

УДК 681.518.54:004.9
В19

Рецензент
канд. техн. наук, доц. *А.П. Смирнов*

Васильев Р.Р., Салихов М.З.

В19 Надежность и диагностика автоматизированных систем:
Курс лекций / Под ред. З.Г. Салихова. – М.: МИСиС, 2005. –
92 с.

Курс охватывает основы теории надежности и диагностирования технических систем. Отдельная глава посвящена методике построения имитационных моделей для решения задач надежности сложных резервируемых и восстанавливаемых систем. Рассмотрены возможности создания надежного программного обеспечения с точки зрения поиска ошибок в программе и оценки количества необнаруженных ошибок.

Рассчитан на студентов специальности 210200. Может быть использован студентами других специальностей, знакомых с основами теории вероятностей, булевой алгебры и работой электронных логических схем.

Оглавление

| | |
|---|----|
| 1. Эффективность работы автоматизированных систем управления .. | 5 |
| 2. Основы теории надежности..... | 10 |
| 2.1. Автоматизированные системы управления и проблема надежности технических средств | 10 |
| 2.2. Типы отказов оборудования | 12 |
| 2.3. Критерии надежности невосстанавливаемых изделий | 13 |
| 2.4. Резервирование как метод повышения надежности и комбинаторные схемы при анализе надежности сложных систем..... | 16 |
| 2.5. Влияние на надежность режимов работы элементов и воздействия внешних факторов | 23 |
| 2.6. Надежность восстанавливаемых нерезервированных систем..... | 24 |
| 2.7. Особенности расчета надежности систем с автоматическим регулятором | 26 |
| 3. Использование имитационных моделей для решения задач надежности | 28 |
| 3.1. Методология имитационного эксперимента..... | 28 |
| 3.2. Генерирование случайных величин | 36 |
| 3.3. Генерирование коррелированных случайных величин | 37 |
| 3.4. Моделирование систем массового обслуживания..... | 39 |
| 3.4.1. Общие сведения | 39 |
| 3.4.2. Одноканальная однофазовая модель | 40 |
| 3.4.3. Одноканальная многофазовая модель массового обслуживания..... | 43 |
| 3.4.4. Многоканальная однофазовая модель | 45 |
| 4. Основы технической диагностики | 47 |
| 4.1. Общие понятия и термины | 47 |
| 4.2. Связь технической диагностики с другими дисциплинами | 49 |
| 4.3. Основные задачи технической диагностики | 51 |
| 4.4. Математические модели объектов диагностики..... | 52 |
| 4.5. Таблица функций неисправностей (ТФН)..... | 53 |
| 4.6. Построение диагностических тестов на проверку работоспособности объектов..... | 57 |
| 4.7. Построение тестов, конкретизирующих место неисправности | 60 |

| | |
|--|----|
| 4.8. Диагностирование системы из последовательно соединенных элементов | 63 |
| 4.9. Способы и средства реализации алгоритмов диагностирования | 64 |
| 4.10. Непрерывные объекты диагностики | 66 |
| 4.10.1. Построение логических моделей непрерывных объектов..... | 66 |
| 4.10.2. Использование для диагностики причинно-следственных связей в объекте | 68 |
| 4.10.3. Физические средства диагностирования непрерывных систем | 69 |
| 4.11. Диагностирование дискретных комбинационных объектов | 70 |
| 4.11.1. Исправные комбинационные объекты и их модели | 70 |
| 4.11.2. Физические неисправности комбинационных логических сетей..... | 71 |
| 4.11.3. Встроенная аппаратура для контроля работоспособности комбинационных устройств | 76 |
| 4.12. Диагностирование последовательностных логических устройств..... | 78 |
| 4.13. Организация и эффективность систем диагностирования | 79 |
| 5. Надежность программного обеспечения | 83 |
| 5.1. Определение надежности программного обеспечения | 83 |
| 5.2. Тестирование программного обеспечения (ПО) | 84 |
| 5.3. Математические модели надежности программного обеспечения | 87 |
| Библиографический список | 91 |

1. ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАБОТЫ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

Под *эффективностью* понимается свойство системы, отражающее ее возможность получать требуемые результаты в процессе функционирования системы. Это определение относится и к автоматическим или автоматизированным системам управления отдельными технологическими процессами (АСУ ТП), и к целым автоматизированным производственным комплексам (АПК).

Введение автоматического или автоматизированного управления должно приводить к увеличению выпуска продукции, повышению ее качества, уменьшению затрат на производство и т.п. Однако внедрение АСУ требует определенных затрат на приобретение комплекса технических средств (ТС), разработку программного обеспечения (ПО), обучения технического персонала и др.

