

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Вятский государственный университет»  
Факультет автоматики и вычислительной техники  
Кафедра электронных вычислительных машин

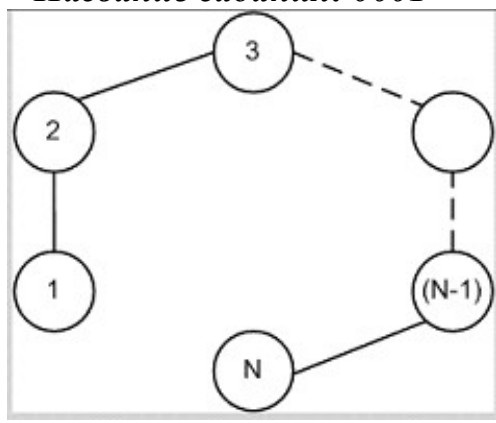
Отчет по лабораторной работе №6 дисциплины  
«Высокопроизводительные вычислительные комплексы»  
Вариант №6

Выполнил студент группы ИВТ-42 \_\_\_\_\_/Рзаев А. Э./  
Проверил преподаватель \_\_\_\_\_/Мельцов В. Ю./

Киров 2019

## Задание №1.

*Название задания: 0001*



Рассчитайте следующие характеристики сети с линейной топологией:

Размер сети, диаметр, порядок узла, число связей, ширина бисекции, симметричность.

Число узлов - 44

*Расчетные формулы / Теоретическое обоснование / Схемы*

$$D = N - 1; d = 2; I = N - 1; B = 1$$

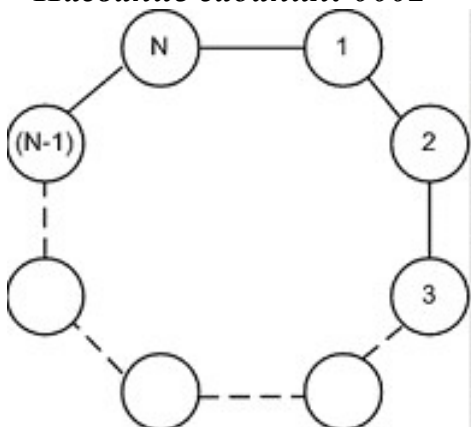
*Решение:*

$$N = 44, \quad D = 43, \quad d = 2, \quad I = 43, \quad B = 1,$$

топология несимметрична

## Задание №2.

*Название задания: 0002*



Рассчитайте следующие характеристики сети с кольцевой топологией:

Размер сети, диаметр, порядок узла, число связей, ширина бисекции, симметричность.

Число узлов - 38

**Расчетные формулы / Теоретическое обоснование / Схемы**

$$D = \min [N/2]; d = 2; I = N; B = 2$$

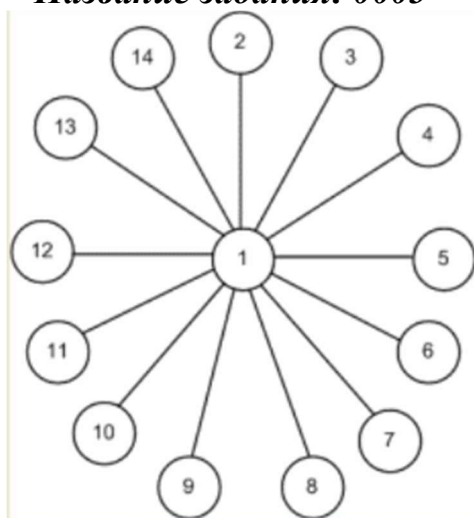
**Решение:**

$$N = 38, \quad D = 19, \quad d = 2, \quad I = 38, \quad B = 2,$$

топология симметрична

**Задание №3.**

**Название задания: 0003**



Рассчитайте следующие характеристики сети с топологией звезда:

Размер сети, диаметр, порядок узла, число связей, ширина бисекции, симметричность.

