

УДК 004.05

## АНАЛИЗ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ

Студент гр.10602117 Старовойтов А.В.

*Научный руководитель – к. т. н., доцент Николаенко В. Л.*

Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

Общим требованием к созданию программных средств (ПС) является обеспечение качества и надежности ПС [1–3]. Для этих целей в мире широко используются выпущенные международной организацией по стандартизации ISO/IEC стандарты серии SQuaRE (Systems and soft ware quality requirements and evaluation) ISO/IEC 2500n–2504n:2005–2016 (их более десятка, упоминаем только [4, 5]). В частности, в таблице 18 «Метрики завершенности [maturity metrics]» стандарта [5] показатели надёжности ПС рекомендуется оценивать метрикой «Среднее время между отказами [Mean time between failure (MTBF)]» с идентификационным номером RMa-2-G

Однако еще в 1960-е годы программисты-теоретики, изучая природу функционирования ПС, начали создавать математические модели надежности ПО (ММНПО), учитывающие разные аспекты работы программ (возникновение ошибок, сбоев, отказов и др.). Одной из первых ММНПО по времени своего создания является модель Двэйна [6–11]. В 1962 году Дж. Т. Двэйн (Дьюэйн, J. T. Duane, Senior Member IEEE, программист «General electric company» из города Erie, штат Пенсильвания, США) опубликовал отчет, в котором он представил данные об отказах различных систем во время их начальной эксплуатации. Выводы по отчёту Двэйн изложил в [8]. Чтобы определить, как изменяется надежность программно-аппаратной системы во время разработки и улучшения конструкции, Двэйн проанализирован экспериментальные данные и заметил, что среднестатистическая интенсивность отказов  $\lambda$ , равная суммарному числу сбоев и отказов F, делённому на общее время наблюдений H (т. е.  $\lambda = F/H$ ), подчиняется формуле (рис. 1):

$$\lambda = F/H = K(H) - \alpha, \quad (1)$$

где  $K$  – константа, а  $\alpha$  – показатель, определяющий наклон линии на рис. 2.

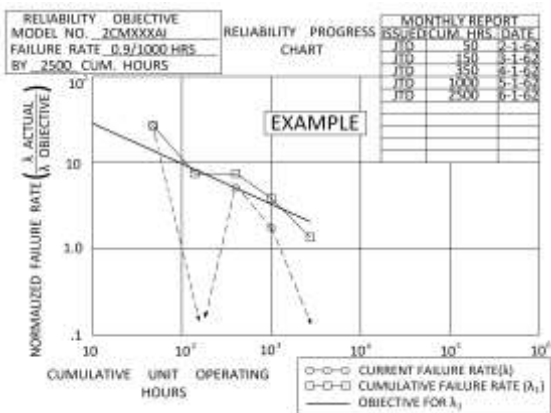


Рисунок 1 - Тенденции изменения числа отказов

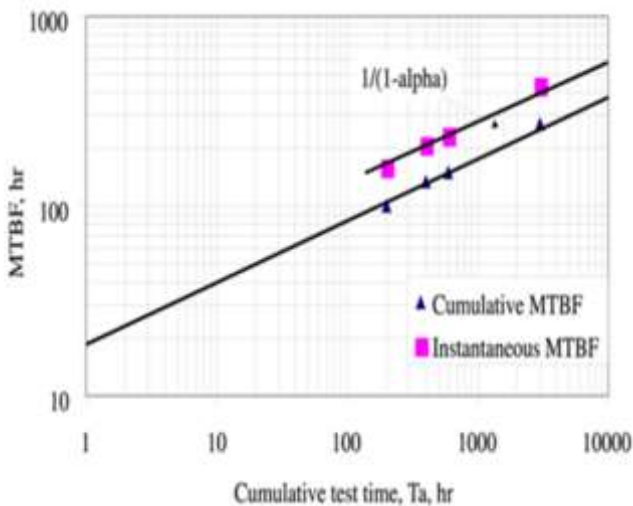


Рисунок 2 - Зависимость по Двэйну для различных продуктов [8] наработки между отказами ( $MTBF=1/\lambda$ ) [7]

Двэйн перестроил свои графики, полученные из (1), на лог-бумаге, и получил после аппроксимации прямые линии (рис. 2). В результате он сделал вывод [8]: показатели отказов сложного вспомогательного оборудования самолетов следуют относительно простой и предсказуемой схеме и примерно обратно пропорциональны квадратному корню от суммарного времени работы:

$$\lambda_{\Sigma} = K(\Sigma H)^{-\alpha}, \quad (2)$$

Модель Двэйна иногда именуется моделью роста надёжности [10] (Reliability growth Duane model) и до сих пор используется в инженерной практике [12, 13], где с её помощью прогнозируется суммарное число ошибок в программе.

Проанализируем понятие «рост надёжности» применительно к модели Двэйна. На рис. 3 показана общеизвестная зависимость интенсивности отказов технических объектов от времени. В первый отрезок времени, называемый периодом приработки, выходят из строя элементы, имеющие грубые конструкционно-производственные дефекты, не определенные контролем. После выявления этих элементов интенсивность отказов уменьшается и далее остаётся постоянной, наступает период нормальной работы. По мере износа элементов интенсивность отказов вновь возрастает, начинается период старения элементов.

