

УДК 37.01 : 004 + 629.12.03 + 621.039.568 + 621.039.577

Моделирование алгоритма поиска причин нарушения работоспособности судовых систем

А.А. Равин

Санкт-Петербургский государственный морской технический университет, кафедра судовой автоматики и измерений

Аннотация. Анализируется структура и методика применения компьютерной обучающей программы, моделирующей процесс автоматизированного поиска причин нарушения работоспособности судовых систем. В качестве диагностируемого объекта рассматривается оборудование 3-го и 4-го контуров судовой ЯЭУ.

Abstract. Structure and methodology of the teaching computer programme modelling automatic scanning of cause of failure of vessel systems working capacity have been analysed. The equipment of the third and the fourth contours of a ship nuclear power plant has been considered as a diagnostic object.

Ключевые слова: диагностика, судовые системы, поиск отказа, компьютерная обучающая программа
Key words: diagnosis, vessel systems, scan of cause of failure, teaching computer programme

1. Введение

Анализ опыта эксплуатации сложных энергомеханических систем, в частности судовых ЯЭУ, свидетельствует о том, что одной из основных причин аварий является так называемый "человеческий фактор". Несвоевременные или неправильные действия операторов и обслуживающего персонала могут быть следствием того, что при внезапном возникновении нештатных ситуаций оператор вынужден обрабатывать большой объём информации, поступающей от датчиков системы централизованного контроля, оценивать ситуацию и принимать решения по локализации отказа оборудования в условиях дефицита времени (Калявин, 2007).

Для снижения вероятности ошибочных действий персонала и уменьшения времени, которое затрачивается на определение неисправного элемента оборудования, на современных судах применяют специальные алгоритмы оперативной диагностики, предназначенные для автоматизированного поиска причин нарушения работоспособности судовых систем (электронные советчики оператора) (Кунаев, 2000; Кобзев, Колыщенко, 1989). В этой связи представляется актуальным получение будущими специалистами судостроительной промышленности и флота достаточно чётких представлений о назначении, структуре и функциональных возможностях подобных алгоритмов.

Мировой и отечественный опыт свидетельствует, что одним из эффективных направлений повышения качества обучения является использование в учебном процессе компьютеров, оснащённых стандартными или специализированными обучающими программами (Вислобоков, Вислобокова, 2011; Куценко, 2004). Обучающими программами принято называть программные продукты, призванные активизировать учебный процесс за счёт виртуального моделирования изучаемых объектов. Область применения таких программ в учебном процессе – обеспечение лабораторных работ в режиме диалогового общения студентов с компьютерами (Куценко, 2004).

В настоящей статье рассматривается структура и методика применения компьютерной обучающей программы, предназначенной для проведения лабораторной работы в рамках изучения дисциплины "Техническая диагностика судового энергетического оборудования". Особенности оперативной диагностики анализируются на примере автоматизированного поиска отказавшего элемента в системе охлаждения оборудования ЯЭУ.

2. Методические основы поиска причин нарушения работоспособности энергетических систем

Назначение метода – информационная поддержка оператора, управляющего сложной энергетической системой в нештатных ситуациях, возникающих при отказах оборудования.

Информационной базой метода являются результаты измерения теплотехнических параметров технической системы (температур, давлений, перепадов давлений, уровней, расходов жидкостей и газов, частот вращения валов машин, параметров электрического тока, состояния трубопроводной арматуры и т.п.).

Для упрощения алгоритмизации диагностики эти параметры преобразуются из аналоговой формы в дискретную. Дискретизация выполняется путём сравнения измеренного значения параметра с заранее определёнными для данного режима работы объекта предельными значениями – нижней и верхней уставками. В зависимости от результатов сравнения параметру присваивается дискретный код в соответствии с принятой системой кодирования (рис. 1).