**Расчетные формулы / Теоретическое обоснование / Схемы**

$$D = 2; d = 1; I = N - 1; B = 1$$

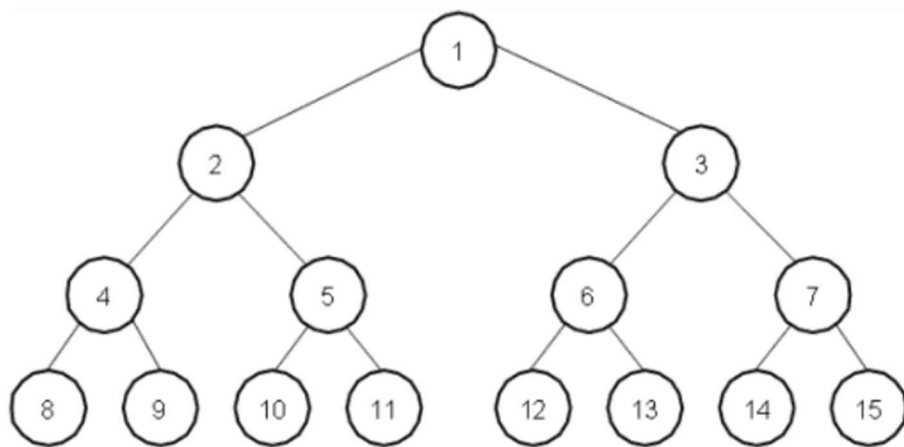
**Решение:**

$$N = 14, \quad D = 2, \quad d = 1, \quad I = 13, \quad B = 1,$$

топология несимметрична

#### Задание №4.

**Название задания: 0004**



Рассчитайте следующие характеристики сети с топологией двоичное дерево:  
Размер сети, диаметр, порядок узла, число связей, ширина бисекции, симметричность.

**Расчетные формулы / Теоретическое обоснование / Схемы**

$$D = 2(h - 1); d = 3; I = N - 1; B = 1,$$

где  $h$  — высота дерева (количество уровней в древовидной сети), определяемая как  $\max[\log_2 N]$ .

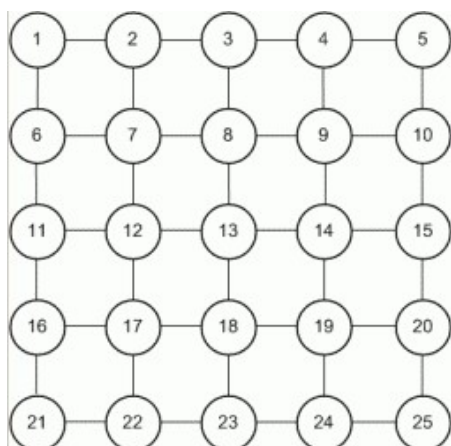
**Решение:**

$$N = 15, \quad D = 6, \quad d = 3, \quad I = 14, \quad B = 1,$$

топология несимметрична

#### Задание №5.

**Название задания: 0005**



Рассчитайте следующие характеристики сети с топологией двумерная решетка:

Размер сети, диаметр, порядок узла, число связей, ширина бисекции, симметричность.

**Расчетные формулы / Теоретическое обоснование / Схемы**

$$D = 2(m - 1); d = 4; I = 2N - 2m; B = m, m = \sqrt{N}$$

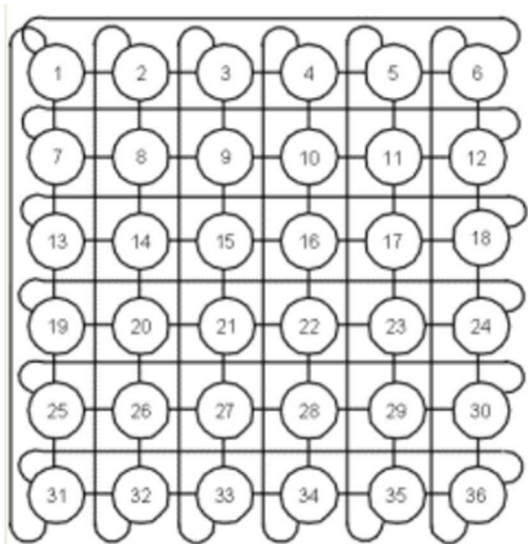
**Решение:**

$$N = 25, \quad D = 8, \quad d = 4, \quad I = 40, \quad B = 5,$$

топология несимметрична

**Задание №6.**

**Название задания: 0006**



Рассчитайте следующие характеристики сети с тороидальной топологией:  
Размер сети, диаметр, порядок узла, число связей, ширина бисекции, симметричность.

**Расчетные формулы / Теоретическое обоснование / Схемы**

$$D = 2\min[m/2]; d = 4; I = 2N; B = 2m, m = \sqrt{N}$$

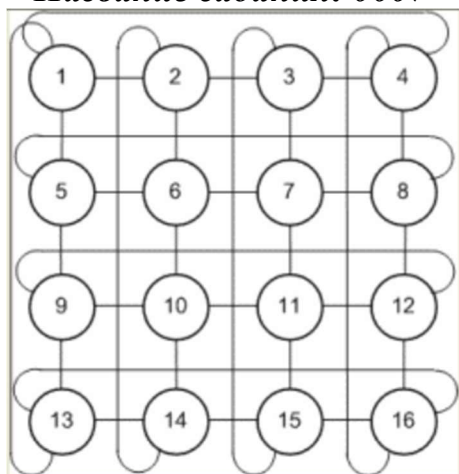
**Решение:**

$$N = 36, \quad D = 6, \quad d = 4, \quad I = 72, \quad B = 12,$$

топология симметрична

### Задание №7.

*Название задания: 0007*



Рассчитайте следующие характеристики сети с витой тороидальной топологией: Размер сети, диаметр, порядок узла, число связей, ширина бисекции, симметричность.

