

В.П. Пошивалов, Ю.Ф. Даниев, Л.В. Резниченко

ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ НАДЁЖНОСТИ ЭРГАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Аннотация. Приведены общие принципы обеспечения надёжности эргатических систем. Отмечено, что рост интенсивности труда операторов требует разработки новых подходов к обеспечению надёжности человека-оператора. Рассмотрены основные подходы к обеспечению надёжности программного обеспечения.

Ключевые слова: эргатическая система, программное обеспечение, оператор, техническая система.

Постановка проблемы. Эргатические системы (ЭС) составляют значительную часть промышленного и иного оборудования, в частности, объектов авиации, ракетно-космической техники, железнодорожного транспорта, атомной промышленности, предприятий металлургии и т. д. Обеспечение безотказности функционирования здесь практически всегда связано с обеспечением безопасности функционирования основных систем: технической системы, человека-оператора и программного обеспечения. Нарушение работоспособности любой из входящих в ЭС системы может приводить и приводит к негативным последствиям порой и катастрофическим. Успешное решение этих задач выдвигает на первый план обеспечение надёжности этих систем. Под обеспечением надёжности здесь понимается комплекс взаимосвязанных организационно-технических мероприятий, проводимых на всех стадиях жизненного цикла системы, направленных на достижение и сохранение заданных требований к надёжности.

Целью работы является разработка общих принципов обеспечения надёжности ЭС, состоящей из оператора, программного обеспечения (ПО) и технической системы.

Основная часть. Одно из первых определений надёжности человека-оператора дано в работе [1], где надёжность его работы определяется как способность к сохранению требуемых рабочих качеств в условиях возможного усложнения обстановки или как устойчивость

оптимальных рабочих параметров индивида. Ряд исследователей при определении понятия надежности человека-оператора используют вероятностную характеристику выполнения им производственной задачи – вероятность выполнения поставленной задачи в течение определенного времени с допустимой точностью при сохранении в заданных пределах параметров функционирования работающей системы [2]. В работе [3] полагают, что при определении надежности деятельности человека-оператора необходимо использовать не только результирующие параметры его работы, но и показатели психологических и физиологических характеристик субъекта профессиональной деятельности.

Проблема обеспечения надежности деятельности операторов имеет достаточно проработанные теоретические основы и практические результаты. Вместе с тем, проблему нельзя считать решенной из-за увеличения сложности ЭС, усложнения комплексов управления, которое обусловило рост интенсивности труда операторов в различных отраслях промышленности. Все это вызывает новые подходы к обеспечению надёжности операторов.

Степень надежности ПО характеризуется вероятностью работы программного продукта без отказа в течение определенного периода времени [5-10]. Известны четыре подхода по обеспечению надёжности ПО:

- предупреждение ошибок;
- самообнаружение ошибок;
- самоисправление ошибок;
- обеспечение устойчивости к ошибкам.

Для достижения цели предупреждения ошибок в готовых продуктах ПО необходимо сконцентрировать внимание на следующих вопросах:

- борьбе со сложностью;
- обеспечении точности перевода;
- преодолении барьера между пользователем и разработчиком;
- обеспечении контроля принимаемых решений.

Трудности с обеспечением надёжности ПО связано с тем, что до сих пор не существует общепринятой меры надежности компьютерных программ. Однако, судя по имеющимся публикациям, вопрос обеспечения надежности программ считается более важным, чем во-

прос ее оценки. Следует отметить, что гарантировать полное отсутствие ошибок в ПО нельзя, но в рамках этого подхода можно достигнуть приемлемого уровня надежности ПО.