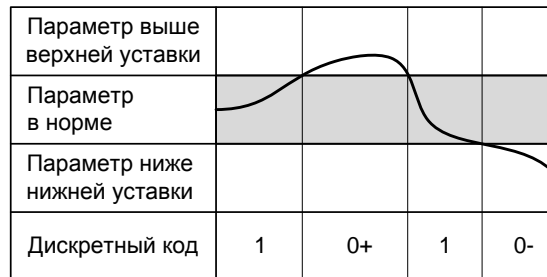


Рис. 1. Дискретизация аналогового параметра

Техническая система представляется в виде набора функционально самостоятельных элементов (насосов, клапанов, теплообменников и т.п.), соединенных коммуникациями в соответствии с принципиальной схемой системы. Каждый ФСЭ имеет ряд контролируемых параметров на входе (X) и на выходе (Y) (рис. 2).

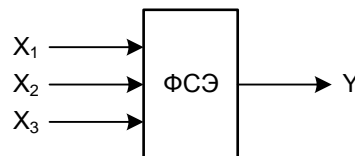


Рис. 2. Представление ФСЭ в виде кибернетической системы "чёрный ящик"

Состояние ФСЭ оценивается следующим образом:

- **все параметры в норме** – нарушений работоспособности нет;
- **все входные параметры ФСЭ в норме, а выходной параметр не в норме** – причиной нарушения работоспособности системы является данный ФСЭ;
- **не в норме один из входных параметров** – причиной нарушения работоспособности системы является один из предыдущих ФСЭ.

Если приведённые выше правила записать для каждого ФСЭ в виде логических уравнений и решать полученную систему уравнений, задавая поочередно отказы различных ФСЭ, можно получить комбинации дискретных значений всех контролируемых параметров для всех нештатных ситуаций, возникающих в системе при отказах оборудования. Эти эталонные комбинации, с учётом принятой системы обозначений, записываются в столбцы таблицы, которая называется диагностической матрицей.

Таблица 1. Структура диагностической матрицы

Параметры		Нештатные ситуации					
№	Наименование	1	2	3	4	...	К
1.	Давление P ₁	0-	1	1	0+	...	1
2.	Температура T ₁	1	0+	0-	1	...	1
3.	Уровень H ₂	1	1	0+	1	...	0-
...
N	Расход G ₃	0-	1	1	1	...	1

Эталонная матрица, дополненная текстами диагнозов, рекомендаций и прогнозов, а также графические файлы с фрагментами мнемосхем заносятся в память вычислительной машины, входящей в состав судового информационно-измерительного комплекса, и используются в качестве информационного обеспечения ППНР.

Во время эксплуатации судна автоматический режим поиска отказавшего оборудования обеспечивается диагностической программой, которая функционирует следующим образом (рис. 3):