*Расчетные формулы / Теоретическое обоснование / Схемы*

$$D = m - 1; d = 4; I = 2N; B = 2m, m = \sqrt{N}$$

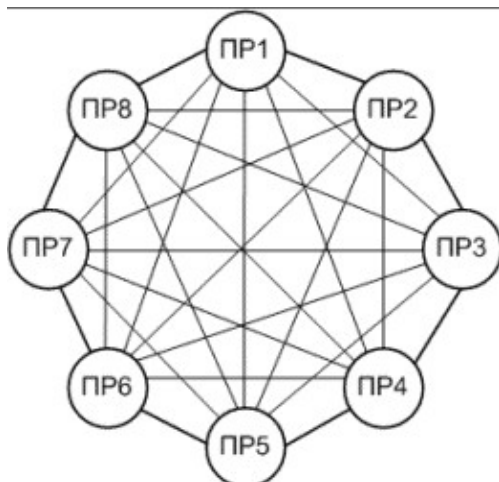
*Решение:*

$$N = 16, \quad D = 3, \quad d = 4, \quad I = 32, \quad B = 8,$$

топология симметрична

### Задание №8.

*Название задания: 0008*



Рассчитайте следующие характеристики сети с полностью связной топологией: Размер сети, диаметр, порядок узла, число связей, ширина бисекции, симметричность.

**Расчетные формулы / Теоретическое обоснование / Схемы**

$$D = 1; d = N - 1; I = N(N - 1) / 2; B = N^2 / 4$$

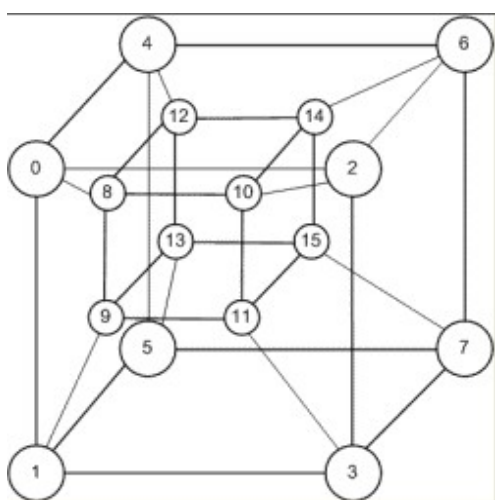
**Решение:**

$$N = 8, \quad D = 1, \quad d = 7, \quad I = 28, \quad B = 16,$$

топология симметрична

**Задание №9.**

**Название задания: 0009**



Рассчитайте следующие характеристики сети с топологией четырехмерный гиперкуб:

Размер сети, диаметр, порядок узла, число связей, ширина бисекции, симметричность.

**Расчетные формулы / Теоретическое обоснование / Схемы**

$$D = m; d = m; I = mN/2, N = 2^m, B = 2^{m-1},$$

где  $m$  – число измерений двоичного куба

**Решение:**

$$N = 16, D = 4, d = 4, I = 32, B = 8, \text{ топология симметрична}$$

## Задание №10

Рассчитайте время решения задачи на ВС с линейной топологией, содержащей 16 процессоров.

Время передачи и обработки процесса одинаково и равно 1с.

Файл Вид Редактирование Параметры Расчёты Задания Помощь

Открыть лаб. работу Сохранить отчёт (Microsoft Word) Загрузить задание из файла...

0002: верно. 0003: верно. 0004: верно. 0005: верно. 0006: верно. 0007: верно. 0008: верно. 0009: верно. 0021: верно. 0022: < >

Рассчитайте время решения задачи на ВС  
с линейной топологией,  
содержащей 16 процессоров

Время передачи и обработки процесса одинаково и равно 1с.

(ответ в виде одного числа)

55

OK

### ***Расчетные формулы / Теоретическое обоснование / Схемы***

В соответствие с заданной топологией производится построение временной диаграммы выполнения процессов на заданных процессорах.

### ***Решение:***

Временная диаграмма выполнения процессов в сети с линейной топологией представлена на рисунке 1.

В соответствии с диаграммой задача выполнится за 56 нс.



