

## 2.6. Фазовые диаграммы

### 2.6.1. Описание задачи

Фазовые диаграммы предназначены для моделирования успешного выполнения задания, состоящего из нескольких последовательных во времени фаз, в каждой из которых может использоваться одно и то же оборудование, соединенное в различные структурные схемы надежности, и имеющее, возможно, различные характеристики надежности. Эти характеристики определяются режимом работы оборудования в данной фазе.

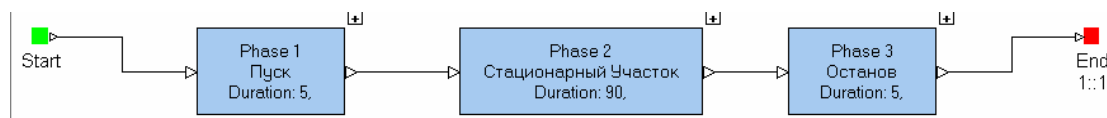
Необходимо рассчитать надежность системы, состоящей из шести компонентов. Для успешной работы системы необходимо успешное выполнение ее назначения в каждой из трех последовательно выполняемых фаз, см. рис. 2.6.1 а. В фазе 1 используются все шесть компонентов, в фазе 2 – четыре компонента (1÷4), в фазе 3 – пять компонентов (1,3,4÷6).

### 2.6.2. Результаты решения на ПК «RELEX»

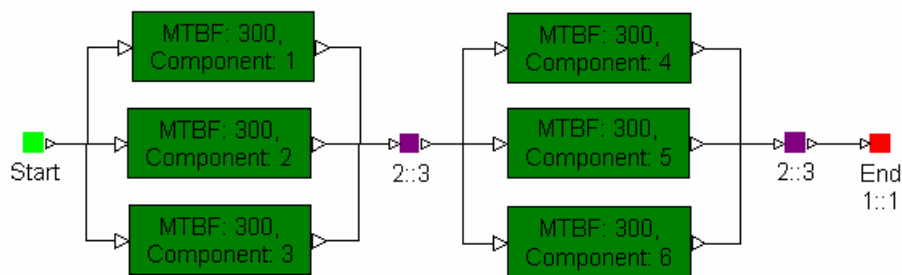
Для решения вышеуказанной задачи предназначено расширение Relex RBD – фазовые диаграммы (Phase Block Diagram – PBD).

На рис. 2.6.1.а приведена фазовая диаграмма, состоящая из 3-х фаз. На рис. 2.6.1.b-d представлены блок-схемы надежности каждой из фаз соответственно.

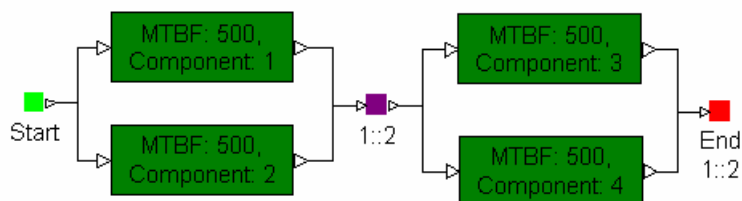
Вся систем состоит из 6 компонентов.



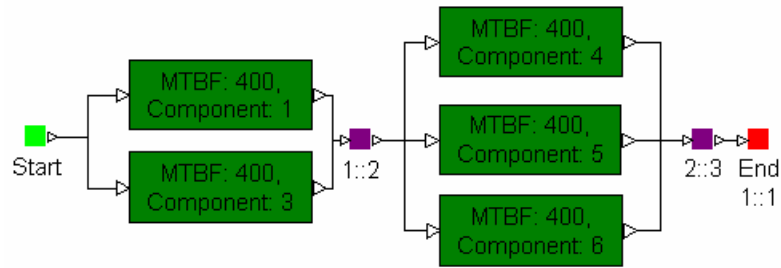
а). Три фазы выполнения задания



б). Блок-схема надежности фазы 1



в). Блок-схема надежности фазы 2



**д). Блок-схема надежности фазы 3**

**Рис. 2.6.1. Фазовая диаграмма**

Расчет проведен для следующих исходных данных:

- средняя наработка до отказа элементов в фазе 1:  $T_i=300\text{ч}$  ( $I=1 \div 6$ );
- средняя наработка до отказа элементов в фазе 2:  $T_i=500\text{ч}$  ( $I=1 \div 4$ );
- средняя наработка до отказа элементов в фазе 3:  $T_i=400\text{ч}$  ( $I=1, 3, 4 \div 6$ ).