Эффективность работы АСУ, очевидно, будет зависеть от набора решаемых задач, скорости нахождения оптимальных режимов при решении задач, качества работы ТС, надежности работы оборудования и от ряда других факторов [12], [14]. Если все эти показатели ТС оценить с помощью некоторого функционала F , то эффективность работы АСУ ($W_{АСУ}$) выраженную, например в рублях, очевидно можно выразить графически в виде неубывающей кривой, как правило, стремящейся к некоторому пределу, отражающему идеальное функционирование технических и программных средств АСУ (рис. 1.1).

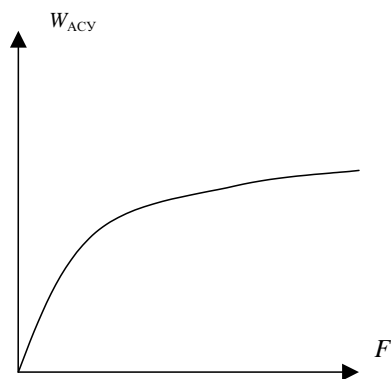


Рис. 1.1. Зависимость эффективности АСУ от комплекса технических средств

В то же время качество работы ТС связано со стоимостью этих средств ($G_{АСУ}$). Повышение быстродействия потребует более дорогих комплектующих средств, повышение надежности функционирования может быть связано с резервированием оборудования, эксплуатация более сложных ТС требует более квалифицированного персонала. Поэтому, если вернуться к введенному функционалу F , то с численным увеличением его значения денежная стоимость технических и других средств АСУ, очевидно, также будет возрастать (рис. 1.2).

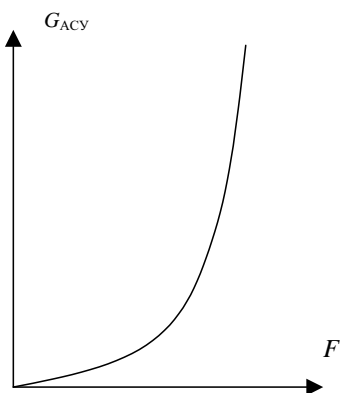


Рис. 1.2. Зависимость затрат на создание АСУ от комплекса технических средств

Разность $W_{АСУ} - G_{АСУ}$ отразит тот эффект, который может быть получен от внедрения АСУ (рис. 1.3), другими словами, эффективность внедрения АСУ. Очевидно, что максимум этой разницы определит оптимальное значение функционала, при котором эффективность АСУ будет максимальной.

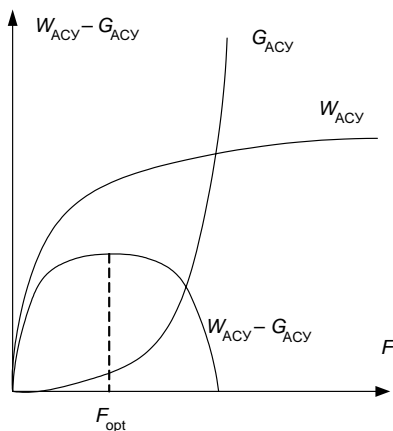


Рис. 1.3. Определение оптимального комплекса технических средств

Построение таких графиков может быть выполнено на начальных стадиях проектирования АСУ расчетными методами и математическим моделированием. При изменении требований и объема задач, решаемых АСУ, такие построения необходимо повторить и определить новое значение функционала F для другого перечня задач.

В случае увеличения численного значения функционала F необходимо выполнить резервирование, построить систему автоматического диагностирования работы АСУ, создать более надежное программное обеспечение.

Отказ ТС АСУ ТП воздействует как на сам управляемый объект (вплоть до выхода из строя), так и на количество и качество выпускаемой продукции, а также на работу обслуживающего персонала и экологические показатели (рис. 1.4).