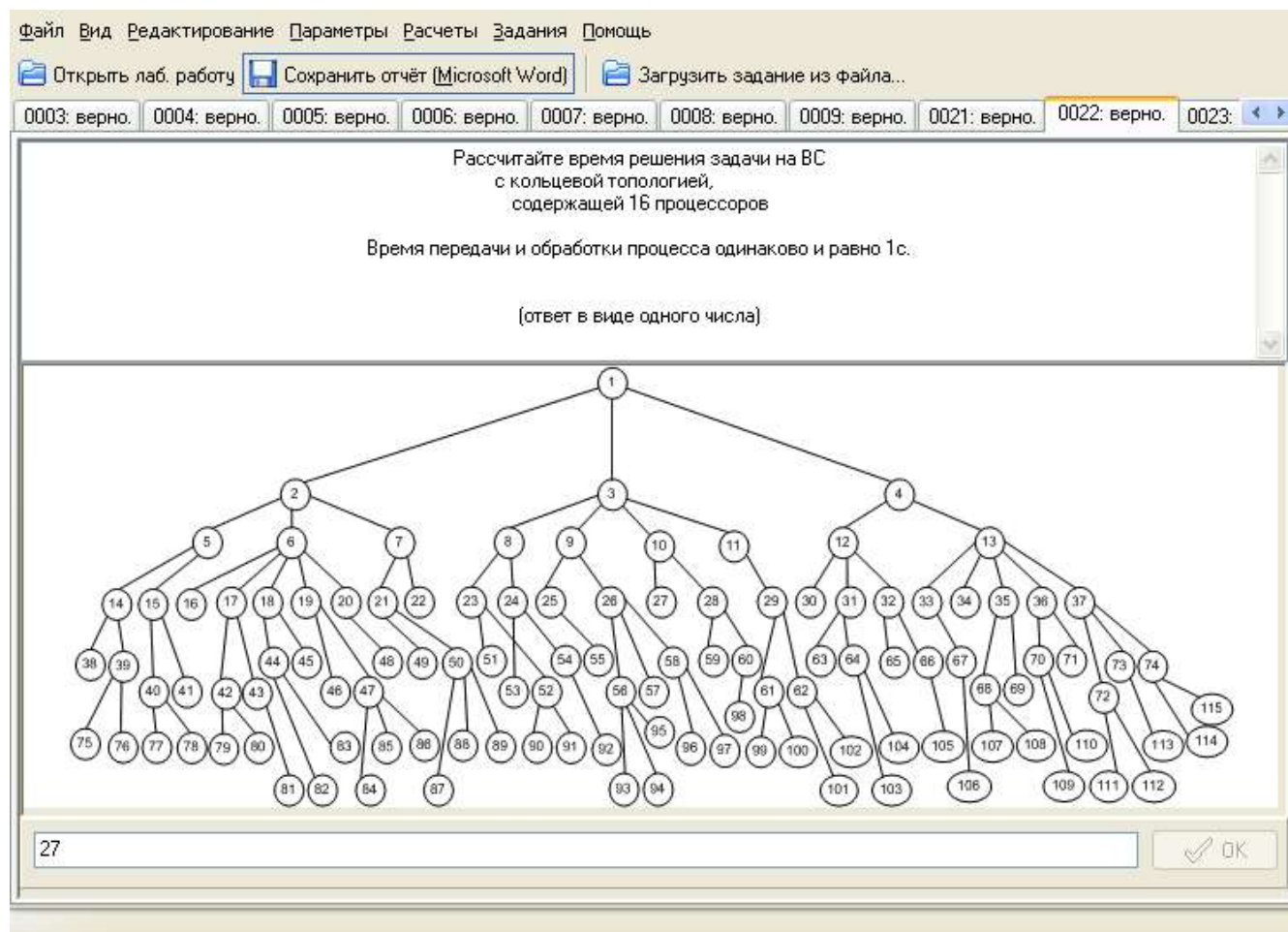


### Задание №11

Рассчитайте время решения задачи на ВС с кольцевой топологией, содержащей 16 процессоров.

Время передачи и обработки процесса одинаково и равно 1с.

$t = 27$



### *Расчетные формулы / Теоретическое обоснование / Схемы*

В соответствии с заданной топологией производится построение временной диаграммы выполнения процессов на заданных процессорах.

#### **Решение:**

Временная диаграмма выполнения процессов в сети с кольцевой топологией представлена на рисунке 2.

В соответствии с диаграммой задача выполнится за 27 нс.



### ***Расчетные формулы / Теоретическое обоснование / Схемы***

В соответствие с заданной топологией производится построение временной диаграммы выполнения процессов на заданных процессорах.

