Aviation Technical University, e-mail: start85@mail.ru

References

1. Arnol'd V.I. Teorija katastrof. – Nauka, 1990. –128 s.
2. Vladimirov V.A., Vorob'ev Ju.L., Salov S.S. i dr. Upravlenie riskom. – M.: Nauka, 2000. – 431 s.
3. Tret'jakov P.A. Upravlenie bezopasnost'ju potencial'no opasnyh ob#ektov: dis. kand. tehn. nauk: 05.13.01 Izhevsk, 2006. – 181 s.
4. Golikov A.M., Golikov S.A., Agarkov A.P. Analiz sovershenstvovaniya sistemy tehničeskogo obsluzhivaniya i remonta mashin i oborudovaniya // Tehnologija mashinostroenija, 2009, №10. – S. 53 - 57.
5. Tokarev D.V. Ocenka verojatnosti vozniknovenija avarij na neftepererabatyvajushhijh, na neftehimičeskijh i himičeskijh predpriyatijah // Neftegazovoe delo, 2005.
- 6.