Результаты расчета представлены в таблице 2.6.1

**Таблица 2.6.1.**

Фаза	Длительность	Интегральное время	Вероятность успешного выполнения задания на конец фазы
1	5	5	<b>0.998380</b>
2	90	95	<b>0.936214</b>
3	5	100	<b>0.779638</b>

### 2.6.3. Результаты решения на ПК «АСМ»

Методы точного решения задач этого класса в технологии и ПК АСМ в настоящее время не разработаны и не реализованы.

Мы повторили на ПК АСМ СЗМА решение данного примера по методике предложенной специалистами СПбАЭП и получили следующие результаты:

1. первая фаза – **0.998379**;
2. вторая фаза – **0.939485**;
3. третья фаза – **0.781702**.

Эти результаты внешне близки к данным, полученным с помощью ПК Relex RBD фазовые диаграммы (см. табл.2.6.1) и ПК Risk Spectrum (см. вторую часть табл.2). Однако специалисты СПИК СЗМА после изучения существа данной задачи и полученных результатов моделирования на разных ПК пришли к заключению, что методика, предложенная специалистами СПбАЭП, является совершенно некорректной. Примерно одинаковые результаты расчетов в данном примере являются, по нашему мнению, только частным случаем. Поэтому мы не поместили в сводную таблицу результатов решения этой задачи на ПК АСМ СЗМА.

#### 2.6.4. Результаты решения на ПК «RISK SPECTRUM»

Деревья отказов для фазовой диаграммы представлены на рис. 2.6.2.

Расчет проведен для следующих исходных данных:

- средняя наработка до отказа элементов в фазе 1:  $T_i=300\text{ч}$  ( $i=1 \div 6$ );
- средняя наработка до отказа элементов в фазе 2:  $T_i=500\text{ч}$  ( $i=1 \div 4$ );
- средняя наработка до отказа элементов в фазе 3:  $T_i=400\text{ч}$  ( $i=1, 3, 4 \div 6$ ).

Результаты расчета представлены в таблице 2.6.2

Таблица 2.6.2.

Фаза	Длительность	Интегральное время	Вероятность успешного выполнения задания на конец фазы
<b>1</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>0.998394</b>
<b>2</b>	<b>90</b>	<b>95</b>	<b>0.94494</b>
<b>3</b>	<b>5</b>	<b>100</b>	<b>0.94436</b>

Поскольку результаты расчетов вероятности успешного выполнения задания 2 и 3 фаз ПК Risk Spectrum существенно отличаются от аналогичных результатов расчетов ПК "Relex" (**0.936214 – 2 фаза, 0.779638 – 3 фаза**), то было сделано предположение о неверном вводе длительности выполнения 2 и 3 фаз специалистами "Relex" (вместо реального времени длительности фаз 2 и 3 было подставлено интегральное время). Были проделаны аналогичные расчеты для 2 и 3 фаз, но с временем длительности выполнения 2 фазы – 95 часов, а времени длительности выполнения 3 фазы – 100 часов, при неизменной длительности выполнения 1 фазы – 5 часов. Как видно, из представленных ниже расчетов, результаты по обоим ПК существенно сблизились.

Результаты расчетов.

