

1. Общие положения

1.1 Целью проведения лабораторных работ на ПЭВМ является приобретение практических навыков по методам исследования операций и системного анализа с помощью автоматизированной системы ДИАНА при решении задач, тематически ориентированных на практические вопросы, решаемые на воздушном транспорте и его эксплуатационных предприятиях.

1.2 Лабораторные работы по дисциплине «Исследование операций и системный анализ» (ИОСА) обеспечивают следующие основные темы: «Эффективность систем и показатели их качества» и «Вероятностно-статистические методы анализа систем и их элементов».

1.3 Пособие содержит краткое описание диалоговой программной системы ДИАНА, основные правила работы с ней и методические указания по выполнению непосредственно каждой лабораторной работы.

1.4 Отчет по каждой лабораторной работе должен содержать данные:

- фамилия и инициалы студента, номер группы и подгруппы;
- номер, тема и цель работы;
- исходные данные выполняемого варианта (структурная схема системы, статистические данные и пр.);
- результаты работы;
- выводы по проделанной работе;
- подпись студента и дата выполнения лабораторной работы.

1.5 Отчет по каждой работе должен быть представлен преподавателю для проверки и его защиты. После защиты лабораторной работы преподаватель делает отметку в журнале контроля выполнения лабораторных работ и непосредственно на отчете студента.

2. Краткое описание диалоговой программной системы ДИАНА и основные правила работы с ней

2.1 Назначение и общая характеристика системы ДИАНА

Автоматизированная система ДИАНА разработана СП «Диалог» и предназначена для проведения исследований по надежности сложных систем.

Система ДИАНА включает следующий перечень задач:

1. Расчет систем с заданными вероятностями отказа элементов.
2. Оптимальное резервирование (статистическая модель).
3. Расчет невозстанавливаемых систем.
4. Расчет систем с независимым восстановлением.

5. Расчет систем с ограниченным восстановлением.
6. Расчет показателей ЗИП.
7. Оптимизация ЗИП.
8. Расчет коэффициента эффективности.

При проведении лабораторных работ по дисциплине «Исследование операций и системный анализ» (ИОСА) используются первая, вторая, третья и восьмая задачи системы ДИАНА.

Задачи статистической обработки результатов испытаний решаются с помощью стандартных методов построения гистограмм, методом максимального правдоподобия (для оценки параметров сглаживающего априорного распределения), критерия Колмогорова (для оценки согласованности гистограмм с априорным распределением). Статистический блок позволяет производить обработку как полных, так и цензурированных выборок.

При решении задач оценки показателей надежности невосстанавливаемых систем применяются численные методы вычислений, опирающиеся на аналитические формулы вычисления показателей надежности. Для восстанавливаемых систем используется метод статистического имитационного моделирования.

2.2 Запуск системы ДИАНА

Перед проведением лабораторных работ система ДИАНА заносится во все ПЭВМ компьютерного класса, что обеспечивает проведение лабораторных работ каждым студентом по индивидуальным заданиям (вариантам задачи).

При включении компьютера и после загрузки операционной системы WINDOWS на экране монитора появятся ярлыки программных продуктов, в том числе и ярлык системы ДИАНА. Поставив курсор на этот ярлык, щелкните по нему два раза левой кнопкой мышки. На экране появится фирменная заставка «ДИАНА».

Нажатием клавиши ENTER входим в меню системы ДИАНА, содержащее перечень решаемых с ее помощью задач. Выбираем курсором задачу, соответствующую выполняемой лабораторной работе, и входим в эту задачу.

В ДИАНЕ имеется развитая система подсказок (HELP), включающая в себя информацию не только о правилах работы, но и подробные методологические и математические пояснения. HELP вызывается клавишей F1. Список всех статей, имеющихся в HELPe, вызывается клавишей F2.

2.3 Ввод исходной информации

Ввод исходной информации осуществляется с помощью таблиц и путем занесения статистических значений элементов выборок (полных или цензурированных).

2.3.1 Работа с таблицей

Основным средством для ввода исходной информации в ДИАНЕ является «таблица элементов», которая вызывается нажатием клавиши F10. Вторая таблица – «таблица типов» - вызывается нажатием клавиши «таб».

Обратный вызов первой таблицы осуществляется тем же способом. Таблицы элементов имеют столбцы, с помощью которых задается модель рассматриваемой системы, и столбцы, отражающие специфику решаемой задачи.

Под моделью (системой) в ДИАНЕ понимается произвольная структура, приводимая к последовательно-параллельному соединению элементов, каждый из которых, в свою очередь, может представлять собой последовательно-параллельное соединение более мелких элементов и т.д.

В самом начале работы, когда еще не внесено ни одного элемента, исходным является система в целом (элемент MODEL). Ни один элемент не может располагаться на том же уровне, что и вся модель. Поэтому первый вносимый элемент будет подчиненным. Для внесения нового элемента необходимо воспользоваться командой ALT/N и клавишей ENTER.

Столбец «имя»

Имя элементу можно и не давать, но для удобства работы каждому элементу рекомендуется дать имя (например, «EL1», «Бл1»). Имя элемента может состоять не более чем из 12 символов и является идентификатором. Оно может состоять из букв (как русских так и латинских), цифр и символов подчеркивания (-) и должно начинаться с буквы.

Для введения текста подводят курсор к месту нанесения имени, нажимают клавишу ENTER, и в появившийся зачерненный прямоугольник заносится необходимый текст. Нажимаем снова ENTER, зачернение пропадает, но текст сохраняется. Аналогично заносятся тексты (или цифры) в любую другую ячейку этой строки.

Последовательность занесения имен элементов в столбец «имя» должно строго соответствовать структуре исследуемой системы. Для этого необходимо руководствоваться следующими правилами. Первое имя элемента структуры системы заносится после команды ALT/N-ENTER. Последующие имена элементов структуры отображаемой системы заносятся следующим способом. Если заносящийся элемент подчинен данному, то используется команда ALT/N-ENTER. Если заносящийся элемент находится на том же уровне структуры системы, то используется команда ALT/N – «стрелка вниз».

Столбец «структура»

Отдельный элемент не имеет структуры, потому для него этот столбец не заполняется. В лабораторных работах этой дисциплины используются последовательные и параллельные соединения элементов. В ДИАНЕ для обозначения этих структур используются обозначения ПОСЛ и НАГР.

Для введения этих обозначений в столбец «структура» необходимо курсор подвести в расположение этого столбца, нажать клавишу F8 и в появившемся списке структур выбрать необходимую структуру (последовательное соединение или параллельное соединение нагруженный резерв). После этого нажать клавишу Insert. В ячейке появятся обозначения ПОСЛ или НАГР.

Столбец «вероятность отказа»

Вероятность отказа задается только для элементов самого нижнего уровня. Если элемент не является элементом нижнего уровня, то его характеристики определяются характеристиками и структурой соединения подчиненных элементов. Для любого элемента может быть заполнен либо столбец «вероятность отказа», либо столбец «структура». Одновременное заполнение этих столбцов недопустимо.

2.3.2. Команды, используемые при заполнении таблицы элементов

1. ВСТАВКА НОВОГО ЭЛЕМЕНТА - команда ALT\N

Команда ALT\N осуществляется одновременным нажатием клавиш ALT и N. После этой команды в двух нижних строках экрана появится запрос о характере подчиненности элемента. Если необходимо вставить элемент, подчиненный текущему, то следует нажать клавишу **ENTER**. Если новый вводимый элемент находится на том же уровне, то нажимается клавиша со стрелкой вниз (элемент будет вставлен вслед за текущим), или стрелкой вверх (элемент будет вставлен перед текущим).

2. УДАЛЕНИЕ НЕВЕРНО ЗАНЕСЕННОЙ СТРОКИ - команда ALT\D

После выдачи команды ALT\D в нижней строке экрана будет выдан запрос на подтверждение этой операции. При подтверждении нажмите ENTER, при отказе нажмите любую другую клавишу.

3. УДАЛЕНИЕ ОТДЕЛЬНОЙ НЕВЕРНОЙ ЗАПИСИ - клавиша DEL

По этой команде сбрасывается значение, занесенное ранее в текущую ячейку.

4. СВОРАЧИВАНИЕ ПОДЧИНЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ - клавиша C, команда ALT\C.

C - сворачиваются (становятся невидимыми) элементы, подчиненные текущему. ALT\C - сворачиваются все элементы, расположенные на уровнях ниже текущего уровня (уровня, на котором находится курсор).