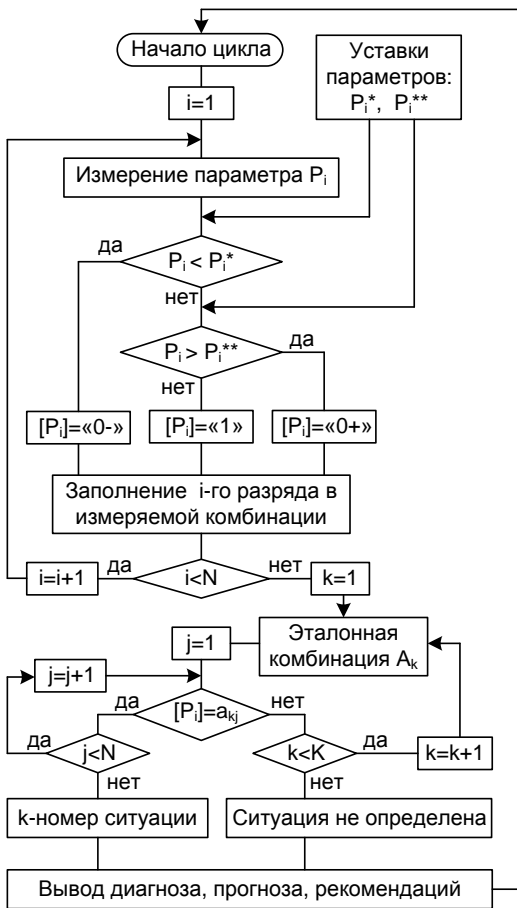


Рис. 3. Блок-схема диагностического алгоритма

- Судовой измерительно-вычислительный комплекс (ИВК) обеспечивает циклический опрос датчиков, измеряющих теплотехнические параметры энергетической установки и её систем.
- Результат измерения каждого параметра сравнивается с соответствующими уставками, хранящимися в памяти ИВК. В результате сравнения происходит дискретизация параметра, т.е. измеренное аналоговое значение параметра заменяется дискретным в соответствии с той же системой кодирования, которая применялась и при заполнении эталонной матрицы (рис. 1).
- После завершения каждого цикла опроса датчиков и сравнения с уставками их сигналов получается комбинация дискретных значений параметров. Её сравнивают с эталонными комбинациями, записанными в столбцах диагностической матрицы. Сравнение выполняется поразрядно, пока значения разрядов совпадают. При первом же несовпадении происходит переход на следующий столбец матрицы.
- Сравнение продолжается до тех пор, пока не будет найден столбец, комбинация которого полностью совпадает с комбинацией мгновенных значений параметров. Его номер соответствует номеру искомой нештатной ситуации.
- В соответствии с номером оператору выдаётся диагноз, рекомендации и прогноз, а также показывается мнемосхема и на ней цветом и анимацией выделяется оборудование, отказ которого явился причиной частичной или полной потери работоспособности технической системы.

3. Методика выполнения работы

Лабораторная работа может выполняться либо на индивидуальном персональном компьютере, либо в компьютерном классе. В последнем случае файл с компьютерной обучающей программой предварительно устанавливается в разделе сервера, выделенном для соответствующей группы студентов.

После запуска программы на экране появляется её название, и далее следует информационная часть, которая знакомит пользователя с назначением изучаемого метода диагностики, количеством (21) и составом контролируемых параметров, обобщённым алгоритмом их обработки, структурой диагностической матрицы, с составом и структурой диагностируемых судовых систем (рис. 4 и 5).

