



**Омский
государственный
университет**
им. Ф.М. Достоевского

Моделирование ДКМВ радиосети

**Подготовил:
Студент ОмГУ им. Достоевского Пуцыкович А.А.**

Омск 2024



**Омский
государственный
университет**
им. Ф.М. Достоевского

Целью работы является исследование модели ДКМВ радиосети с различными условиями и алгоритмами расчета.

Пункты выбранной радиосети



№ пункта	Наименование	Координаты		Населённость
		Широта	Долгота	
1	Земля Франца-Иосифа	80,62	58,03	0
2	Белушья Губа (Новая Земля)	71,53	52,33	1972
3	Рогачёво (Новая Земля)	71,6	52,4	330
4	Ямальский район	70,2	72,5	0
5	Диксон (Краснодарский край)	73,5	80,5	319
6	Караул (Краснодарский край)	71,7	83,6	781
7	Усть-Авам (Краснодарский край)	71,12	92,82	339
8	Хатанга (Краснодарский край)	72,83	105,1	2645
9	Жилиндийский национальный наслег (Якутия)	70,13	113,1	0
10	Усть оленек (Якутия)	72,98	119,8	27
11	Кюсюр (Якутия)	70,68	127,4	1345
12	Усть-Куйга (Якутия)	70	135,6	668
13	Юкагир (Якутия)	71,77	139,8	128
14	Русское Устье (Якутия)	71,13	149,3	118
15	Остров Врангеля	70,98	178,5	0

Таблица 1. Пункты выбранной радиосети.