5. РАЗВОРАЧИВАНИЕ ПОДЧИНЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ - клавиша O, команда ALT\O.

O - разворачиваются (становятся видимыми) элементы следующего уровня, подчиненные текущему элементу. ALT\O - разворачиваются все элементы, расположенные ниже текущего уровня.

Операции сворачивания и разворачивания подчиненных элементов могут быть полезны в тех случаях, когда размерность задач велика. Эти операции да-

ют возможность при необходимости «прятать» часть подчиненных элементов и видеть не все элементы модели, а только наиболее крупные блоки. Это позволяет более четко отслеживать структуру модели и процесс ее создания и редактирования.

2.3.3. Введение статистических значений

Обработка статистической информации производится с помощью средств статистического блока ДИАНЫ. Этот блок содержит набор функций распределения. В качестве стандартных могут использоваться следующие типы распределений: экспоненциальное; Вейбулла (двухпараметрическое); усеченное нормальное; логнормальное; равномерное.

Функция распределения либо выбирается из перечня стандартных, либо задается с помощью выборки. При этом используется эмпирическая функция распределения или аппроксимация стандартным распределением.

При вводе выборки можно задавать не только завершенные, но и незавершенные наработки (цензурированная выборка).

Для обработки статистической информации необходимо в меню типов функций распределения воспользоваться позицией «ВЫБОРКА».

Внесение статистической информации производится с помощью окна выборки. Задание самой выборки является обязательным и оно производится следующим образом. Окно выборки содержит строчки со следующими заголовками разделов: название, завершенные и незавершенные.

В раздел название заносится название изделия (системы), статистические параметры которого исследуются.

Раздел «завершенные» содержит информацию о статистических данных (например, информацию о наработках, завершившихся отказом). Этот раздел является обязательным (должен содержать хотя бы одно значение).

Статистические данные могут располагаться в произвольном порядке и каждое значение разделяться друг от друга произвольным числом пробелов. Дробная часть от целой отделяется точкой.

Раздел «незавершенные» содержит информацию о наработках, не завершившихся отказом. Правила работы с этим разделом такие же, но его заполнение является необязательным для функционирования расчетной системы.

По статистическим данным могут быть построены эмпирическая функция распределения и гистограмма.

Особенности работы с системой ДИАНА для конкретных задач содержатся в рекомендациях по выполнению соответствующих лабораторных работ.

3. Методические указания по проведению лабораторных работ

3.1. Лабораторная работа №1

Тема: Расчет качества системы по заданным вероятностям отказа ее элементов.

Цель работы: Приобрести навыки расчетов характеристик систем с различными структурами по заданным характеристикам элементов структуры.

В рамках лабораторной работы №1 последовательно решаются следующие задачи:

- расчет показателей надежности системы с линейной структурой;
- расчет показателей надежности системы с параллельной структурой;
- расчет показателей надежности системы со смешанной структурой.

Настоящая лабораторная работа выполняется с помощью первой позиции меню системы ДИАНА.

3.1.1. Необходимые теоретические сведения

Для структурной схемы системы с последовательным соединением элементов вероятность безотказной работы системы равна:

$$P_{ПС} = \prod_{i=1}^N P_i$$

где - P_i - вероятность безотказной работы i -го элемента.



Рис. 1.1. Схема последовательного соединения

Соответственно вероятность отказа системы равна:

$$Q_{ПС} = 1 - P_{ПС} = 1 - \prod_{i=1}^N P_i$$

В системе «ДИАНА» последовательное соединение в таблице элементов в столбце «структура» имеет обозначение ПОСЛ.

Для структурной схемы с параллельным соединением N элементов вероятность безотказной работы системы равна:

$$P_{ПП} = 1 - \prod_{i=1}^N (1 - P_i)$$

где - P_i - вероятность безотказной работы i -го элемента.

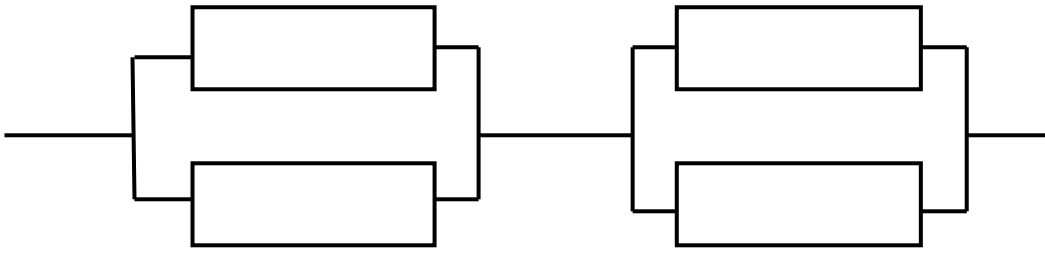


Рис. 1.2. Схема параллельного соединения

Соответственно вероятность отказа системы равна:

$$Q_{\text{ПП}} = 1 - \left[1 - \prod_{i=1}^N (1 - P_i) \right]$$

В системе «ДИАНА» такая структура имеет обозначение НАГР - нагруженное параллельное соединение.

Структурные схемы смешанного соединения могут иметь разные конфигурации. Один из примеров такой структуры приведен на рис.1.3

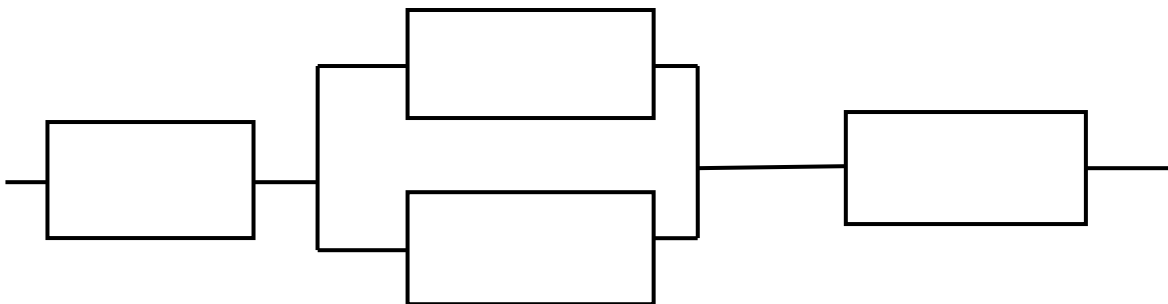


Рис.1.3. Схема смешанного соединения

Для определения характеристик систем, имеющих сложную структуру, рекомендуется разбивать сложную схему на блоки, имеющие параллельную или последовательную структуры.

Расчеты в этом случае ведутся по формулам, приведенным выше для каждого блока. Конкретные рекомендации приведены в описаниях задач по различным видам структур.

3.1.2. Задача № 1 Показатели надежности системы с последовательным соединением элементов

Для решения задачи № 1 каждому студенту выдается вариант задачи с указанием количества последовательно соединенных элементов и вероятность отказа каждого элемента.

Необходимо войти в систему «ДИАНА». Затем в меню этой системы установить курсор на задаче «Расчет систем с заданными вероятностями отказов» и нажать клавишу ENTER. На экране появится таблица элементов, порядок работы с которой описан в п.2.3.1.

Для заполнения столбца «Имя» каждому элементу необходимо дать имя, например, «EL1», «EL2» и т.д. Заметим, что имена лучше вставлять в латинском алфавите, т.к. смена алфавита может привести к сбою программы.

Введение первого элемента осуществляется командой ALT\N и клавишей ENTER. Нажатием клавиши ENTER зачерняется прямоугольник, в который и заносится требуемое имя.

Все последующие элементы вводятся той же командой ALT\N и нажатием клавиши « ». Против каждого элемента в столбце «Вероятность отказа» ставится это значение из выданного студенту варианта задания. В столбце «Рез.кол.» везде проставляется «1». Этот столбец используется в том случае, когда в условиях задачи дается количество резерва того или иного элемента.

В таблице 1.1 приведен пример заполнения для системы, состоящей из двух последовательно соединенных элементов.