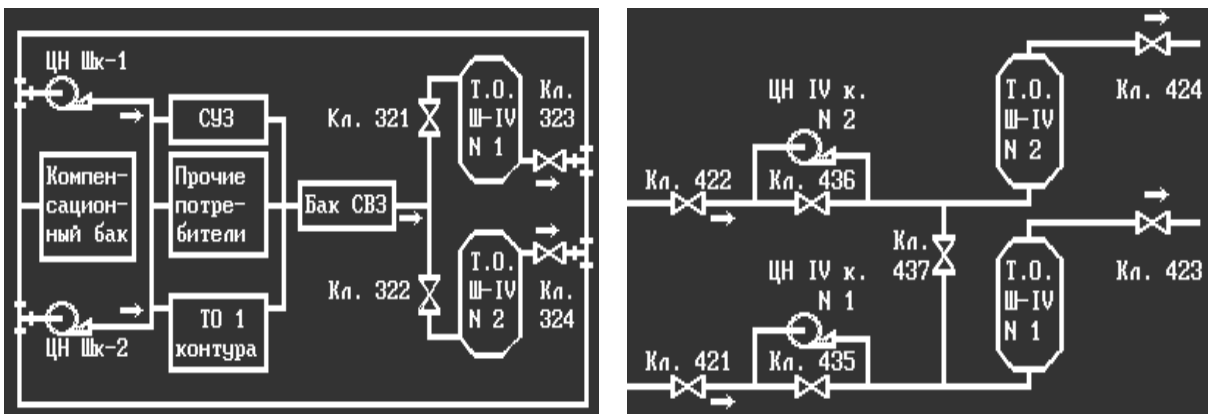


Рис. 4. Мнемосхемы 3-го и 4-го контуров

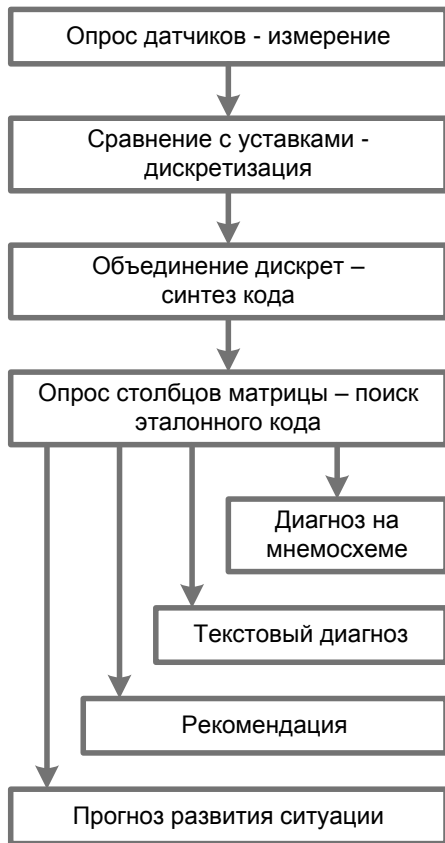


Рис. 5. Укрупнённый алгоритм диагностирования

Для перехода собственно к моделированию процесса оперативной диагностики необходимо задать количество воспроизводимых в качестве примеров состояний оборудования (всего в модели заложено 67 ситуаций).

Демонстрацию каждого из примеров программа начинает с показа процесса опроса датчиков, измеряющих 21 теплотехнический параметр, и результатов сравнения сигналов датчиков с заданными уставками. В реальной системе диагностики этот процесс выполняется за миллисекунды, однако, учитывая обучающий характер программы, демонстрация опроса для наглядности растянута до 10 секунд.

В первом примере воспроизводится ситуация, когда все параметры находятся в норме. Программа после опроса всех датчиков выдаёт текстовую информацию: *"Все параметры в норме. Работоспособность объекта не нарушена"*.

Во втором примере демонстрируется выход всех параметров за уставки. Программа выдаёт текстовый диагноз: *"Все параметры не в норме. Отказ системы централизованного контроля"*. Дается рекомендация о необходимости реперной проверки всех датчиков.

В последующих примерах в случайном порядке воспроизводятся нештатные ситуации, возникающие при отказе оборудования.

Одна из них (*отказ клапана 3-го контура*) сопровождается отклонениями параметров, показанными в табл. 2.

В процессе опроса датчиков программа производит сопоставление измеренных значений параметров с уставками, отображая результат словами "норма", "выше" и "ниже". После окончания опроса датчиков и дискретной оценки всех параметров программа на этом же кадре показывает перебор столбцов диагностической матрицы.

Над найденным столбцом с аналогичным сочетанием отклонения параметров (правый столбец в табл. 2) указывается номер распознанной ситуации (12). В соответствии с определённым номером программа обращается к информационной базе, в которой хранятся мнемосхемы, тексты диагнозов, рекомендации оператору и прогнозы.

Следующий кадр демонстрирует формы представления на экране монитора диагностической информации:

- мнемосхема системы с нарушенной работоспособностью (в данном примере мнемосхема 3-го контура), на которой отказавший элемент (клапан) выделен мигающей засветкой (показ сопровождается пульсирующим звуковым сигналом);
- текстовый диагноз – "неисправен клапан 321 в 3-м контуре перед теплообменником 3-4 контуров № 1";
- рекомендация – "проверить состояние и управляемость клапана вручную, проверить состояние пневмопривода";
- оперативный прогноз – "уменьшение резерва по 3-му контуру отключением одной ветви циркуляции".

4. Результат моделирования

Выполнение моделирования предусмотренных программой нештатных ситуаций обеспечивает пользователя информацией, достаточной для оформления отчёта, содержащего следующие сведения:

- краткое описание диагностической задачи и метода её решения;
- мнемосхемы 3-го и 4-го контуров;
- перечень контролируемых параметров;
- блок-схему диагностического алгоритма;
- матрицу с эталонными кодами;
- перечень текстовых диагнозов.