Из таблиц на рис. 1 следует, что Двэйн исследовал свою систему в начале её эксплуатации, т. е. в период приработки (период ранних отказов). В отечественной литературе принято считать, что наработка до отказа в период ранних отказов подчиняется распределению Вейбулла или ему подобным по форме. У Двэйна «...показатели отказов сложного вспомогательного оборудования самолетов следуют относительно простой и предсказуемой схеме и примерно обратно пропорциональны квадратному корню от суммарного времени работы (2)...». При малом объеме выборки из статистических данных по отказам, которую Двэйн приводит в [8],

распределение (2) Двэйна приближенно можно считать распределением Вейбулла, а точная проверка гипотезы Двэйна и его формулы (2) требует проведения нового довольно дорогостоящего эксперимента (наблюдений за техническим объектом в период ранних отказов) при резком увеличении объема выборки (наблюдаемых образцов).

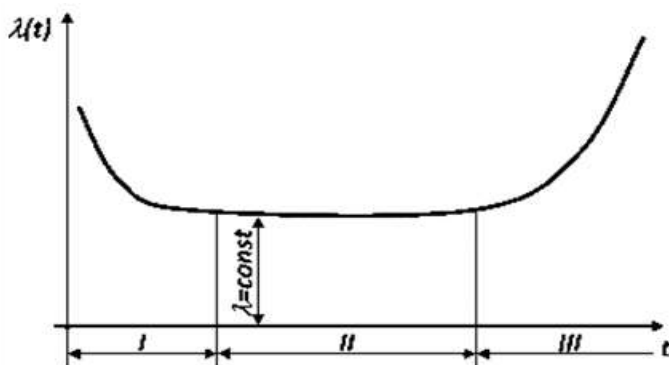


Рисунок 3 - Изменение интенсивности отказов технических объектов во времени (I – период приработки; II – период нормальной эксплуатации; III – период старения)

Из рис. 3 вытекает название «модель роста надежности»: если в период приработки интенсивность отказов падает, то наработка до отказа соответственно возрастает с течением времени.

### *Литература*

1. Опыт мониторинга инцидентов информационной безопасности в облачных вычислениях / В.Л. Николаенко, А.Н. Прузан, Г.В. Сечко, Т.Г. Таболич// Сб. статей III межд. заоч. НПК «Информационные системы и технологии: управление и безопасность» (декабрь 2014). – Тольятти-Русе: Поволжский гос. университет сервиса в партнёрстве с Русенским университетом «Ангел Кънчев» (Болгария), 2014. – 348 с. – С. 209–215.

2. Бондарь, К.В. Ограничение анонимного доступа к интернету на предприятии / К.В. Бондарь, В.Л. Николаенко, Г.В. Сечко // Информационные технологии. Радиотехника. Телекоммуникации (ITRT-2015): сб. статей VI межд. заоч. НТК. Ч.1 / Поволжский гос. ун-т сервиса. – Тольятти: Изд-во: ПВГУС, 2015. – 364 с. – С. 119–122.

3. Блокировка смартфонов школьников в проекте «Электронная школа» / В.Д. Алёнин, П.Л. Вольнец, В.Л. Николаенко, Г.В. Сечко, И.И. Шпак // Сборник статей VI межд. заоч. НТК. Ч.1 / Поволжский гос. ун-т сервиса. – Тольятти: Изд-во: ПВГУС, 2016. – 345 с. – С. 23–28.

4. ISO/IEC 25000:2014 Software Engineering – Software product Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE) – Guideto SQuaRE (Программная инженерия. – Требования к качеству и оценка программного продукта (SQuaRE). – Руководство по SQuaRE). – Женева: ISO/IEC, 2014. – 27 с.

5. ISO/IEC 25023:2016 Systems and software engineering – Systems and software quality requirements and evaluation (SQuaRE) – Measurement of system and software product quality (Системная и программная инженерия. – Требования к качеству и оценка программного продукта (SQuaRE). – Измерение качества систем и программных продуктов). – Женева: ISO/IEC, 2016. – 45 с.

6. НОУ ИНТУИТ | Лекция | Модели качества и надежности в ... [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.intuit.ru/studies/courses/2190/237/lecture/6136?page=5>. – Дата доступа: 15.03.2018.

7. Duane Model – Relia Wiki [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [reliawiki.org/index.php/Duane\\_Model](http://reliawiki.org/index.php/Duane_Model). – Дата доступа: 15.03.2018.

8. Duane, J. T. Learning Curve Approach to Reliability Monitoring / J. T. Duane // IEEE Trans. on Aerospace. – 1964. – Vol. 2. – Pp. 563–566.

9. 8.1.9.2. Duaneplots [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.itl.nist.gov/div898/handbook/apr/.../apr192.htm>. – Дата доступа: 15.03.2018.

10. Explaining Reliability Growth - JMP [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.jmp.com/.../wp-explaining-reliability-106026.p...> – Дата доступа: 15.03.2018.

11. Duane Model Also in 1962 JT Duane noted that reliability growth data ... [Электронный ресурс, платный]. – Режим доступа: <https://www.coursehero.com> > ... > LOGISTICS 103\_Model. – Дата доступа: 15.03.2018.

12. Маевский, Д. А. Анализ моделей надежности программного обеспечения гарантоспособных компьютерных систем / Д. А. Маевский, С.А. Яремчук // Електротехнічні та комп'ютерні системи. – 2010. – № 3 (79). – С. 68–79..

13. Яремчук, С. А. Аналитический обзор моделей надежности программных средств гарантоспособных информационных систем / С. А. Яремчук // Електротехнічні та комп'ютерні системи. – 2011. – № 2 (78). – С. 109–116.