Фаза	Длительность	Интегральное время	Вероятность успешного выполнения задания на конец фазы
<b>1</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>0.998394</b>
<b>2</b>	<b>90</b>	<b>95</b>	<b>0.939</b>
<b>3</b>	<b>5</b>	<b>100</b>	<b>0.769</b>

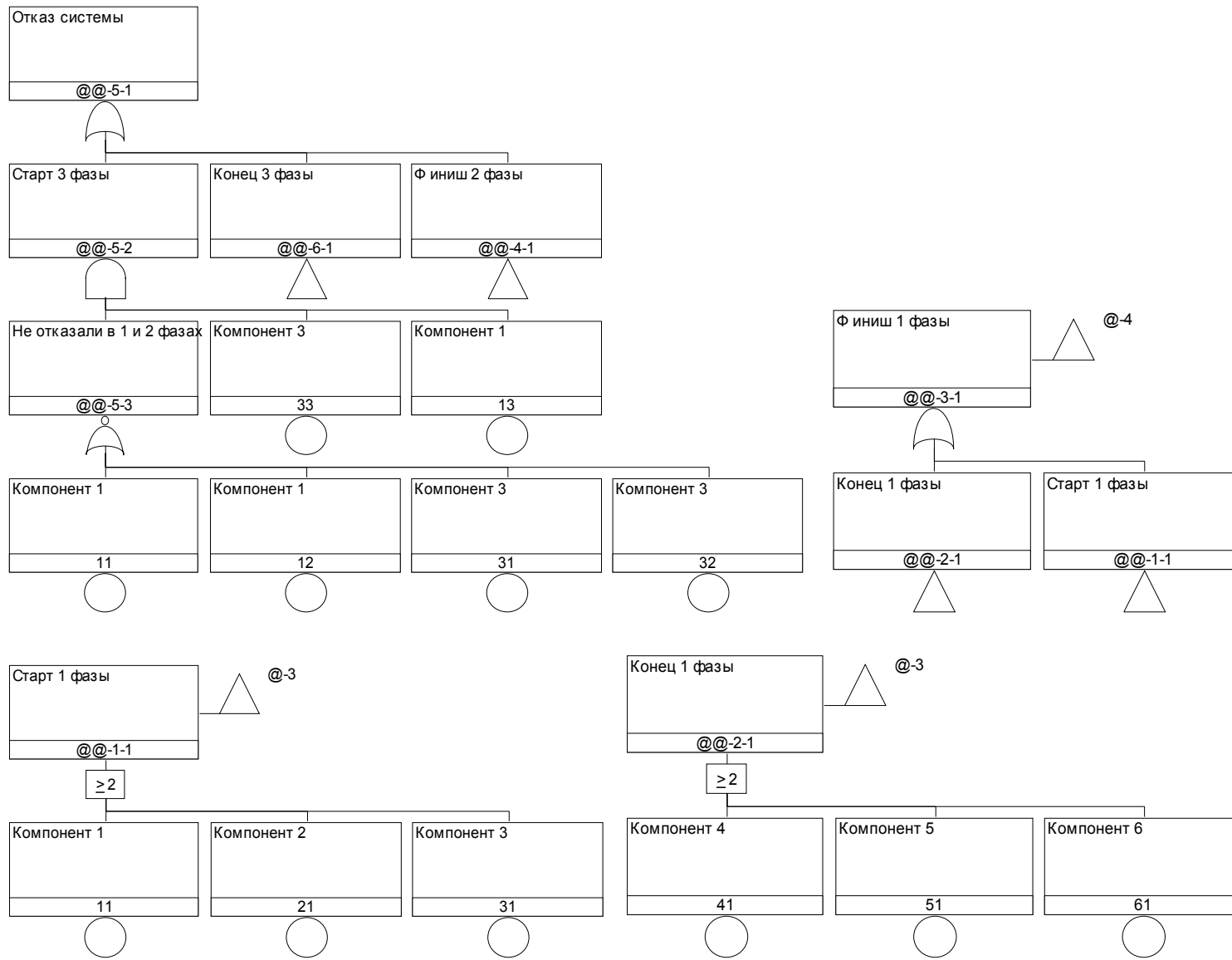


Рис. 2.6.2. Дерево отказов для фазовой диаграммы (начало)