Таблица 2. Демонстрация опроса датчиков и диагностической матрицы

№	ИЗМЕРЯЕМЫЕ ПАРАМЕТРЫ	Результаты сравнения с уставками	Найденный столбец матрицы
1	Положение приёмного кингстона 4 контура №421	норма	норма
2	Перепад давления воды на циркуляционном насосе 4-го контура №1	норма	норма
3	Солесодержание воды 3-го контура после теплообменника №1	норма	норма
4	Температура воды 3-го контура после теплообменника №1	ниже	ниже
5	Положение запорного клапана 3-го контура перед теплообменником №1	ниже	ниже
6	Положение запорного клапана 3-го контура за теплообменником №1	норма	норма
7	Положение отливного кингстона после насоса 4-го контура №1	норма	норма
8	Перепад давления воды на циркуляционном насосе 3-го контура №1	ниже	ниже
9	Температура воды 3-го контура, охлаждающей приводы СУЗ реактора	норма	норма
10	Рассогласование положения компенсирующих решёток (4-я группа)	норма	норма
11	Температура воды 3-го контура, охлаждающей бак СВЗ	норма	норма
12	Положение приёмного кингстона 4-го контура №422	норма	норма
13	Перепад давления воды на циркуляционном насосе 4-го контура №2	норма	норма
14	Солесодержание воды 3-го контура после теплообменника №2	норма	норма
15	Температура воды 3-го контура после теплообменника №2	норма	норма
16	Положение запорного клапана 3-го контура перед теплообменником №2	норма	норма
17	Положение запорного клапана 3-го контура за теплообменником №2	норма	норма
18	Положение отливного кингстона после насоса 4-го контура №2	норма	норма
19	Перепад давления воды на циркуляционном насосе 3-го контура №2	норма	норма
20	Уровень воды в расширительном бачке 3-го контура	норма	норма
21	Уровень радиации в расширительном бачке 3-го контура	норма	норма
Номер нештатной ситуации (столбца матрицы)			12

5. Заключение

Использование рассмотренной обучающей программы при проведении лабораторной работы в компьютерном классе вуза позволяет в наглядной форме познакомить студентов с назначением и возможностями оперативной диагностики судового оборудования.

Накопленный к настоящему времени опыт разработки и применения этой и подобных ей обучающих программ свидетельствует о том, что использование активных форм обучения положительно воспринимается студентами и открывает возможность повышения качества учебного процесса благодаря применению современных средств обработки и передачи информации, индивидуализации процесса обучения (диалог "студент – компьютер"), активизации обучения (компьютерная графика, анимация, видеоролики, виртуальные модели объектов и т.п.). Компьютерные технологии способствуют увеличению скорости усвоения и запоминания материала, повышают производительность труда педагога, обеспечивают эффективность дистанционной формы обучения.

Литература

- Вислобоков Н.Ю., Вислобокова Н.С.** Технологии организации интерактивного процесса обучения. *Информатика и образование*, № 6 (224), с.11-14, 2011.
- Калявин В.П.** Основы надёжности и технической диагностики элементов и систем ЯЭУ. *СПб., Изд-во Политехн. ун-та*, 213 с., 2007.
- Кобзев В.В., Колнышенко В.Л.** Обеспечение работы судового оператора в аварийных ситуациях. *Судостроение*, № 10, с.23, 24, 1989.
- Кунаев М.А.** Диагностирование состояний атомной энергетической установки с использованием принципов фреймной сети. *СПб., Тр. ЦНИИ им. акад. А.Н. Крылова*, вып. 9(293), с.131-140, 2000.
- Куценко С.М.** Моделирующие компьютерные программы в процессе лабораторно-практических занятий студентов вуза. *Казань, КГЭУ*, 116 с., 2004.