Таблица 1.1

Таблица элементов для последовательно соединенных элементов

Таблица элементов		EL2				
Имя	М	Тип	Структура	Вероятность отказа	Рез. кол.	(P)
MODEL		****	ПОС	****		
• EL1		-	-	0.005	1	
• EL2		-	-	0.002	1	

В системе предусмотрена диагностика ошибок после ввода исходной информации. Для этого необходимо нажать клавишу F10, поставить курсор на позицию «Синтаксический контроль» и нажать ENTER. Если ошибок нет, то расчет задачи производится путем входа в счетный блок нажатием курсора на клавишу F10, постановкой курсора на режим «Счет» и нажатием клавиши ENTER. При непосредственном обращении к режиму «Счет» диагностика проводится автоматически.

Обратите внимание, что вероятность отказа всей системы больше, чем вероятность отказа самого ненадежного элемента.

3.1.3. Задача № 2. Показатели надежности системы с параллельными соединениями элементов

Перед решением задачи № 2 необходимо сбросить модель задачи № 1. Для этого нажатием клавиши F10 вызывается меню, в котором с помощью курсора выбирается операция «Сбросить модель» и нажимается дважды ENTER.

Поскольку исходная модель является структурой с последовательным соединением элементов, то параллельно соединенные элементы выделяются в отдельный блок, даже если таких блоков всего один.

Следует иметь в виду, что блок параллельно соединенных элементов может включать не только два элемента, а несколько элементов, причем они могут в свою очередь составлять подблоки, последовательно или параллельно соединенных элементов.

В столбце «Структура» блок последовательно соединенных элементов обозначается пометкой ПОСЛ, а параллельный блок - пометкой НАГР. Для введения этих обозначений следует нажать клавишу F8, выбрать курсором из списка видов структур нужную и нажать клавишу Insert. Соответствующая пометка будет занесена в столбец «Структура».

Последовательность ввода наименований блоков и элементов в столбец «Имя» подчиняется следующему правилу: если блок (или элемент) подчинен данному, то он вводится командой ALT+N и клавишей ENTER; если блок (элемент) находится на том же уровне, то он вводится командой ALT+N и клавишей «↓». Против каждого элемента в столбце «Вероятность отказа» проставляется значение этого параметра, взятого из индивидуального задания.

В таблице 1.2 приведен пример заполнения для системы, состоящей из трех параллельно соединенных элементов.

Таблица 1.2

Таблица элементов для параллельно соединенных элементов

Таблица элементов		EL2				
Имя	М	Тип	Структура	Вероятность отказа	Рез. кол.	(P)
MODEL		****	ПОС	****		
• BL1			НАГР	***	1	
•• EL1		-	-	0.005	1	
•• EL2		-	-	0.002	1	
•• EL3		-	-	0.002	1	

Порядок ввода в расчетный блок, расчет задачи и просмотр результатов аналогичны предыдущей задаче.

Обратите внимание, что вероятность отказа отдельного блока и всей системы меньше вероятности отказа самого надежного элемента, что свидетельствует о том, что надежность системы повышается за счет параллельного соединения элементов.

Задача № 3. Показатели надежности системы со смешанной структурой

Перед решением задачи № 3 необходимо сбросить модель задачи № 2 (клавиша F10, курсором выбирается операция «Сбросить модель» и нажимается дважды ENTER).

Каждому студенту выдается вариант задачи со структурной схемой системы и вероятностями отказа элементов.

Выполнение задачи необходимо начинать с разбивки сложной структуры на блоки таким образом, чтобы исходная модель была приведена к структуре с последовательным соединением. В модель могут кроме блоков, имеющих подчиненные элементы, входить также элементы нижнего уровня, т.е. являющиеся единичными, не имеющими структуры.

Разбивка исходной структуры на блоки и занесение информации в таблицу элементов является важнейшей операцией, т.к. только правильно заполненная таблица отражает исходную исследуемую структуру.

В качестве примера рассмотрим систему, структура которой и разбиение на блоки, приведены на рис. 1.4.

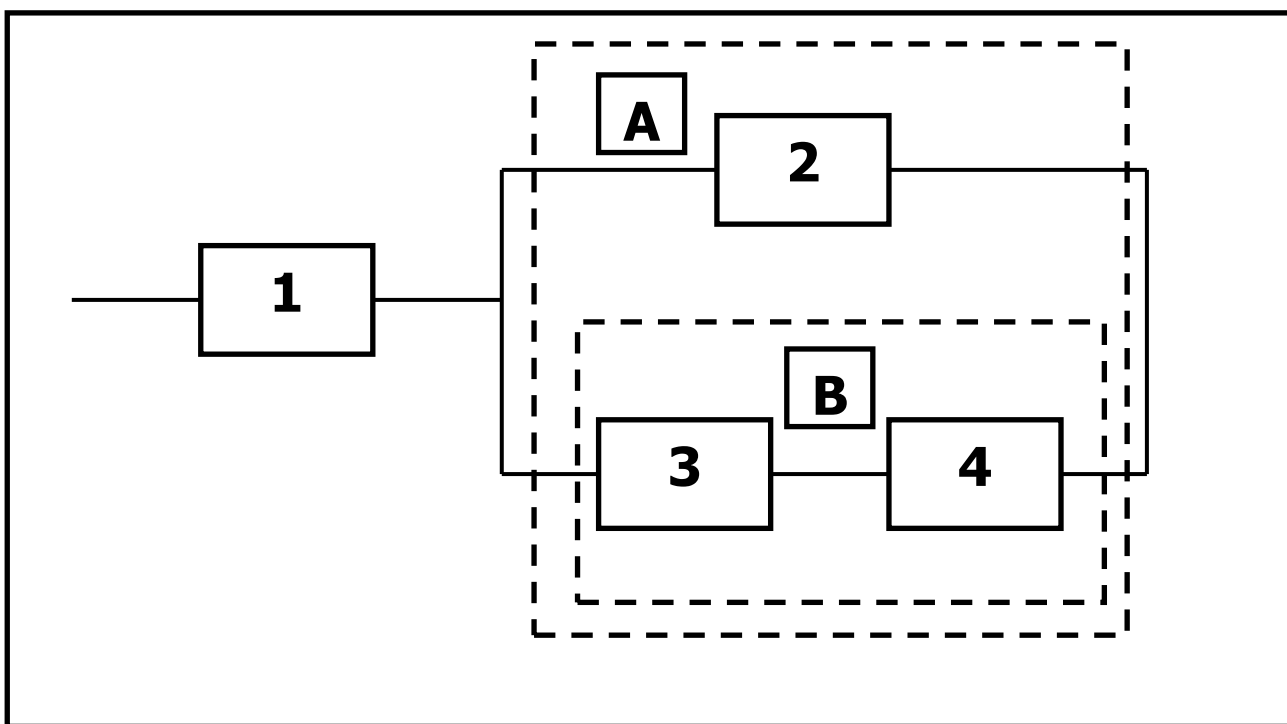


Рис. 1.4. Разбиение исходной структуры на блоки

Модель, как известно, должна быть последовательно соединенной. Её образуют элемент 1 и блок А. Блок А, в свою очередь, является параллельной структурой, состоящей из элемента 2 и блока В. Блок В представляет собой два последовательно соединенных элемента (3 и 4).

В таблице 1.3 приведен пример заполнения для рассматриваемой исходной модели системы.

Таблица 1.3

Таблица элементов для рассматриваемой исходной модели системы

Таблица элементов		EL4				
Имя	М	Тип	Структура	Вероятность отказа	Резерв	(P)
MODEL		****	ПОС	****		
• EL1				0.05	1	
• BLA			НАГР		1	
•• EL2				0.03	1	
•• BLB			ПОС		1	
••• EL3				0.025	1	
••• EL4				0.01	1	

В столбце «Вероятность отказа» указываются только соответствующие параметры элементов, не имеющих подчиненных, т.е. исходных элементов. В столбце «Структура» указывается только структура блоков.

Так, в нашем примере, блок А является параллельной нагруженной структурой, а блок В последовательной структурой. Иерархия структуры отражена количеством точек перед наименованием блока или элемента. Так, элемент 1 и блок А имеют по одной точке. Элемент 2 и блок В, как составляющие блока А (второй уровень подчиненности), имеют две точки. Элементы 3 и 4, как составляющие блока В (третий уровень подчиненности), имеют три точки. Такой способ записи в таблице элементов позволяет проконтролировать правильность отображения исходной структуры исследуемой системы.

Порядок входа в расчетный блок, расчет задачи и просмотр результатов аналогичны предыдущим задачам. В качестве дополнительного контроля обратите внимание на то, что вероятность отказа блока В должна быть больше худшего из составляющих его элементов (3-го или 4-го).