#### ***Решение:***

Временная диаграмма выполнения процессов в сети с топологией двумерная решетка представлена на рисунке 3.

В соответствии с диаграммой задача выполнится за 24 нс.

1	2	5	6	7	14	15	16	17	18	19	20	22	38	40	42	43	46	47	77	79	81	85		
	*		3	8	11	23	24	51	53	54	92	*	21	49	*	41	*	44	82	*	78	*	84	
			*		9	25	55	*	52	90	91	*	97	*	50	87			*	83				
					*		26	56	58	93	95	96				*	88							
	*		4	12	30	31	32	63	64	65	66	103	105	*	39	75	*	45	*	48	*	80	*	86
			*		10	27	*		29	61	99	100	*	104			*	76						
					*		28	59	*	62	101						*	89						
							*		57	*	94													
			*		13	33	36	37	70	71	72	109	110	111										
					*		34	*	67	106	*	73	113	*	112									
							*	60	98	*	102													
					*		35	68	107	108	*	74	114											
							*	69				*	115											

Рисунок 3 – Временная диаграмма работы сети с топологией двумерная решетка

### Задание №13

Рассчитайте время решения задачи на ВС с тороидальной топологией, содержащей 16 процессоров. Время передачи и обработки процесса одинаково и равно 1с.

Файл Вид Редактирование Параметры Расчёты Задания Помощь

Открыть лаб. работу Сохранить отчёт (Microsoft Word) Загрузить задание из файла...

0005: верно. 0006: верно. 0007: верно. 0008: верно. 0009: верно. 0021: верно. 0022: верно. 0023: верно. 0024: верно. 0025: < >

Рассчитайте время решения задачи на ВС  
с тороидальной топологией,  
содержащей 16 процессоров

Время передачи и обработки процесса одинаково и равно 1с.

(ответ в виде одного числа)

15

OK

#### ***Расчетные формулы / Теоретическое обоснование / Схемы***

В соответствие с заданной топологией производится построение временной диаграммы выполнения процессов на заданных процессорах.

#### ***Решение:***

Временная диаграмма выполнения процессов в сети с тороидальной топологией представлена на рисунке 4.

В соответствии с диаграммой задача выполнится за 15 нс.

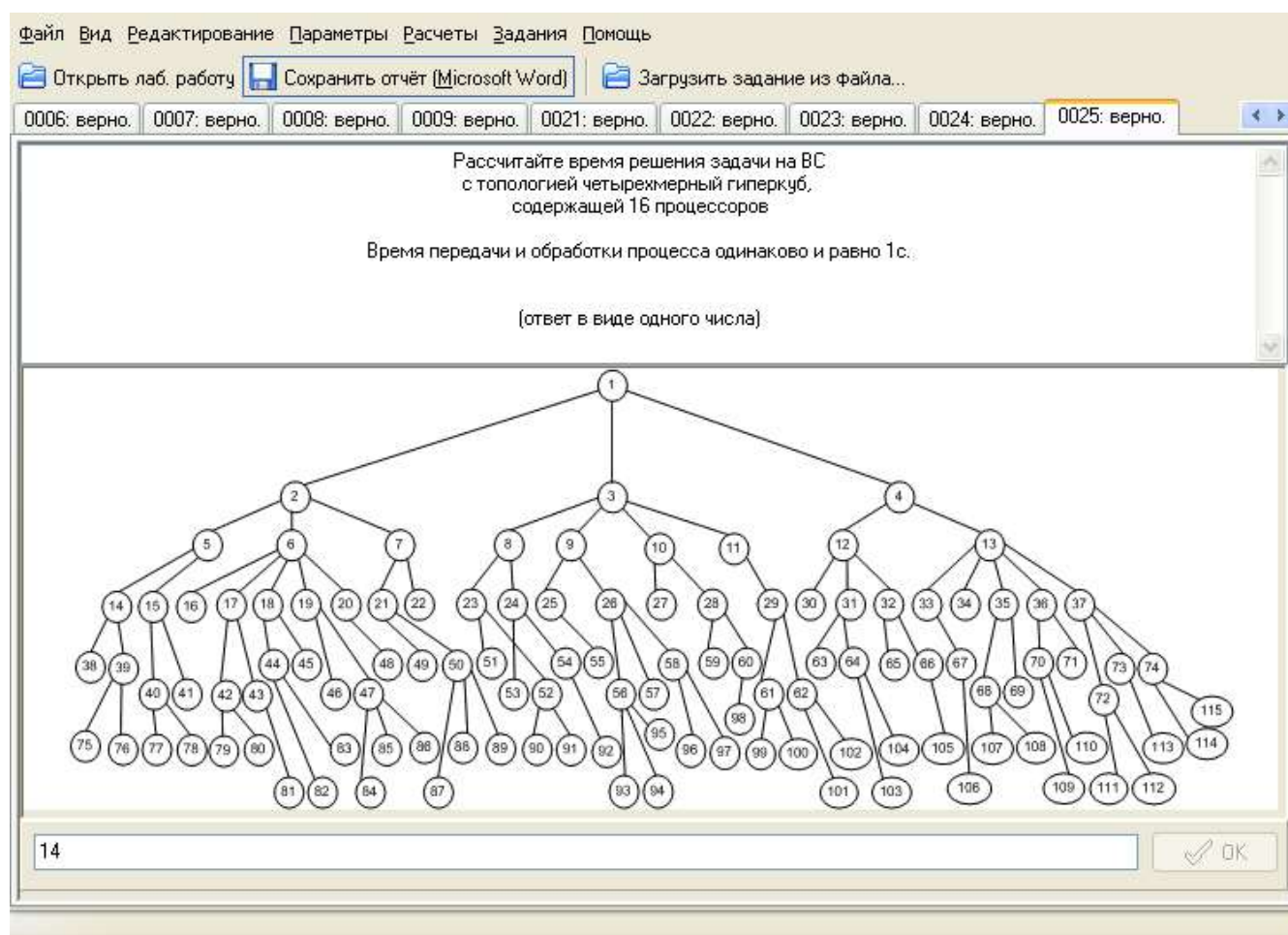
1	2	5	14	15	38	39	40	41	76	78	*	82		
	*	3	8	23	24	51	53	*	75			*	85	
			*	9	25	55	*	54	92	*	96			
	*	4	12	30	32	65	66	105	*	77	*	71	*	109
		*	6	16	18	19	20	44	45	46	48	*	86	
			*	10	27	*	52	90	91	*	47	84		
					*	26	56	58	93	95	97	*	107	
			*	13	33	35	36	67	68	69	70	106	108	110
				*	17	42	43	79	80	81	*	83		
					*	28	59	60	98					
							*	57	*	94				
					*	34	*	37	72	73	111	112	113	
		*	7	21	22	49	50	87	88			*	115	
			*	11	29	61	99	100	*	89				
						*	62	101	102					
				*	31	63	64	103	104	*	74	114		