Карта радиосети

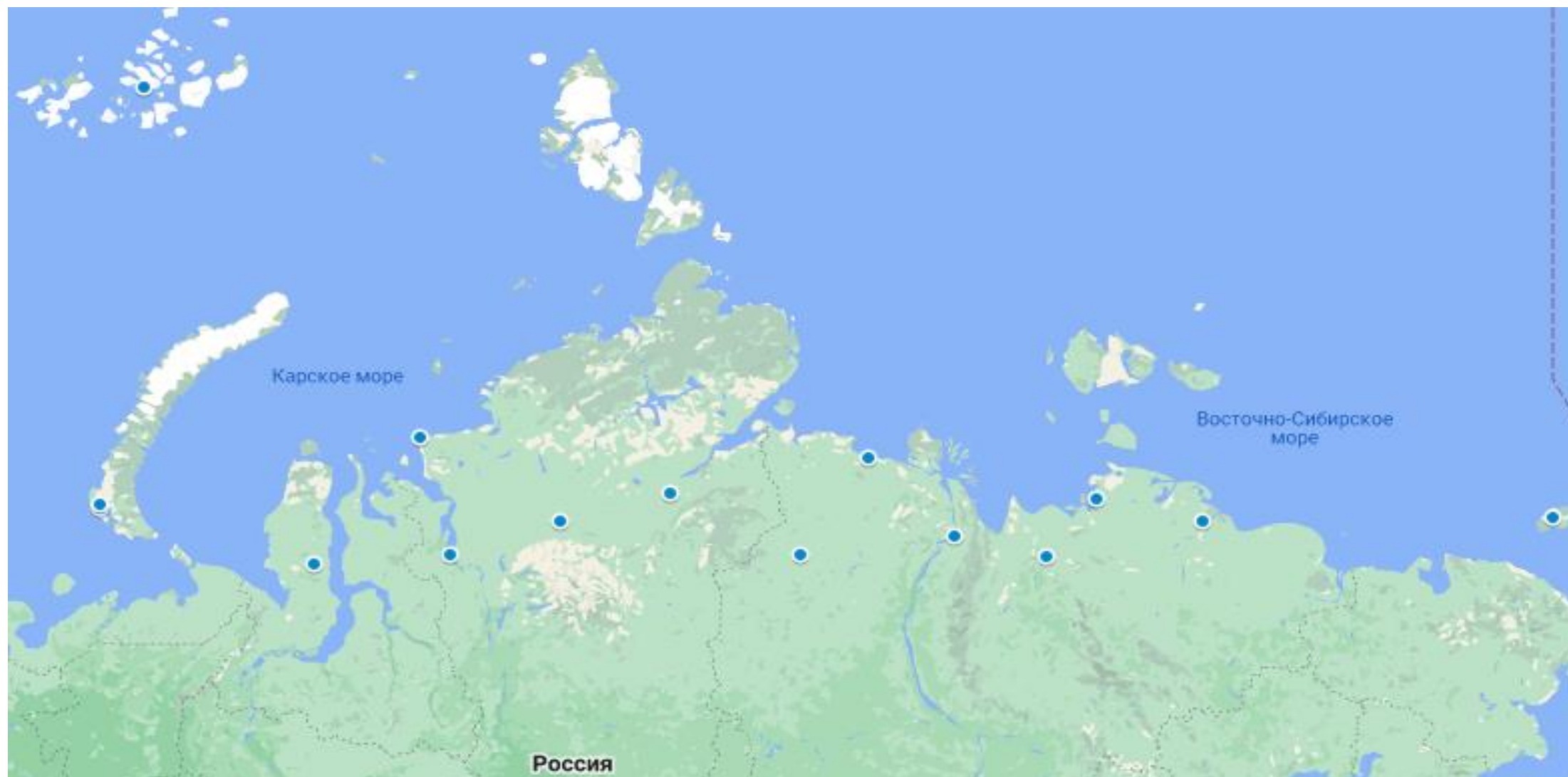


Рисунок 1. Расположение населенных пунктов на карте.

Скорости для условия 1



		Широта	80,62	71,53	71,6	70,2	73,5	71,7	71,12	72,83	70,13	72,98	70,68	70	71,77	71,13	70,98
		Долгота	58,03	52,33	52,4	72,5	80,5	83,6	92,82	105,1	113,1	119,8	127,4	135,6	139,8	149,3	178,5
Широта	Долгота		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
80,6167	58,033	1		12,8	12,8	14,4	12,8	12,8	12,8	12,8	11,2	9,6	11,2	11,2	11,2	9,6	6,4
71,5333	52,333	2				14,4	12,8	12,8	12,8	11,2	11,2	11,2	9,6	6,4	6,4	3,2	8,0
71,6	52,4	3				14,4	12,8	12,8	12,8	11,2	11,2	11,2	9,6	6,4	6,4	3,2	8,0
70,1667	72,517	4					4,8	6,4	12,8	12,8	12,8	11,2	11,2	11,2	9,6	8,0	8,0
73,5	80,533	5						3,2	12,8	12,8	12,8	12,4	11,2	11,2	11,2	9,6	4,8
71,7	83,55	6							3,2	12,8	12,8	12,8	12,8	11,2	11,2	11,2	4,8
71,1167	92,817	7								3,2	12,8	12,8	12,8	12,8	11,2	11,2	6,4
72,8333	105,08	8									4,8	3,2	12,8	12,8	12,8	12,8	9,6
70,1333	113,08	9										3,2	12,8	12,8	12,8	12,8	11,2
72,9833	119,82	10											3,2	12,8	12,8	12,8	11,2
70,6833	127,37	11												3,2	4,8	12,8	11,2
70	135,55	12													2,4	6,4	12,8
71,7667	139,83	13														3,2	12,8
71,1333	149,28	14															12,8
70,9833	178,48	15															

Таблица 2. Расчетные значения скорости в Кбит\с для условия 1.

Скорости для условия 2



		Широта	80,62	71,53	71,6	70,2	73,5	71,7	71,12	72,83	70,13	72,98	70,68	70	71,77	71,13	70,98	
		Долгота	58,03	52,33	52,4	72,5	80,5	83,6	92,82	105,1	113,1	119,8	127,4	135,6	139,8	149,3	178,5	
Широта	Долгота		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
80,6167	58,033	1		3,2	4,8	4,8	3,2	1,0	0	0	2,4	0	3,2	2,4	3,2	2,4	1,0	
71,5333	52,333	2				12,8	2,4	2,4	0	3,2	3,2	3,2	1,6	1,0	1,0	1,0	0	
71,6	52,4	3				12,8	2,4	2,4	0	3,2	3,2	3,2	1,6	1,0	1,0	1,0	0	
70,1667	72,517	4					2,4	2,4	2,4	1,0	0	0	8,0	3,2	2,4	1,6	0	
73,5	80,533	5						0	1,6	2,4	1,0	0	0	3,2	3,2	3,2	1,0	
71,7	83,55	6							0	1,6	1,0	0	0	0	3,2	3,2	1,0	
71,1167	92,817	7								0	2,4	1,6	1,0	0	0	0	1,0	
72,8333	105,08	8									0	0	2,4	1,6	1,6	0	3,2	
70,1333	113,08	9										0	2,4	3,2	2,4	1,6	6,4	
72,9833	119,82	10												1,0	2,4	2,4	2,4	0
70,6833	127,37	11													0	2,4	3,2	0
70	135,55	12														0	4,8	1,0
71,7667	139,83	13															2,4	1,6
71,1333	149,28	14																3,2
70,9833	178,48	15																

Таблица 3. Расчетные значения скорости в Кбит\с для условия 2.