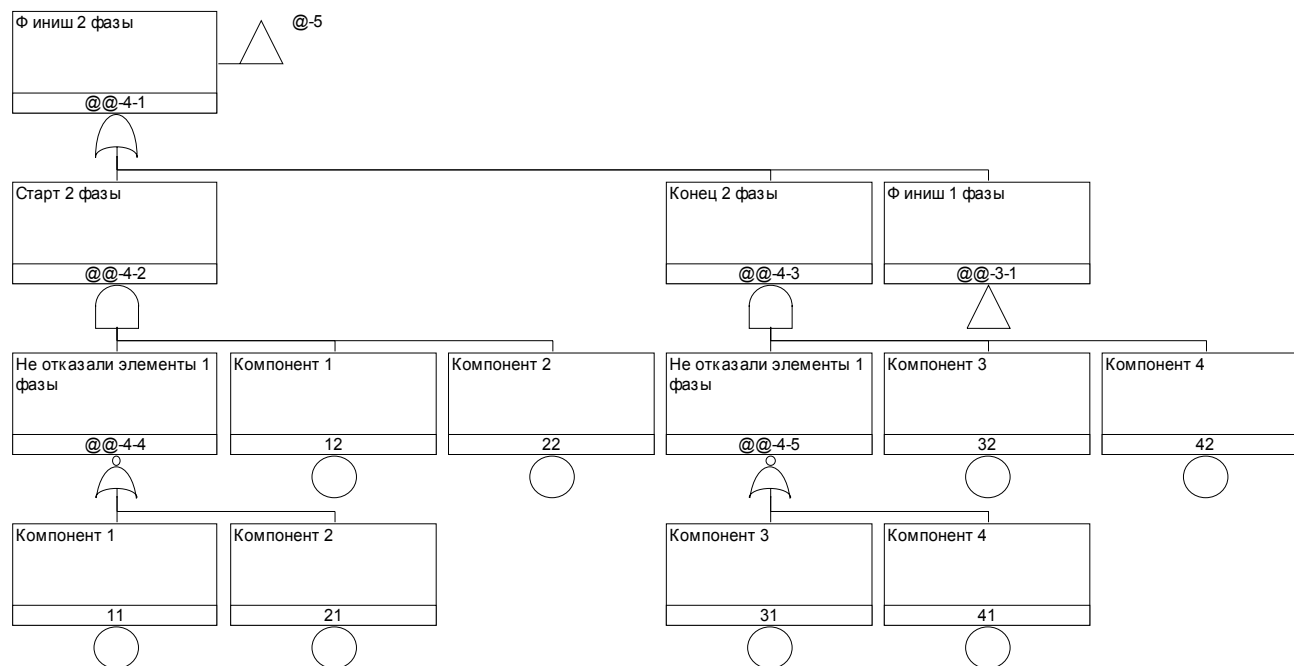


Рис. 2.6.2. Дерево отказов для фазовой диаграммы (продолжение)