Рисунок 4 – Временная диаграмма работы сети с тороидальной топологией



### Задание №14

Рассчитайте время решения задачи на ВС с топологией четырехмерный гиперкуб, содержащей 16 процессоров. Время передачи и обработки процесса одинаково и равно 1с.



### ***Расчетные формулы / Теоретическое обоснование / Схемы***

В соответствие с заданной топологией производится построение временной диаграммы выполнения процессов на заданных процессорах.

### ***Решение:***

Временная диаграмма выполнения процессов в сети с топологией гиперкуб представлена на рисунке 5.

В соответствии с диаграммой задача выполнится за 15 нс.

1	2	5	14	15	38	39	40	41	76	78	*	82		
	*	3	8	23	24	51	53	*	75			*	85	
	*	4	12	30	32	65	66	105	*	77	*	71	*	109
			*	9	25	55	*	54	92	*	96			
		*	6	16	18	19	20	44	45	46	48	*	86	
			*	10	27	*	52	90	91	*	47	84		
			*	13	33	35	36	67	68	69	70	106	108	
					*	26	56	58	93	95	97	*	107	
		*	7	21	22	49	50	87	88			*	115	
		*	11	29	61	99	100	*	89					
			*	31	63	64	103	104	*	74	114			
					*	62	101	102						
			*	17	42	43	79	80	81	*	83			
				*	28	59	60	98						
				*	34	*	37	72	73	111	113	*	110	
						*	57	*	94	*	112			

Рисунок 5 – Временная диаграмма работы сети с топологией гиперкуб



## **Выводы:**

В ходе лабораторной работы были рассмотрены различные топологии ВС, выявлены их достоинства и недостатки.

### **Линейная топология:**

Достоинства:

- Простота подключения новых узлов.
- Выгодно использовать в сетях с небольшим количеством узлов.
- Простота реализации.

Недостатки:

- Необходимо использовать отказоустойчивые узлы, иначе в случае отказа одного узла дальнейшая передача сообщения будет невозможна.
- Низкая скорость пересылки сообщения для удаленных узлов.
- Подключение новых узлов снижает быстродействие сети в любом случае.

### **Кольцевая топология:**

Достоинства:

- Повышенная отказоустойчивость сети по сравнению с линейной топологией при незначительном усложнении
- Добавление дополнительных линий связи узлов (хорд) позволяет уменьшать диаметр сети, что позволяет повысить быстродействие при большом количестве узлов.