Скорости для условия 3



		Широта	80,62	71,53	71,6	70,2	73,5	71,7	71,12	72,83	70,13	72,98	70,68	70	71,77	71,13	70,98
		Долгота	58,03	52,33	52,4	72,5	80,5	83,6	92,82	105,1	113,1	119,8	127,4	135,6	139,8	149,3	178,5
Широта	Долгота		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
80,6167	58,033	1		9,6	9,6	11,2	9,6	6,4	4,8	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	1,6
71,5333	52,333	2				14,4	8,0	8,0	6,4	4,8	3,2	3,2	3,2	2,4	3,2	2,4	0
71,6	52,4	3				14,4	8,0	8,0	6,4	4,8	3,2	3,2	3,2	2,4	3,2	1,6	0
70,1667	72,517	4					6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	4,8	4,8	3,2	3,2	3,2	0
73,5	80,533	5						1,6	6,4	6,4	6,4	6,4	4,8	4,8	4,8	4,8	1,0
71,7	83,55	6							3,2	6,4	6,4	6,4	6,4	4,8	4,8	3,2	0
71,1167	92,817	7								6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	4,8	6,4	1,0
72,8333	105,08	8									6,4	6,4	8,0	8,0	8,0	8,0	3,2
70,1333	113,08	9										6,4	8,0	9,6	9,6	9,6	3,2
72,9833	119,82	10											6,4	9,6	9,6	9,6	6,4
70,6833	127,37	11												6,4	9,6	11,2	6,4
70	135,55	12													4,8	11,2	8,0
71,7667	139,83	13														9,6	9,6
71,1333	149,28	14															9,6
70,9833	178,48	15															

Таблица 4. Расчетные значения скорости в Кбит\с для условия 3.