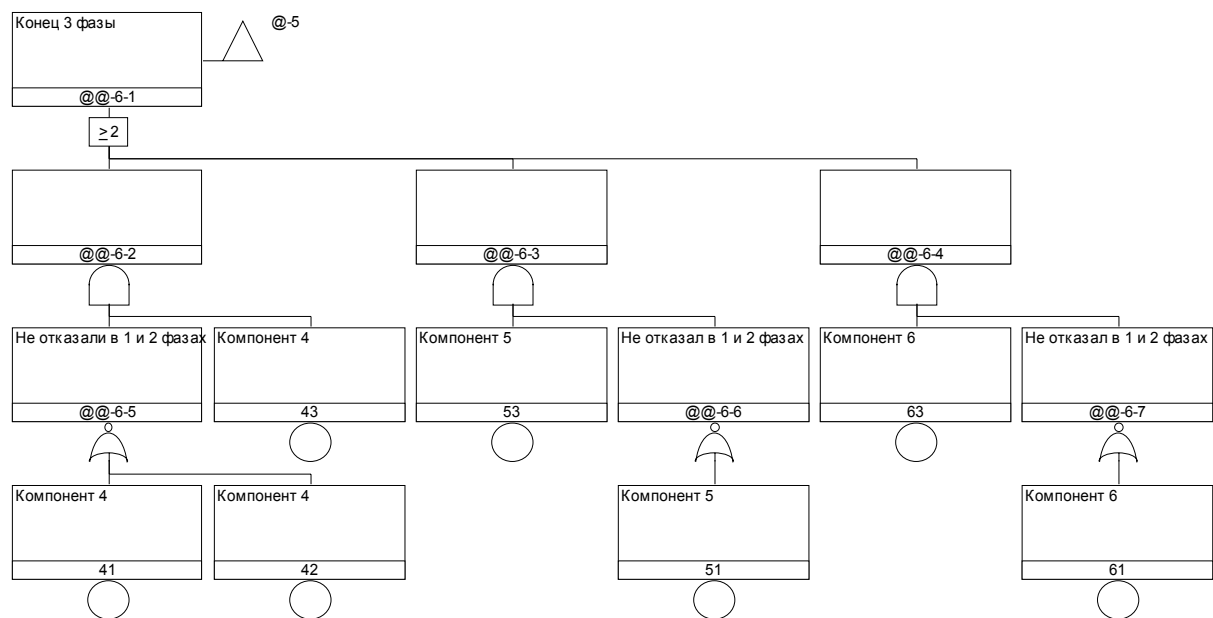


Рис. 2.6.2. Дерево отказов для фазовой диаграммы (конец)

Сводная таблица результатов раздела 2.6. " Фазовые диаграммы "				
Примеры элементов	Характеристики задачи	Результаты моделирования и расчетов		
		Relex Phase Block Diagram	ПК АСМ	Risk Spectrum
1	2	3	4	5
Фаза 1: $T_i=300$ ч ( $I=1 \div 6$ ); Фаза 2: $T_i=500$ ч ( $I=1 \div 4$ ); Фаза 3: $T_i=400$ ч ( $I=1, 3, 4 \div 6$ ).	Вероятность успешного выполнения задания на конец фазы 1	0.998380	не вычисляются	0.998394
	Вероятность успешного выполнения задания на конец фазы 2	0.936214		0.939
	Вероятность успешного выполнения задания на конец фазы 3	0.779638		0.769

## ВЫВОДЫ ПО РАЗДЕЛУ 2.6

### Выводы специалистов ИПУ РАН

Предложенные решения специалистами СПБАЭП неверны (как независимое перемножение результатов расчетов для каждой фазы, так и с интегральным временем). Особенностью этой задачи является нахождение всех возможных распределений на начало каждой фазы и свертка найденных вероятностей успешного окончания фазы с учетом распределений на начало фазы.

### Выводы специалистов ОАО "СПИК СЗМА"

1. Задачи данного класса представляются практически важными и перспективными. Поэтому в СПИК СЗМА планируются исследования по этой теме, направленные на разработку методов их автоматизированного решения и реализации в технологии и ПК АСМ.
2. Мы выражаем сомнение в научной корректности методики решения задач данного класса, предложенной специалистами СПБАЭП.

### Выводы специалистов СПБАЭП

1. Решение задач данного класса обеспечивают только ПК Relex и Risk Spectrum. Однако, не смотря на то, что специалисты СПИК СЗМА не смогли решить рассматриваемую задачу, анализ способов ее решения с помощью других кодов показывает, что она может быть решена и с помощью ПК АСМ. Специалистам СПИК СЗМА необходимо продолжить исследования в данном направлении.

2. Не смотря на то, что с помощью ПК Risk Spectrum данная задача была решена, необходимо отметить, что графическая модель фазовой диаграммы для данного примера значительно сложнее графической модели, построенной в ПК Relex.