Недостатки:

- Плохая расширяемость, изменение количества узлов требует демонтажа.
- Несмотря на улучшение относительно линейной топологии, надёжность всё ещё невысока и сильно зависит от отдельных узлов.

### **Звездообразная топология:**

Достоинства:

- Эффективно использовать, когда поток информации идет от нескольких вторичных источников, например, терминалов.
- Простая конструкция конечных узлов.

Недостатки:

- Необходимость в сложном и дорогом концентраторе, который ограничивает пропускную способность, ограничивает подключение новых узлов. Отказ же концентратора, ведёт к отказу всей сети.

### **Древовидная топология:**

Достоинства:

- Простая организация конечных узлов.
- Высокая гибкость и простота расширения.

Недостатки:

- При больших объемах пересылок между несмежными узлами топология мало эффективна.
- Повышенная вероятность затора на высоких уровнях сети, из-за недостаточной пропускной способности прикорневых узлов (частично решается путём организации «толстого дерева»).

### **Решетчатая топология:**

Достоинства:

- Ориентация на обработку различных массивов.
- Высокая надежность, большое количество трактов передачи.
- Большое количество реализаций, ориентированных на различные задачи.

Недостатки:

- В некоторых вариантах высокая избыточность связей.

### **Полносвязная топология:**

Достоинства:

- Минимальный маршрут между любой парой узлов.

Недостатки:

- Несоразмерное увеличение стоимости и сложности реализации сети при добавлении новых узлов, при этом производительность повышается несущественно.

### **Топология гиперкуб:**

Достоинства:

- Удобство расширяемости, поскольку при увеличении измерений добавляются идентичные части.
- Адресация маршрута сообщения ведется путем анализа различия бита в адресе узла, хранящего сообщения и узла назначения. Количество пересылок равно количеству отличающихся бит в адресах текущего и конечного узла.

Недостатки:

- Порядок всех узлов увеличивается при необходимости добавления нового измерения. В N-мерном гиперкубе узел связан с N соседями.

Результаты расчетов характеристик сетей представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Характеристики сетей

Топология	N	D	d	I	B	Симметричность
Линейная	16	15	2	15	1	Нет
Кольцевая	16	8	2	16	2	Да
Звезда	16	2	15	15	1	Нет
Дерево	16	6	3	15	1	Нет
Решетка	16	6	4	24	4	Нет
Тороидальная	16	4	4	32	8	Да
Витой тор	16	3	4	32	8	Да
Полносвязная	16	1	15	120	64	Да
Гиперкуб	16	4	4	32	8	Да

Как показано выше, каждая топология имеет область применения, в которой является оптимальной, однако нет такой топологии, что покрыла бы все возможные потребности позволив полностью отказаться от других.

Наибольший диаметр сети – линейная топология, наименьший – полносвязная. При частой передаче сообщений между удаленными узлами лучше использовать полносвязную топологию, поскольку тракт передачи будет наиболее коротким, однако её реализация экономически нецелесообразна при большом количестве узлов.

Наибольший порядок узла – полносвязная топология, наименьший – линейная и кольцевая. Более низкий порядок узла делает ее дешевле, поскольку упростит организацию коммутации между узлами. Отдельно стоит топология звезда, концентратор которой отличается наибольшим порядком (по числу присоединённых к нему узлов), в то время как конечные узлы напротив обладают порядком 1.

Наибольшее количество каналов у полносвязной топологии, наименьшее – у линейной, дерева и звезды. Более низкое количество каналов обеспечит сети меньшую стоимость, но худшую надёжность.

Наибольшая ширина бисекции у полносвязной топологии, наименьшая – у линейной, дерева и звезды. Сети с большей шириной бисекции более устойчивы к нагрузкам и позволяют организовать одновременную передачу без конфликтов большего числа сообщений.

Для оценки быстродействия сетей необходимо определить время выполнения задач в каждой из них. Сравнительный анализ времени выполнения задачи на 16 процессорах для различных топологий представлен в таблице 2.

Таблица 2 – Время выполнения задач в сетях с разной топологией

Топология	t, с
Линейная	56
Кольцевая	27
Двумерная решетка	24
Тор	15
Гиперкуб	15

Наилучшее время выполнения показали тороидальная топология и гиперкуб, поэтому более эффективно использовать данные топологии. Наибольшее время было затрачено на задачу, выполняемую в сети с линейной топологией, что говорит о неэффективности ее использования при данном числе процессоров.