Блок-схема

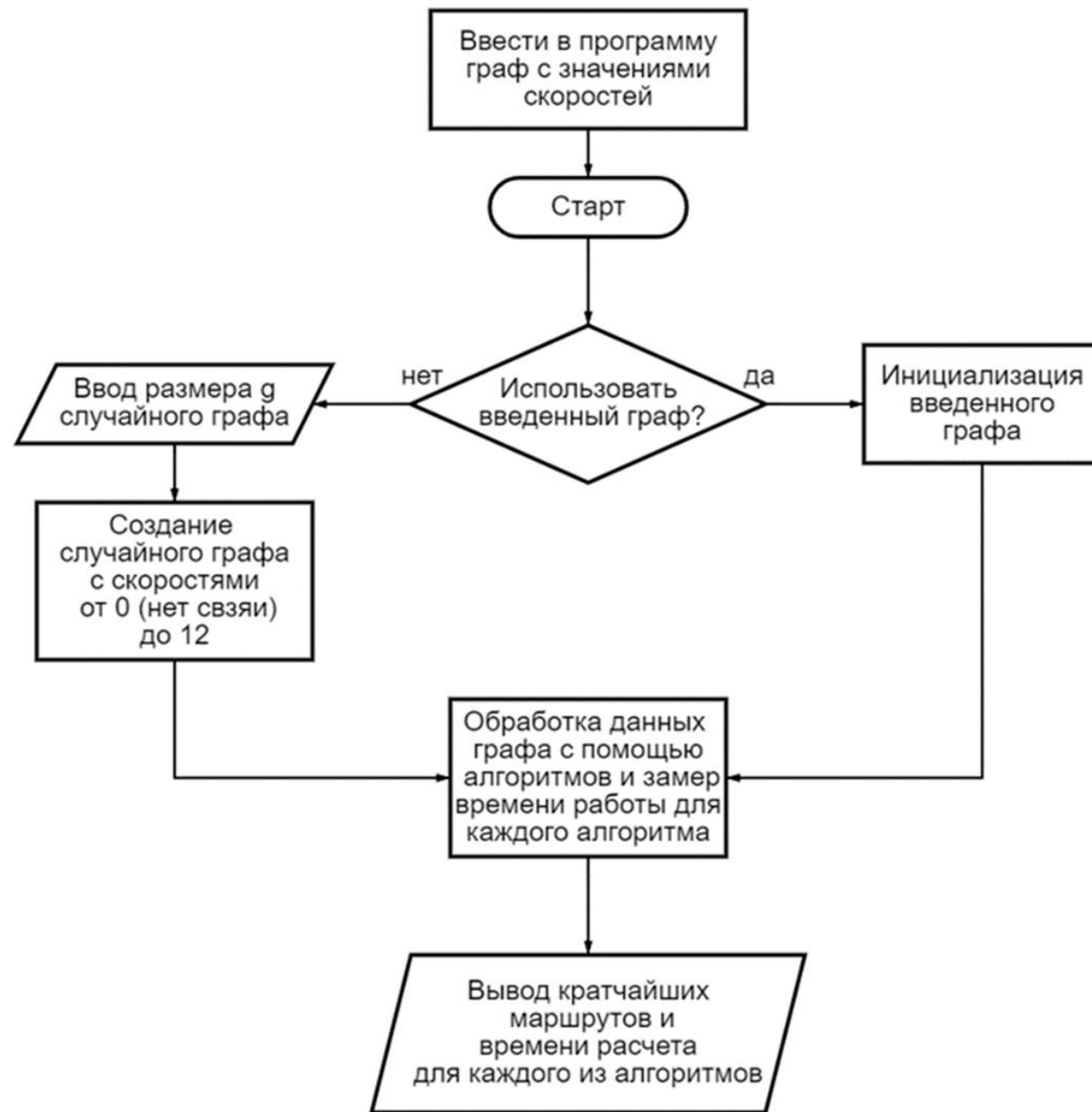


Рисунок 2. Блок-схема программы.

Оптимальные маршруты



Широта	80,62	71,53	71,6	70,2	73,5	71,7	71,12	72,83	70,13	72,98	70,68	70	71,77	71,13	70,98
Долгота	58,03	52,33	52,4	72,5	80,5	83,6	92,82	105,1	113,1	119,8	127,4	135,6	139,8	149,3	178,5
Пункт	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1		+/4/+	+/+/+	+/+/+	+/+/+	+/13/+	+/4/+	+/3/4	+/+/4	+/+/5	+/+/4	+/+/+	+/+/+	+/+/+	+/9/5,10
2			4/4/4	+/+/+	+/+/+	+/+/+	+/4/+	+/+/+	+/+/4	+/+/4	+/4/+	+/4/7	+/4/+	8/4,11/7	+/9/13
3				+/+/+	+/+/+	+/+/+	+/4/+	+/+/+	+/+/4	+/+/4	+/4/+	+/4/7	+/4/+	8/4,11/7	+/9/13
4					1/+/+	1/+/+	+/+/+	+/2/+	+/2/4	+/2/+	+/+/+	+/+/9	+/+/9	+/11/9	+/2,9/10
5						1/13/2	+/+/+	+/+/+	+/12/+	+/12/+	+/4/+	+/+/+	+/+/+	+/+/+	9/14/10
6							1/4/2	+/+/+	+/13/+	+/13/+	+/4/+	+/14/+	+/+/+	+/+/11	9/14/10
7								1/4,2/+	+/+/+	+/+/+	+/4/+	+/4/+	+/4/+	+/4,11/+	+/9/14
8									4/15/+	6/2/+	+/+/+	+/+/+	+/+/+	+/15/+	+/+/13
9										6/2/+	+/+/+	+/+/+	+/+/+	+/15/+	+/+/13
10											6/4,2/+	+/+/+	+/+/+	+/+/+	+/14/+
11												7/4/+	8/+/+	+/+/+	+/9/+
12													8/5/14	+/+/+	+/9/+
13														8/+/+	+/9/+
14															+/+/+
15															

Таблица 5. Транзитные узлы для оптимальных маршрутов между узлами.

Анализ радиосети



Условия	Напрямую	1 ретранслятор	2 ретранслятора
1. 22 декабря W=20	87 (83,1%)	18 (16,9%)	0
2. 22 июня W=100	53 (50,47%)	46 (43,8%)	6 (5,71%)
3. 22 марта W=75	74 (70,47%)	30 (28,57%)	1 (0,95%)

Таблица 6. Количество транзитных узлов для оптимальных маршрутов.