Вероятность отказа блока А меньше лучшего из его составляющих (элемента 2 или блока В). Вероятность отказа модели в целом больше худшей из системы, в которую входят элемент 1 и блок А.

3.2. Лабораторная работа №2

Тема: Расчет эффективности иерархических систем

Цель работы: Приобрести навыки расчета эффективности иерархических систем с помощью диалоговой программной системы «ДИАНА»

3.2.1. Необходимые теоретические сведения

Как только система становится сложной, в ней неизбежно возникает иерархическая (многоуровневая) система управления. На рис.2.1 приведены двухуровневая (а) и трехуровневая (б) иерархические системы управления.

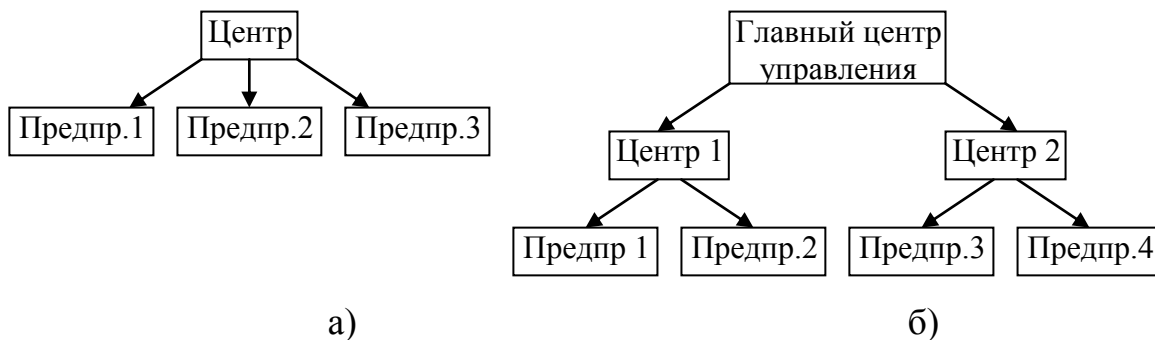


Рис. 2.1 Двухуровневая (а) и трехуровневая (б) иерархические системы управления

Необходимость введения иерархических (многоуровневых) систем управления обусловлена рядом факторов: чрезмерная централизация управления приводит к запаздыванию в принятии решений и даже к ошибочным решениям; при числе объектов управления более 6...8 из-за человеческого фактора ухудшается качество управления.

В иерархической системе управление происходит под действием вышестоящих органов. Управление имеет ограничения, установленные законодательством и интересами вышестоящих органов. Экономический организм больших объединений управляется, как правило, по трехуровневой схеме (рис. 2.1б).

Каждый i -й центр состоит из M_i производителей. Задача центров - распределить капиталовложения U_i , которыми они располагают. Главный центр (концерн) выделяет в распоряжение центров фонды зарплаты Q_i , которые центры должны распределить среди своих производителей.

Центры не производят, а реализует продукцию на рынке. Цель i -го центра - максимизировать целевую функцию:

$$I_i = f_i(P_1, P_2, \dots, P_{M_i}) \rightarrow \max,$$

где M_i - число предприятий, руководимых i -м центром;

P_i - размеры выпускаемой продукции предприятиями.

Цель концерна – выполнение некоторой программы, которую можно выразить интегральной целевой функцией

$$I = F (I_1, I_2, \dots, I_N) = \max.$$

Для того, чтобы центры имели возможность управлять действиями руководителей предприятий, они должны располагать какими-либо способами воздействия на них.

Например, управление путем распределения ресурсов или управление с помощью штрафов и поощрений.

Оптимальный уровень децентрализации в принятии решений, когда удастся достичь глобального максимума интегральной целевой функции, это еще строго не решенная научная проблема.

3.2.2. Постановка задачи

Лабораторная работа № 2 выполняется с помощью задачи № 8 системы «ДИАНА» - расчет коэффициента эффективности.

Этот блок системы предназначен для расчета эффективности иерархических (многоуровневых) систем с учетом надежности их элементов.

Рассматриваются сложные системы, которые имеют более двух уровней функционирования, т.е. могут находиться в промежуточных состояниях между полной работоспособностью и полным отказом. При этом элементы системы имеют только два состояния (работоспособное и неработоспособное), и для каждого элемента задается вероятность его работоспособности (вероятность отказа). Предполагается, что состояния всех элементов независимы.

Элемент нижнего уровня (исполнительный) считается нормально функционирующим, если работоспособен он сам и работоспособны все вышестоящие элементы, которым он подчинен.

3.2.3. Особенности заполнения таблицы элементов

После вызова задачи № 8 системы «ДИАНА» - расчет коэффициента эффективности - на экране появляется таблица элементов (табл. 2.1).

Таблица 2.1

Таблица элементов *** MODEL **

Имя	М	Тип	Вероятность отказа	Эффективность	(P)
MODEL**	-	**	*****	*****	

Заполнение столбца «Имя» производится в соответствии с правилами, изложенными в разделе 2 настоящих методических рекомендаций.

Особенностью заполнения столбца «Вероятность отказа» является то, что этот параметр указывается для всех элементов системы, как имеющих, так и не имеющих подчиненных элементов.

В столбце «Эффективность» заполняются только значения, соответствующие элементам нижнего уровня (исполнительным). Числовые значения этого параметра зависят от существа рассматриваемой задачи. Например, это может быть количество произведенной продукции и пр.

Следует иметь в виду, что после исходной системы являющейся вершинной иерархической структуры, на втором уровне может быть как один, так и несколько подчиненных элементов.

На рис. 2.2 приведен пример исходной иерархической структуры, а в таблице 2.2, пример заполнения таблицы элементов в соответствии с этой структурой.

Вероятности отказов всех элементов и эффективность элементов нижнего уровня в таблице показаны условными обозначениями.

Конкретные цифровые значения выдаются как вариант преподавателем каждому студенту.

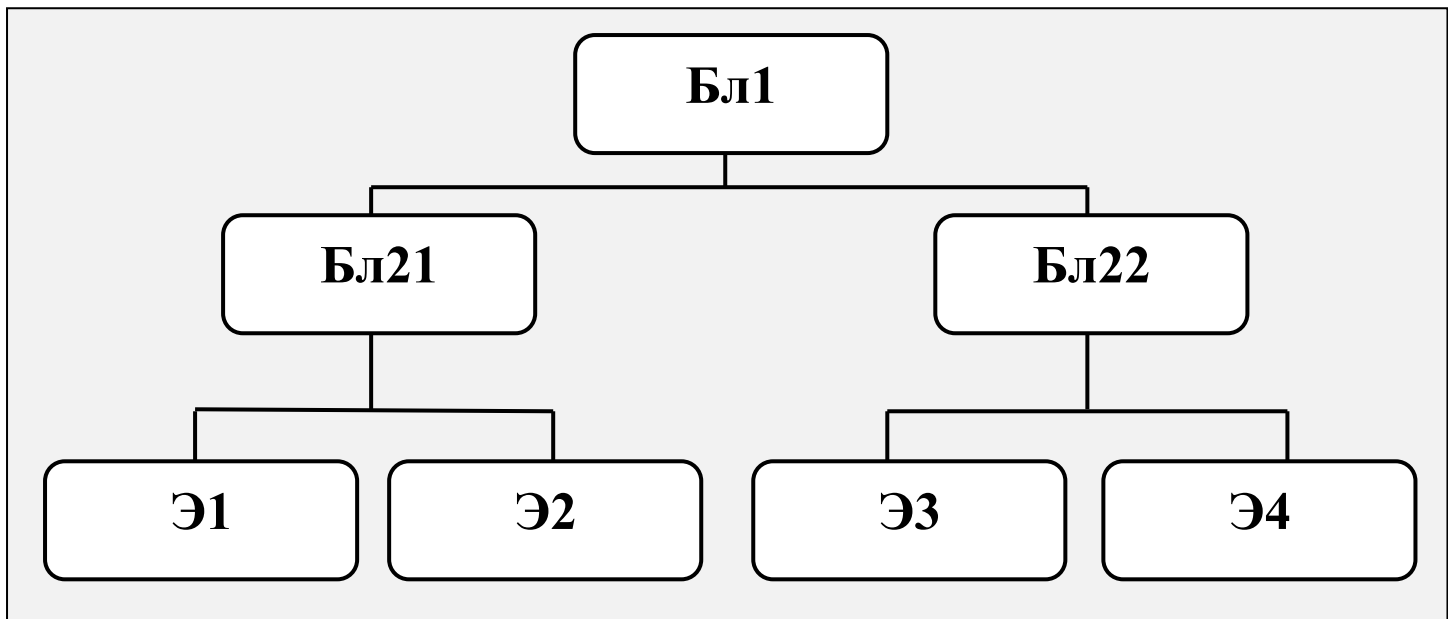


Рис. 2.2. Исходная иерархическая структура

Таблица элементов исходной иерархической структуры

Имя	М	Тип	Вероятность отказа	Эффективность	(P)
MODEL					
• BL1			0.1	-----	
•• BL21			0.15	-----	
••• EL1			0.2	100	
••• EL2			0.2	100	
•• BL22			0.15	-----	
••• EL3			0.2	100	
••• EL4			0.2	100	

3.2.4. Завершающие операции, вывод результатов

С помощью клавиши F10 вызывается меню операций. Подводим курсор к операции «Синтаксический контроль» и нажмем ENTER. На экране будут высвечены ошибки, которые необходимо исправить и предупреждения о неточных записях, которые не оказывают влияния на результат, но для задачи не обязательны.