Для оценки стоимости сетей нужно определить количество связей и сложность коммутации для ее узлов. Наиболее дорогостоящей сетью в соответствии с этими критериями является сеть с полносвязной топологией. Для 16 узлов она имеет 120 каналов, что в несколько раз выше, чем у остальных сетей. Порядок узлов в этой топологии 15, что говорит о необходимости использования коммутаторов для каждого узла. Самыми дешевыми топологиями являются линейная топология и кольцо. Количество каналов для 16 узлов у них минимальное, 15 и 16 соответственно. У топологии звезда и дерево так же 15 каналов, однако порядок

узлов у них более 2, что говорит о необходимости использования коммутаторов, в отличии от линейной и кольцевой топологии, у которых порядок узлов 2.

Определим оптимальную сеть. Для этого необходимо рассчитать параметры производительности  $P$  и стоимости  $S$ . Расчеты производятся для 16 процессоров по формулам:

$$P = \frac{1}{t}, \text{ где}$$

$t$  – время выполнения задач.

$$S = N_{\text{пр}}S_{\text{пр}} + N_{\text{кн}}S_{\text{пр}} + N_{\text{ком}}S_{\text{ком}}, \text{ где}$$

$N_{\text{пр}}$  и  $S_{\text{пр}}$  количество и стоимость процессоров,

$N_{\text{кн}}$  и  $S_{\text{пр}}$  количество и стоимость каналов связи,

$N_{\text{ком}}$  и  $S_{\text{ком}}$  количество и стоимость коммутаторов (для узлов с порядком более 2).

$$K_{\text{опт}} = \frac{P}{S}$$

Примем следующие значения стоимостей: процессор – 15, канал связи – 2, коммутатор – 4.

Результаты расчетов представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Расчеты коэффициентов оптимальности сетей.

Топология	P, 1/с	Коммутаторы	S	$K_{\text{опт}}$
Линейная	0,017857143	нет	270	0,0000661376
Кольцевая	0,037037037	нет	272	0,0001361656
Двумерная решетка	0,041666667	да	352	0,0001183712
Тор	0,066666667	да	368	0,0001811594
Гиперкуб	0,066666667	да	368	0,0001811594

Линейная топология самая дешевая, но наименее оптимальная по коэффициенту.

Наиболее эффективными оказались топологии тор и гиперкуб. Однако при повышении числа узлов количество связей гиперкуба ( $I = N \log_2 N / 2$ ) повышается значительно быстрее чем у тора ( $2N$ ). Расчет стоимостей сетей с топологиями тор и гиперкуб при повышении числа узлов представлен в таблице 4.

Таблица 4 – Расчеты стоимостей топологий при повышении числа узлов с 16 до 64.

Топология	N	I	S
Тор	16	32	368
Гиперкуб	16	32	368
Тор	64	128	1472
Гиперкуб	64	192	1600

Таким образом стоимость сети из 64 узлов с топологией гиперкуб в 1,087 раза выше, чем сети с тороидальной топологией.

При увеличении числа узлов сетей до 64, увеличится и диаметр сети. Диаметр сети с топологией гиперкуб для 64 узлов равен 6 ( $D = \log_2 N$ ), а с топологией тор 8 ( $D = 2 \min [\sqrt{N}]$ ). Производительность сети обратно пропорциональна диаметру, поэтому производительность сети с топологией гиперкуб для 64 узлов в 1,33 раза выше.

В результате при повышении числа узлов до 64, сеть с топологией гиперкуб более дорогостоящая, чем сеть с топологией тор, однако ее производительность выше. С учетом того, что производительность гиперкуба возросла больше, чем стоимость, можно говорить о том, что для 64 узлов топология гиперкуб более оптимальна. Коэффициент оптимальности гиперкуба больше в 1,2234 раза, чем у тора:

$$K_{\text{опт гк}} = \frac{P_{\text{гк}}}{S_{\text{гк}}} = \frac{1,33 P_{\text{тор}}}{1,087 S_{\text{тор}}} = 1,2234 K_{\text{опт тор}}, \text{ где}$$

$K_{\text{опт гк}}, P_{\text{гк}}, S_{\text{гк}}$  – параметры сети с топологией гиперкуб,

$K_{\text{опт тор}}, P_{\text{тор}}, S_{\text{тор}}$  – параметры сети с топологией тор.

Несмотря на более высокую стоимость гиперкуб имеет большее число связей, поэтому сеть с данной топологией более надёжна.

Однако, на практике чаще используется тор, потому что данная топология хорошо подходит для матричных вычислений, которые встречаются довольно часто. Также для топологии тор порядок узла постоянен и равен 4, а у гиперкуба порядок узла растет с увеличением количества узлов сети, что усложняет устройство коммутаторов.