Остальные три подхода связаны с организацией самих продуктов технологии – программ. Они учитывают возможность ошибки в самих программах. Самообнаружение ошибки в программе означает, что программа содержит средства обнаружения отказа в процессе ее выполнения. Самоисправление ошибки в программе позволяет не только находить отказ в процессе ее выполнения, но и исправлять последствия этого отказа, для чего в программе должны быть соответствующие средства. Обеспечение устойчивости программы к ошибкам определяется тем, что в программе содержатся средства, позволяющие локализовать область влияния отказа программы, либо уменьшить его неприятные последствия, а иногда предотвратить катастрофические последствия отказа. Однако эти подходы используются весьма редко, относительно чаще используется обеспечение устойчивости к ошибкам. Связано это с тем, что многие простые методы, используемые в технике в рамках этих подходов, неприменимы в программировании, например, дублирование отдельных блоков и устройств (выполнение двух копий одной и той же программы всегда будет приводить к одинаковому эффекту – правильному или неправильному). Также необходимо учитывать, что добавление в программу дополнительных средств приводит к её усложнению, иногда значительному, что в какой-то мере мешает методам предупреждения ошибок.

Задачей обеспечения надежности технической системы является составление перечня работ и мероприятий, проводимых на всех стадиях создания и эксплуатации. Она является наиболее разработанной частью ЭС.

Методы обеспечения надежности можно разбить на два класса: общетехнические и специальные. Такое разделение достаточно условно, также как условно разбиение всех методов на группы. Это сделано в целях лучшего овладения методами и более полного их поэтапного использования. Применение каждого из них в отдельности в той или иной степени способствует повышению надежности, но только совокупность различных методов обеспечивает эффективное повыше-

ние надежности, т. е. достижение требуемого ее значения при минимальных издержках.

К общетехническому классу методов отнесены такие, которые могут использоваться во всех случаях проектирования систем, независимо от того сформулированы заказчиком или не сформулированы требования по надежности к данной системе. Применение этих методов не приводит к значительному увеличению стоимости системы, ее габаритов, веса, потреблению ею энергии и т. д., однако могут при их применении обеспечить необходимый уровень надежности при небольших дополнительных затратах при проектировании и изготовлении (монтаже). К общетехническим методам, прежде всего, относится группа организационных методов, которые реализуются на начальных этапах разработки и охватывают вопросы, относящиеся к системе в целом. Все они необходимы разработчику системы при составлении или согласовании ТЗ, составленного проектировщиком – заказчиком системы.

Специальные методы применяются в том случае, если использованные общетехнические методы не обеспечили предъявленные требования к надежности или же эти методы указаны в ТЗ на разработку системы как обязательные для применения.

Перечень всех мероприятий, проводимых на этапе разработки, указывается в специальном документе – программе обеспечения надежности.

Основной задачей программы обеспечения надежности является составление перечня работ и мероприятий, проводимых на всех стадиях создания и эксплуатации устройства с целью достижения требуемого уровня надежности. Программа обеспечения надежности состоит из ряда разделов, которые содержат:

- основные сведения по назначению и структуре устройства;
- эксплуатационно-технические характеристики;
- номенклатура и количественные значения показателей надежности;
- организационно-технические требования по обеспечению надежности;
- пути обеспечения надежности;
- условия эксплуатации устройства, совокупность внешних действующих факторов;

– перечень научно-технических проблем надежности, которые должны быть решены при создании устройства (основные материалы, отработка новых физических и химических процессов, освоение новой эксплуатационной базы, новой технологии, новых средств контроля и т. д.).

– перечень работ и мероприятий по обеспечению надежности с развертыванием их по стадиям жизненного цикла; ссылки на нормативно-технические и методические документы, используемые при выполнении этих работ; перечень потенциальных источников отказов; перечень подразделений и смежных организаций, которые являются исполнителями работ.

Одним из важных вопросов обеспечения надёжности на этапе эксплуатации является техническое обслуживание. Оно позволяет повысить пребывания системы в работоспособном состоянии и тем самым решить задачу обеспечения заданного уровня надёжности функционирования системы.

Одним из параметров технического обслуживания является периодичность обслуживания, под которым понимается интервал времени или наработка между данным видом технического обслуживания и последующим таким же видом или другим большей сложности.

В общем виде задачу определения периодичности технического обслуживания можно сформулировать так: найти оптимальное значение $T_{оп}$, исходя из минимума затрат на восстановление или замену элемента на единицу наработки

$$C_t = M(C/t), \quad (1)$$

где M – символ математического ожидания; C – затраты на восстановление или замену элемента; t – наработка элемента.