Предупреждение: на некоторых программах операция «Синтаксический контроль» приводит к «зависанию» программы. Поэтому перед выходом на операцию «Счет» тщательно проверьте записи в таблице элементов.

После синтаксического контроля клавишей F10 снова вызываете меню операций и курсором вызываете операцию «Счет», после чего нажимаете ENTER. На экране высвечивается надпись «вероятность отказа ...MODEL...». После нажатия клавиши ENTER, появляется затемненный прямоугольник, куда заносится значение этой вероятности, например, 0.1. Далее, после нажатия клавиши ENTER, курсор ставится на операцию «Начало счета» после чего нажимается клавиша ENTER. На экране будут высвечены значения коэффициента эффективности исходной системы MODEL.

Нажав на клавишу INS, вводим результаты расчетов в таблицу элементов. Результаты расчетов заносятся в таблицу с меткой (P).

При необходимости рассчитать новый вариант нужно с помощью клавиши F10 войти в меню операций и осуществить операцию «Сброс модели». После этого заполнить столбец «имя» в соответствии с новой структурой, заполнить остальные столбцы и осуществить счет.

3.3. Лабораторная работа №3

Тема: Определение функции распределения параметров по данным выборки

Цель работы: Приобрести навыки обработки статистической информации с помощью системы «ДИАНА»

3.2.1. Необходимые теоретические сведения

Исходным пунктом любого статистического исследования СВ X является совокупность из n наблюдений, в результате которых величина X принимает значения x_1, x_2, \dots, x_n .

Такая совокупность называется «простой статистической совокупностью» или «простым статистическим рядом».

Эмпирической (выборочной, статистической) функцией распределения случайной величины X называется частота события $X < x$ в данном статистическом материале:

$$F^*(x) = P^*(X < x)$$

Иногда используют название - накопленная частота.

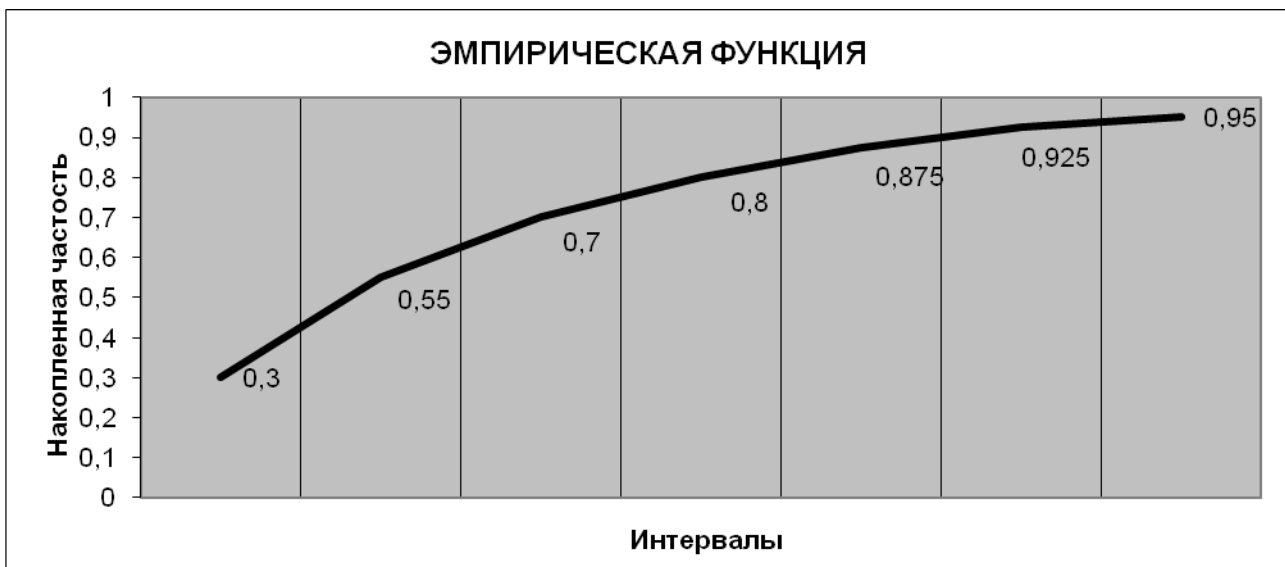


Рис. 3.1. График эмпирической функции распределения

Графическое изображение вариационных рядов в виде гистограммы позволяет получить первоначальное представление о генеральной совокупности.

Вид типовой гистограммы представлен на рис 3.2:

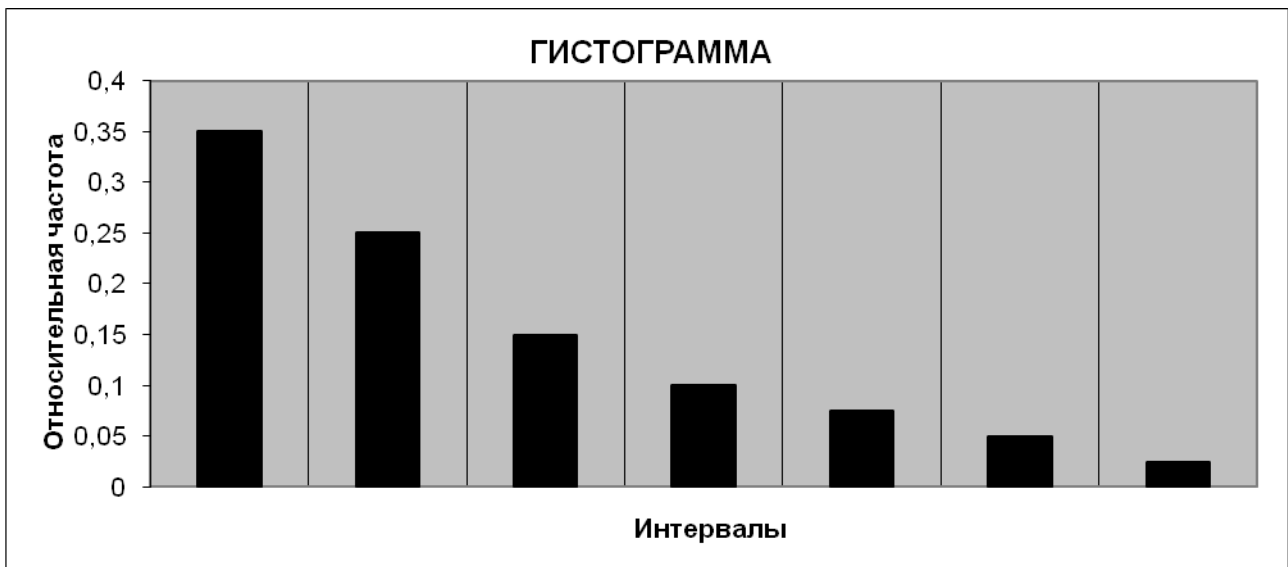


Рис. 3.2. Типовая гистограмма

3.3.2. Первый этап работы. Статистическая обработка результатов наблюдений

Исходной информацией для выполнения первого этапа является статистический ряд результатов наблюдений. Исходные данные получает каждый исполнитель работы.

Статистическая обработка результатов наблюдений заключается в построении эмпирических функций распределения и гистограмм плотностей распределения.