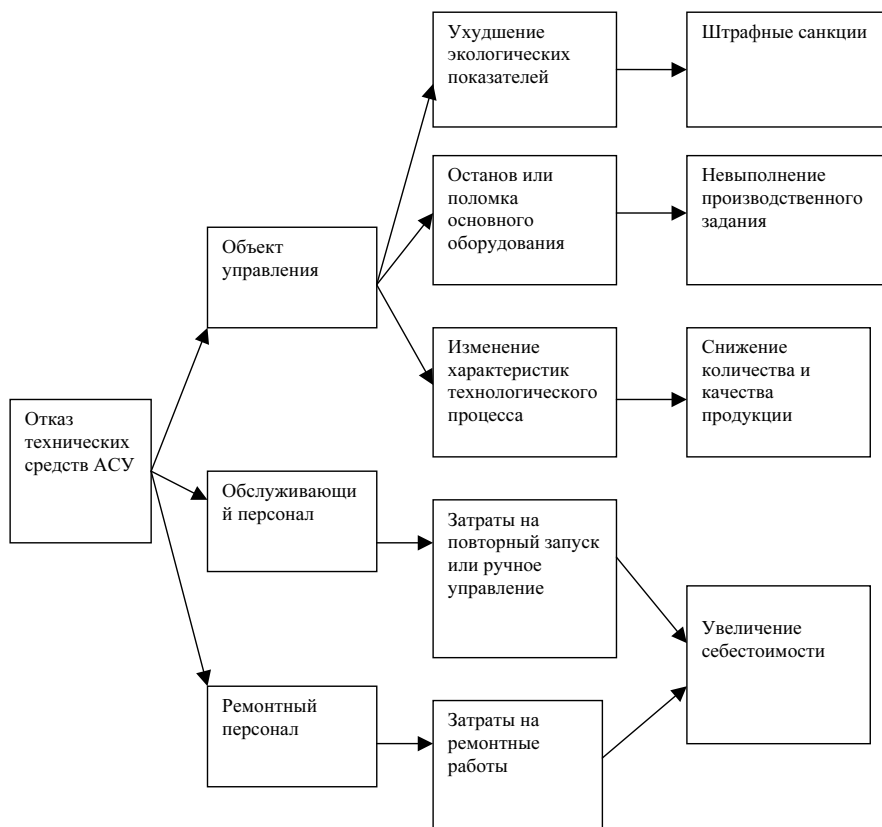


Рис. 1.4. Классификация последствий отказов технических средств

Ухудшение показателей технологического процесса можно отнести к убыткам, которые можно сгруппировать следующим образом.

Технологические показатели выражаются в технологических единицах, таких, как количество и качество готовой продукции, количество израсходованного сырья и энергии. Эти показатели определяются или за определенный интервал времени, или на единицу выпускаемой продукции. К технологическим показателям можно также отнести показатели, характеризующие работу технологического оборудования (например, простои за определенный интервал времени).

Организационные показатели отражают трудовые затраты на выпуск единицы продукции, затраты на ремонт оборудования и техни-

ческих средств АСУ. Эти показатели определяются обычно за календарное время.

Экологические показатели (в случае, если нарушение технологического процесса пагубно влияет на окружающую среду).

Экономические показатели эффективности обычно определяются в денежных единицах, отражают затраты на выпуск единицы продукции и в общем виде определяются функцией, аргументами которой являются рыночная цена продукции, ее себестоимость, производственные затраты, возможные штрафы из-за несвоевременной поставки продукции, экологические штрафы и т.п.

Очевидно, что экономические показатели наиболее полно отражают затраты на производство продукции и тесно связаны с технологическими и другими показателями.

Чисто экономический показатель эффективности АСУ ТП обычно имеет вид

$$W_{АСУ}^э = \varphi(C_1 - C_0, C_1 - C_0, ПЗ_1 - ПЗ_0, ШЭ_1 - ШЭ_0),$$

где C – рыночная цена товара;

C – себестоимость;

ПЗ – производственные затраты;

ШЭ – штрафы за ухудшение экологии (индекс 1 означает наличие АСУ ТП, а индекс 0 – отсутствие).

Приведенное выражение дает лишь общее представление об эффективности внедрения АСУ ТП. Более подробное изучение эффективности АСУ ТП можно найти, например, в [1, 12, 13].

Дальнейшее изложение материала будет связано с изучением надежности работы технических и программных средств АСУ, возможностями эффективного диагностирования работы ТС АСУ.

2. ОСНОВЫ ТЕОРИИ НАДЕЖНОСТИ

2.1. Автоматизированные системы управления и проблема надежности технических средств

АСУ технологическими процессами, как правило, являются человеко-машинными комплексами для сбора информации о технологическом процессе, ее переработки и выработки наилучших с точки зрения принятого критерия управляющих воздействий. Отдельные части АСУ ТП могут управляться без привлечения человека, т.е. являются чисто автоматическими.

В зависимости от характера технологических процессов и протекания их во времени они делятся на непрерывные, непрерывно-дискретные и дискретные. В металлургии наиболее часто встречаются непрерывно-дискретные процессы, которые в заданном интервале времени состоят из периодов непрерывной работы и перерывов, связанных, например, с загрузкой сырья, выпуском готовой продукции, хотя некоторые процессы, в которых есть различные по характеру периоды работы, можно трактовать как непрерывные. Например, процесс электролиза алюминия непрерывен, но в отдельные моменты времени эта непрерывность нарушается вследствие загрузки глинозема или выливки металла.

Обычно под комплексом АСУ ТП понимают:

- 1) комплекс технических средств, необходимых для управления объектом;
- 2) программное обеспечение управляющих средств;
- 3) информационное и организационное обеспечение процесса;
- 4) оперативный персонал, принимающий ряд управленческих решений или контролирующий работу всего комплекса, а также занимающийся ремонтом оборудования;
- 5) методы и средства технической диагностики отказов в работе технических средств.

С точки зрения надежности ниже будут рассмотрены ТС, программные средства, а также некоторые вопросы информационного и организационного обеспечения, связанные с диагностикой состояния ТС АСУ и основного оборудования.

Одним из основных свойств АСУ ТП, влияющих на эффективность функционирования системы управления, является надеж-