При постоянном значении C

$$C_t = C \int_0^{\infty} \frac{g(t)}{t} dt, \quad (2)$$

где $g(t)$ – функция плотности распределения наработки до отказа.

Можно рассматривать решение этой задачи для четырех случаев: элемент заменяют при отказе; элемент восстанавливают при отказе; элемент заменяют при отказе или при достижении наработки определенного значения; элемент восстанавливают при отказе или при достижении наработки $T_{оп}$ [12].

Запишем выражение (2) для последнего случая

$$C_t = C_{ОВО} \left\{ \int_0^{T_0} \frac{g(t)}{t} dt + \frac{C_{ОВП}}{T_{ОП}} [1 - G(T_{ОП})] \right\}, \quad (3)$$

где $C_{ОВО} = C_O + C_{ВО}$; $C_{ОВП} = C_O + C_{ВП}$; C_O , $C_{ВО}$, $C_{ВП}$ – соответственно стоимости работ, связанных с разборкой, поиском отказа и сборкой; восстановлением элемента при отказе; восстановлением элемента при профилактическом обслуживании.

Пусть плотность распределения наработки до отказа системы имеет вид

$$g(t) = n\alpha \exp(-\alpha t) [1 - \exp(-\alpha t)]^{n-1}, \quad (4)$$

где α и n – параметры распределения.

Тогда при $n=2$, продифференцируем выражение (3) и, приравняв нулю производную, находим соотношение для определения оптимального значения $T_{ОП}$

$$T_{ОП} = \frac{C_{ОВП} [2 - \exp(-\alpha T_{ОП})]}{2\alpha(C_{ВО} - C_{ВП}) [1 - \exp(-\alpha T_{ОП})]}. \quad (5)$$

При стратегии обслуживания, когда составная часть заменяется при отказе, а при профилактическом обслуживании происходит ее восстановление, оптимальное значение $T_{ОП}$ определится из выражения

$$T_{ОП} = \frac{C_{ОВП} [2 - \exp(-\alpha T_{ОП})]}{2\alpha(C_3 - C_{ВП}) [1 - \exp(-\alpha T_{ОП})]}, \quad (6)$$

Выводы:

- приведены общие принципы обеспечения надёжности эргатических систем;
- отмечено, что рост интенсивности труда операторов требует разработки новых подходов к обеспечению надёжности человека-оператора;
- рассмотрены основные подходы к обеспечению надёжности ПО.

ЛИТЕРАТУРА

1. Небылицын В.Д. Избранные психологические труды. - М.: Педагогика, 1990. – 408 с.
2. Леонова А. Б., Медведев В. И. Функциональные состояния человека в трудовой деятельности.-М., 1981- 135 с.
3. Щепланов В.Ю., Бобров А.Ф. Надежность деятельности человека в автоматизированных системах и ее количественная оценка // Психологический журнал. -1990. Т. 11. -№3. -С. 60-69.
4. Губинский А.И. Надежность и качество функционирования эргатических систем. - Л., 1982. -269 с.
5. Липаев В. В. Надежность программных средств Текст. / В. В. Липаев. – М.: Синтег, 1998.-220 с.
6. Липаев В. В. Программная инженерия. Методологические основы Текст. / В. В. Липаев. – М.: ТЕИС, 2006. - 608 с.
7. Майерс Г. Надежность программного обеспечения Текст. / Г. Майерс; перевод с англ. Ю. Ю. Галимова; под ред. В. Ш. Кауфмана. – М.: Мир, 1980.-360 с.
8. Тейер Т., М. Липов, Э. Нельсон Надежность программного обеспечения – М.: Мир, 1981.– 323 с.
9. Боэм Б., Браун Дж., Каспар Х. и др. Характеристики качества программного обеспечения. – М.: Мир 1981. – 208с.
10. Шапоров В.Н Надежность информационных систем: Сыктывкар, 2013 – 86 с.
11. Лазуков В.Л. Способы обеспечения надёжности технических систем // Фундаментальные исследования. – 2009. – № 1 – стр. 33-33
12. Переверзев Е.С., Алпатов А.П., Даниев Ю.Ф., Новак П. Надежность технических систем. – Днепропетровск: Пороги, 2002. – 396с.