Последовательность действий при выполнении первого этапа работы состоит в следующем.

После запуска системы ДИАНА и вызова меню системы необходимо войти в задачу 3 «Расчет невозстанавливаемых систем» путем установки курсора на эту задачу и нажатия клавиши ENTER. На экране появится таблица элементов. Если появится таблица типов, то переход в таблицу элементов осуществляется нажатием клавиши «таб».

Задание исходной статистической информации производится в окне выборки, для чего следует установить курсор в столбец «Фр» таблицы элементов и нажать клавиши F8 и ENTER. В верхней части экрана появится список функций распределения. Курсор установить в последнюю строку списка «Выборка» и нажать клавишу ENTER. На экране появится окно выборки.

Окно выборки представляет собой текстовый редактор со следующими строками:

- название

- завершенные
- незавершенные.

Если стоит задача выяснить, какому распределению принадлежит исследуемая выборка, то в строку «название» заносится наименование объекта исследования.

В строку «завершенные» заносятся статистические данные исследуемых характеристик. Статистические данные заносятся в виде чисел через пробел.

В строку «незавершенные» заносятся статистические данные по работам, не завершившихся отказом. Правила работы с этой строкой такие же как и с разделом «завершенные».

Построение гистограммы и эмпирической функции распределения работ до отказа производится с помощью команды `ALT \N`. В левой части экрана появляются график эмпирической функции распределения F (в верхней части экрана) и гистограмма плотности распределения f (в нижней части экрана).

Пример результатов статистической обработки результатов наблюдений приведен на рис.3.3.

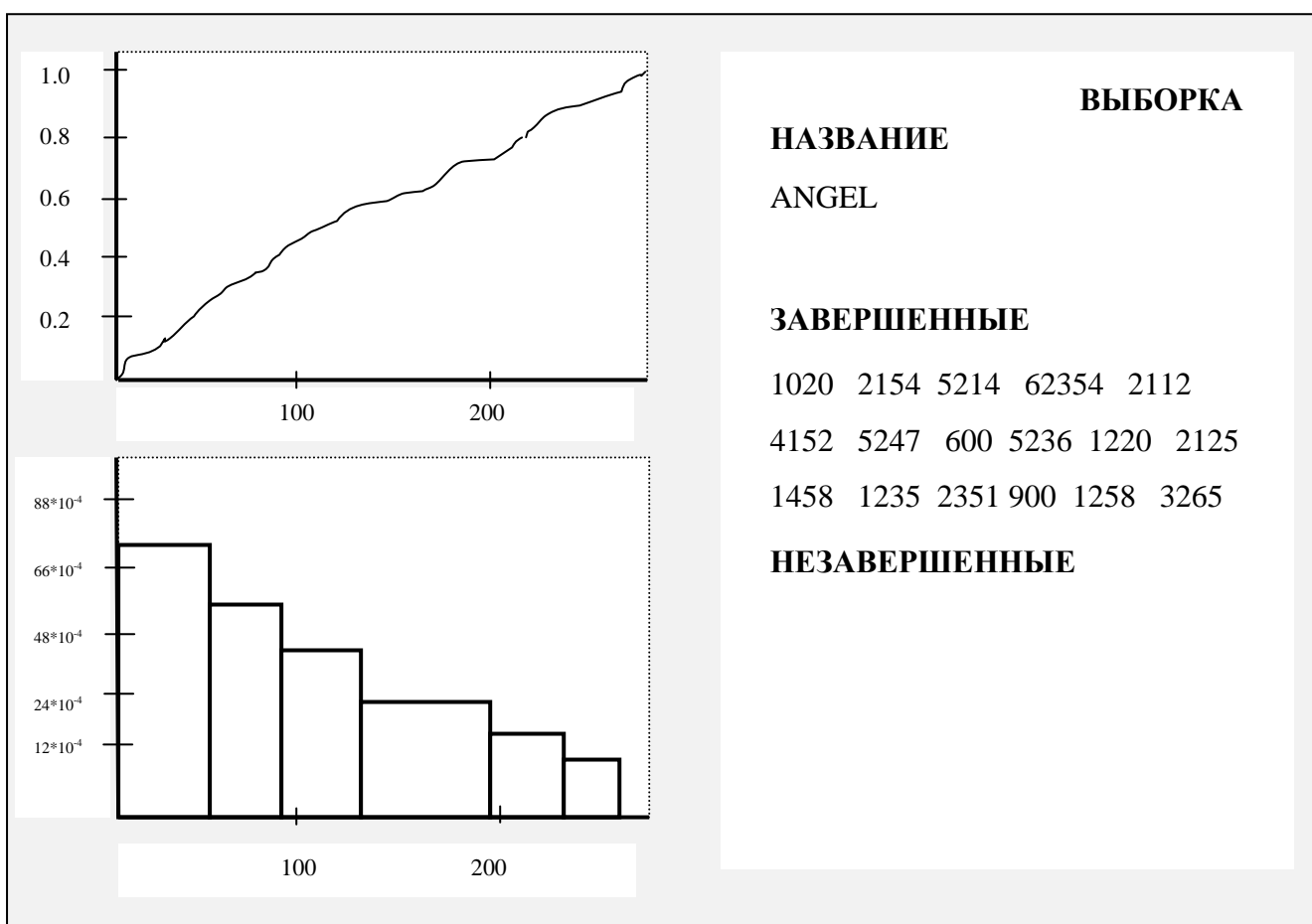


Рис. 3.3. Результаты статистической обработки результатов наблюдений

3.3.3. Второй этап работы. Определение закона распределения величин, полученных в результате наблюдений (измерений).

Целью второго этапа является подбор подходящей функции распределения из имеющихся стандартных типов, которая наилучшим способом аппроксимирует эмпирическую функцию распределения.

Переход в окно аппроксимации производится командой ALT\N после получения гистограммы и эмпирической функции распределения (рис. 3.3).

В правой части экрана будут высвечены возможные функции распределений. Последовательно перебираем каждую функцию распределения, нажимая клавишу ENTER. При этом каждый раз на полученные ранее функции распределения и гистограммы будут наложены графики выбранной теоретической функции. В средней колонке правой части экрана появляется информация о параметрах выбранной функции распределения. В правой колонке - критерии соответствия выбранного теоретического распределения эмпирическим данным.

Эти критерии отражают уровень значимости при проверке гипотезы о характере распределения. Для наглядности под названием функции распределения высвечиваются две линейки, степень светлости которых отражает степень приближения выбранной теоретической функции эмпирическим данным (уровень значимости).

Если уровень значимости меньше 0.01, то светлая линия отсутствует, т.к. несоответствие слишком велико.

Сравнив уровни значимости всех представленных теоретических законов распределения, выбирается тот закон, который наилучшим образом аппроксимирует эмпирические статистические данные.

Пример результатов выполнения второго этапа работы приведен на рис. 3.4.

3.3.4. Варианты заданий

Статистические данные наработки агрегата до отказа (в часах)

1-й вариант

31, 322, 700, 1200, 61, 350, 732, 1302, 92, 377, 776, 1402, 121, 400, 790, 1501, 149, 469, 800, 1600, 180, 509, 868, 1748, 209, 554, 936, 1883, 238, 599, 1003, 2000, 266, 644, 1069, 2200, 295, 688, 1136, 2400.

2-й вариант

46, 483, 1050, 1800, 91, 525, 1098, 1953, 138, 565, 1164, 2103, 181, 600, 1185, 2251, 223, 703, 1200, 2400, 270, 763, 1302, 2622, 313, 831, 1404, 2824, 357, 898, 1504, 3000, 399, 966, 1603, 3300, 442, 1032, 1704, 3600.

3-й вариант

70, 595, 1193, 133, 645, 1279, 178, 742, 1366, 212, 788, 1432, 283, 822, 1497, 317, 856, 1624, 420, 929, 1719, 460, 995, 1863, 500, 1079, 2195, 532, 1126, 2730.

4-й вариант

43, 576, 1180, 127, 638, 1275, 165, 696, 1346, 203, 776, 1393, 278, 803, 1454, 296, 852, 1617, 412, 921, 1709, 449, 995, 1833, 495, 1072, 1968, 514, 1124, 2652.

5-й вариант

250, 930, 1295, 1695, 550, 970, 1300, 1783, 1870, 590, 1020, 1357, 1399, 1400, 700, 1060, 1070, 1455, 2040, 2180, 710, 1116, 1468, 1511, 1380, 800, 1151, 1569, 2422, 832, 840, 1182, 1635, 2649, 890, 1218, 1647, 330, 920, 1255.

6-й вариант

300, 940, 1270, 1750, 600, 1120, 1350, 1830, 1920, 640, 1070, 1400, 1450, 1470, 1200, 1110, 1120, 1500, 2090, 2230, 760, 1170, 1520, 1660, 1430, 1300, 1200, 1620, 2470, 880, 890, 1230, 1640, 2700, 940, 1270, 1700, 380, 970, 1300

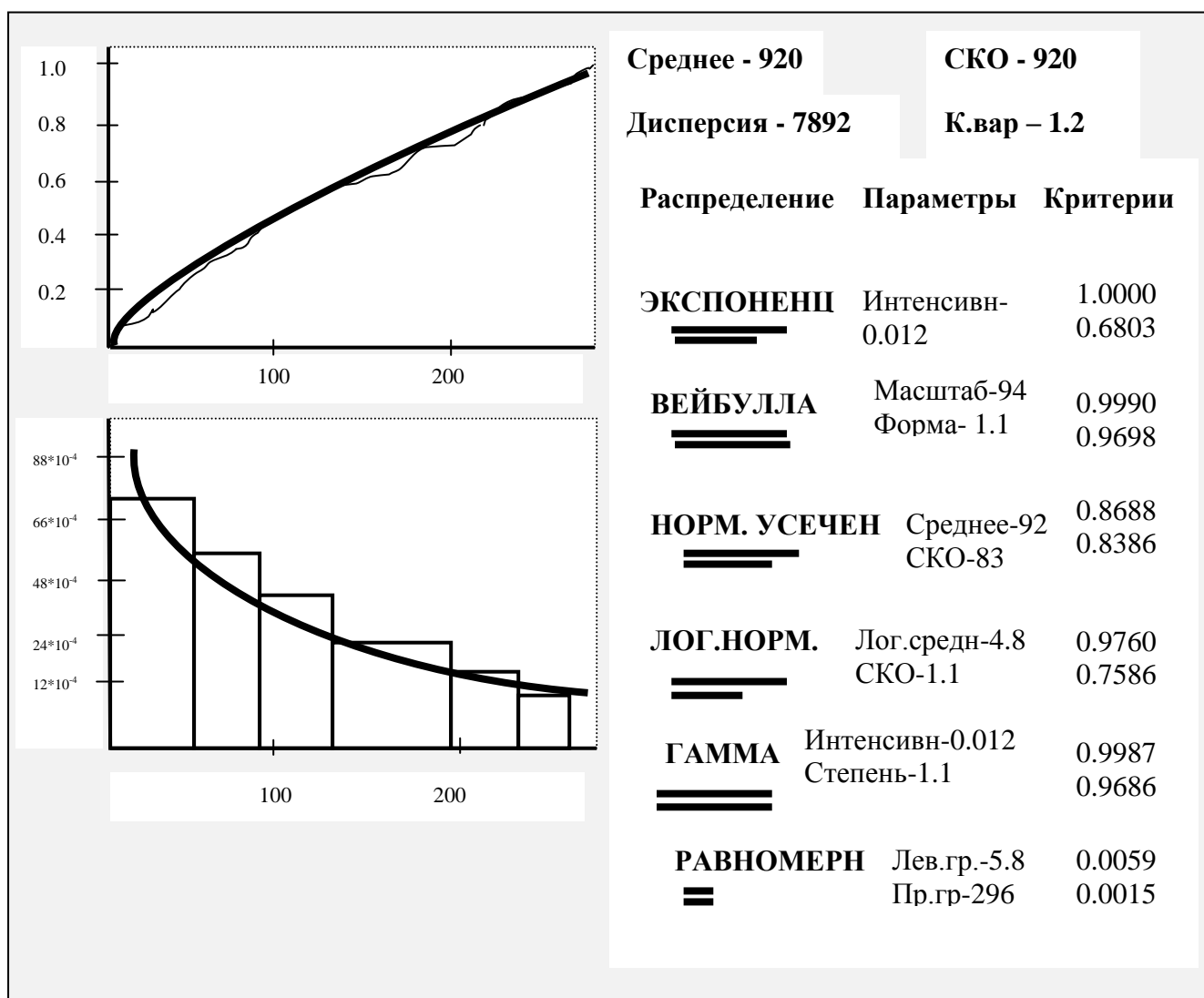


Рис. 3.4. Результаты выполнения второго этапа работы

3.4. Лабораторная работа №4

Тема: Оптимизация резервирования элементов в системе

Цель работы: Приобретение навыков оптимизационного выбора качества структуры одной из систем

3.4.1. Необходимые теоретические сведения

Данная лабораторная работа выполняется с помощью второй позиции меню системы ДИАНА «Оптимальное резервирование (статистическая модель)».

Для обеспечения высокой надежности функциональных систем применяют метод резервирования отдельных ее элементов или блоков (узлов).

Сущность резервирования заключается в установке нескольких параллельных элементов или узлов. При сменном обеспечении надежности путем резервирования из недостаточно надежных элементов можно создать надежную сложную систему.

В то же время при осуществлении резервирования для повышения надежности различных систем возникает проблема «цены» такого повышения. В данном случае под термином «цена» понимается как стоимость, так и возможно такие характеристики как габариты и вес. Последнее может иметь важное значение для бортовых авиационных систем.

В настоящей работе рассматривается случай, когда для повышения надежности элементам придаются дополнительные резервные элементы.

Пусть в системе имеется n элементов, расположенных на различных уровнях иерархии сложной системы со смешанной структурой. В рамках системы ДИАНА резервирование однотипными элементами может быть описано для элемента любого уровня, т.е. зарезервирован может быть не только элемент нижнего уровня, но и любой блок, имеющий подчиненные элементы.

Обозначим через X_i размер резервной группы (количество однотипных резервных элементов) для i – го элемента.

Заметим, что X_i - это не количество резервных элементов, добавленных к основному, а общее количество соединенных параллельно однотипных элементов. Другими словами, если $X_i = 0$, то i – й элемент просто отсутствует, если $X_i = 1$, то этот элемент в структуре есть, но его зарезервировать нельзя, т.к. нет резерва. Если $X_i = 2$, то в резерве один элемент и т.д.

Заметим, что с помощью X_i описывается возможность резервирования только однотипными элементами. В реальных случаях возможно резервирование и элементами другого типа. В ДИАНЕ резервирование описывается через структуру системы с использованием параллельного соединения.

Обозначим через $R(X)$ вероятность отказа системы и через $C(X)$ – «стоимость» системы. Могут быть сформулированы прямая и обратная задача оптимального резервирования.

Прямой задачей оптимального резервирования называется задача условной оптимизации типа

$$\min R(x) \setminus C(x) \leq CO,$$

где $R(x)$ – минимизируемая вероятность отказа;

$C(x)$ – затраты на резерв;

CO – заданные ресурсные ограничения;

$X = (X_1, X_2, \dots, X_k, \dots, X_I)$, где X_k – число элементов в k – й резервной группе, I – общее число резервных групп.

Таким образом, в прямой задаче отыскивается такое распределение резервных элементов X , которое обеспечивает минимум вероятности при заданных ограничениях на суммарные затраты на резервные элементы в системе.

В обратной задаче

$$\min C(x) \setminus R(x) \leq R$$

минимизируются расходы на создание системы при ограничениях на вероятность отказа.

При решении задачи оптимального резервирования в ДИАНЕ одновременно решается как прямая, так и обратная задачи: строится зависимость $R(C)$ с фиксацией тех векторов X , которые соответствуют каждой из точек указанной зависимости.

Построение множества векторов X называется недоминимизируемой последовательностью (НДП).

Вектор X образует точку недоминимизируемой последовательности с координатами $(C(x), R(x))$, если не существует другого вектора Y такого, что $C(x) > C(y)$ и при этом $R(x) \geq R(y)$.

При наличии НДП прямая и обратная задачи решаются автоматически:

- при решении прямой задачи оптимального резервирования ищется такая точка НДП, для которой $C(x) \leq CO$, но уже для следующей точки это условие нарушается;

- при решении обратной задачи оптимального резервирования ищется такая точка НДП Y_1 , для которой выполняется условие $R(Y) \leq RO$, но для предыдущей точки это условие еще не выполнялось.

Задача оптимального резервирования в ДИАНЕ решается в два этапа. Первый этап оптимизации решается методом покоординатного спуска. Пользователь задает C – первую границу стоимости системы. НДП будет построена в диапазоне стоимостей от 0 до CO . Если необходимо решить задачу минимизации стоимости при заданном значении показателя надежности, то задавать величину CO следует с «запасом» так, чтобы нужная точка заведомо попала в НДП.

На первом этапе оптимизации НДП является полной – она содержит только «наиболее существенные» точки. Если точность первого этапа оптимизации пользователя не устраивает, можно перейти ко второму этапу оптимизации, решаемому методом динамического программирования. При этом кроме C необходимо задать еще две величины: максимальное количество точек на элемент и максимальное количество точек на единицу цены. Это дает возможность построить более полную НДП.

3.4.2. Ввод исходных данных для решения задачи

Ввод в задачу выполняется с помощью второй позиции меню системы ДИАНА. На экране появляется текст с описанием задачи.

Каждый студент перед выполнением задачи получает индивидуальный вариант, который включает структурную схему исходной системы, предназначенной для оптимизации методом резервирования, вероятность отказа каждого элемента, входящего в систему и значения «цены» этого элемента. «Цена» блоков, имеющих подчиненные элементы, есть «цена монтажа» блока (не считая «цены» подчиненных элементов).

Необходимые исходные данные для решения задачи заполняются в «таблицу элементов», которая вызывается нажатием клавиши F10. Вторая таблица – «таблица типов» вызывается нажатием клавиши «таб». Обратный вызов первой таблицы осуществляется тем же способом.

В таблице 4.1 приведены параметры исходных элементов, используемых для решения рассматриваемой задачи.

Таблица 4.1

Параметры исходных элементов

Таблица элементов		**MODEL**									
Имя	M	ТИП	Структ	Версть отказа	РЕЗЕРВ					ρ	$(\rho)_{\text{Версть отказа}}$
					min	кол	опт	max	цена		
MODEL		****	ПОСЛ	****	**	**	**	**	**	-	

Значения и порядок заполнения левых столбцов (до столбцов «резерв») описана в п. 2.3.1 настоящих методических рекомендаций.

Разбивка исходной структуры системы на блоки и порядок занесения блоков и элементов в таблицу аналогичен порядку, описанному в задаче №3 Лабораторной работы №1.

Значения столбцов под общим именем «резерв» и порядок их заполнения следующий.

Столбец «резерв min» - ограничение снизу для количества однотипных элементов в резервной системе. Не задается для головной системы «Модель».

Необходимо только в тех случаях, когда производится оптимизация величины резерва (в столбце «резерв опт» стоит «оп»).

Столбец «резерв кол» - количество однотипных резервных элементов в резервной группе. Определяется только для тех элементов, для которых оптимизация резерва не производится. Не задается для головной системы «Модель».

Столбец «резерв max» - ограничение сверху для количества резервных элементов в группе. Необходимо в случае оптимизации размера резерва (в столбце «резерв опт» стоит «оп»). Не задается для головной системы «Модель».

Столбец «резерв опт» - признак оптимизации количества резервных элементов («оп» - оптимизировать, «не» - не оптимизировать). Задается для всех элементов, кроме головной системы «Модель».

Столбец «цена» - цена одного резервного элемента (блока). Для блока, имеющего подчиненные элементы, задается без учета их цены. «Цена» задается для всех элементов, кроме головной системы «Модель».

Столбцы, помеченные знаком «р», предназначены для вывода результатов решения. Если в структуре оптимизируемой системы есть одинаковые элементы, то в таблице типов можно задать их тип (например, «тип 1») и внести в таблицу типов параметры любого из одинаковых элементов. В таблице элементов в этом случае против всех однотипных элементов в столбце «тип» необходимо указать тип элемента, обозначенный в таблице типов. Параметры элементов с обозначенным типом автоматически переносятся из таблицы типов в таблицу элементов.

В таблице 4.2 приведен пример заполнения элементов, используемых для решения рассматриваемой задачи, соответствующей структуре системы, изображенной на рис. 1.4 (см. лабораторную работу №1).

Таблица 4.2

Таблица элементов		**MODEL**									
Имя	М	ТИП	Структ	Версть отказа	РЕЗЕРВ					ρ	(ρ)
					min	кол	опт	max	цена		
MODEL		****	ПОС	****	**	**	**	**	**	-	
• EL1				R1	0		ОП	7	1,4		
• BLA			НАГР		0		ОП	2	0,8		
•• EL2				R2			НЕ		2,2		
•• BLB			ПОС				НЕ		0,4		
••• EL3		ТИП1		R3	0		ОП	3	1,8		
••• EL4		ТИП1		R4	0		ОП	3	1,8		

3.4.3. Решение задачи

До начала счета рекомендуется осуществить синтаксический контроль. Для этого клавишей F10 вызываем меню, выбираем курсором «синтаксический контроль» и нажимаем ENTER. На экране появятся сообщения об ошибках и предупреждения. Ошибки необходимо исправить. Если ошибок нет, то опять вызываем меню, выбираем строчку «счет» и нажимаем ENTER. На экране появляется меню счетного блока (рис. 4.1).

Максимальная цена системы	???
Количество точек на единицу цены	???
Количество точек на элемент	???

Рис. 4.1 Меню счетного блока

Для счета необходимо задать правую границу стоимости степени C (вещественное положительное число). НДС будет строиться в интервале $(0, C)$. Для получения результатов частичного решения (1 –й уровень оптимизации) этого достаточно, и как только будет задана C , меню примет вид (рис. 4.2).

Максимальная цена системы	50
Количество точек на единицу цены	???
Количество точек на элемент	???
Начать 1-й уровень оптимизации	

Рис. 4.2. Меню счетного блока

Можно начать счет, выбрав курсором в меню «начать 1-й уровень оптимизации».

Под частичным решением подразумевается то, что полученная НДС содержит лишь часть точек реальной НДС, а все точки получаются при втором уровне оптимизации.

После выдачи в правой верхней части экрана сообщения «Получены результаты 1-го уровня оптимизации» в меню добавится строчка «начать 2-й уровень оптимизации».

Чтобы перейти ко 2-му уровню оптимизации, необходимо задать количество точек на единицу цены (например, 20) и число точек НДП для одного элемента (например, 75). Счет можно начать, выбрав курсором в меню строку «начать 2-й уровень оптимизации».

3.4.4. Просмотр результатов решения задачи

Для просмотра результатов решения задачи (после первого или второго уровней оптимизации) клавишей ESC возвращаемся в таблицу элементов. В правой части таблицы в столбце с пометкой «р» должны стоять символы «+», означающие наличие результата для соответствующего элемента. Чтобы вызвать на экран эти результаты, поставим курсор в любой строке столбца «р», и нажмем клавишу ENTER. На экран будет выведен график 1-го уровня оптимизации НДП – зависимость вероятности отказа от цены.

Переход к результатам 2-го уровня оптимизации производится путем команды ALT\V. Для вывода графика коэффициента готовности используем команду ALT\I.

Все предыдущие графики выводились в логарифмической шкале. Для вывода графика в линейной шкале используем команду ALT\L.

Для вывода на экран в таблицу распределения размеров резервных групп для оптимальной системы подведем курсор к самой правой на графике НДП точке, которая будет соответствовать минимальной вероятности отказа и максимальной цене, и нажмем INS. Система запросит подтверждения нашего желания занести распределение размеров резервов в таблицу. Подтверждаем это нажатием клавиши ENTER. В таблицу элементов правее столбца «(р) вероятность отказа» будут добавлены два столбца под общим именем «р резерв»: размер резервной группы (столбец «количество») и цена всей резервной группы («цена») с учетом подчиненных элементов. Эти результаты могут быть просмотрены, если войти в таблицу элементов нажатием клавиши «ESC».

Так как на экране вся таблица не помещается, то можно просмотр полученных данных по резервной группе осуществить сдвигом влево от таблицы, или с помощью клавиши F (убрать некоторые столбцы таблицы (например, «м», столбца «резерв» и «вероятность отказа»)).

3.4.5. Оформление отчета по лабораторной работе

Кроме данных, указанных в п. 1.4, в отчет помещаются: структурная схема оптимизируемой системы и ее параметры, результаты оптимизационных расчетов (столбцы «(р) вероятность отказа» и «р резерв», структурная схема оптимизированной системы и выводы по работе.