Время работы алгоритмов



Размер графа	Время работы Дейкстры	Время работы Беллмана-Форда	Время работы Флойда-Уоршелла
50	0,01 сек.	0,140 сек.	0,120 сек.
100	0,067 сек.	2,134 сек.	1,847 сек.
150	0,220 сек.	10,60 сек.	9,259 сек.
200	0,460 сек.	33,81 сек.	29,82 сек.
500	7,758 сек.	23,749 мин.	20,232 мин.
1000	62,751 сек.	6,417 часов	5,696 часов
2000	468,104 сек.	1,696 дней	1,484 дней

Таблица 7. Время работы алгоритмов.

График зависимости

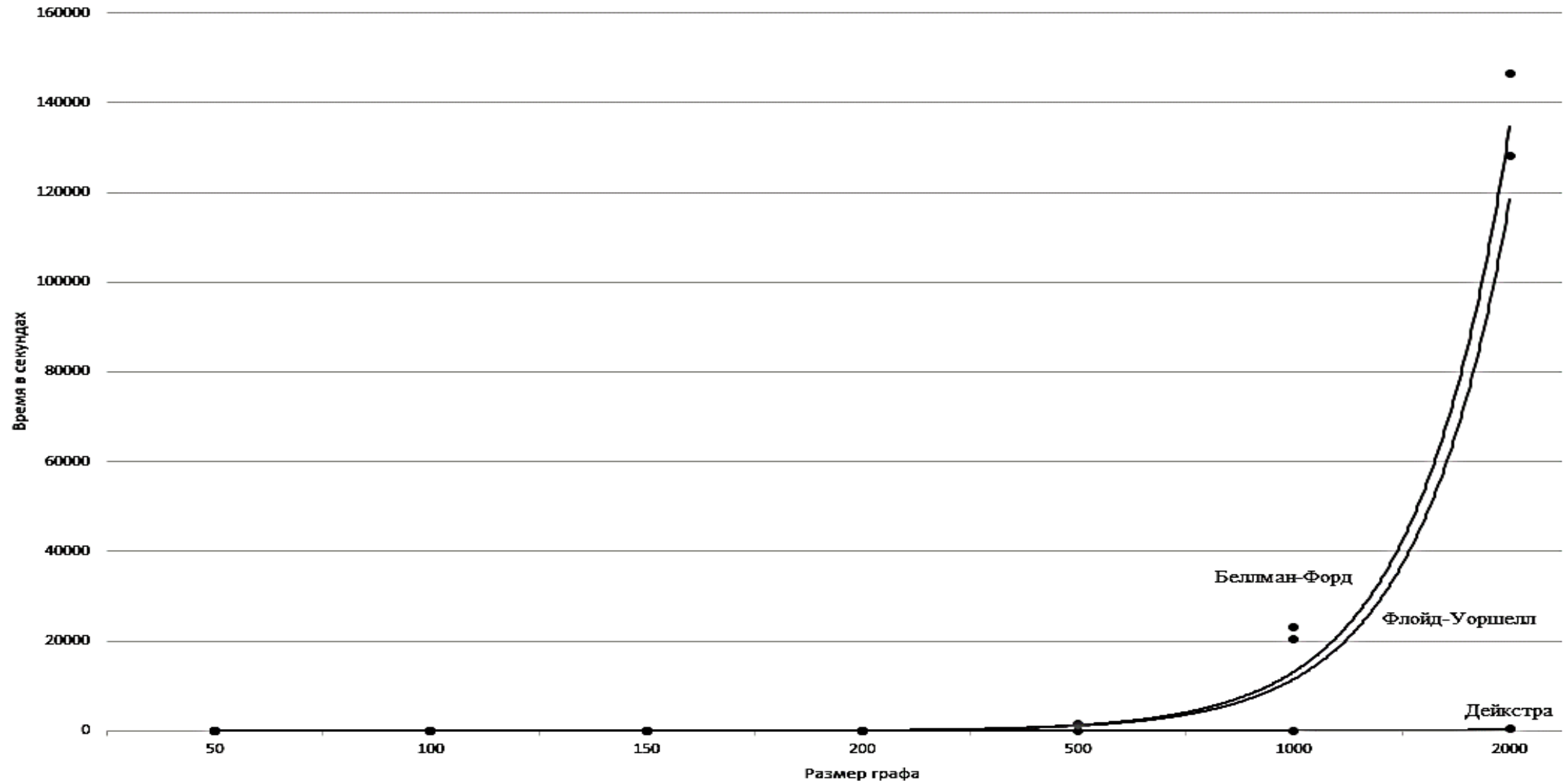


Рисунок 3. График зависимости времени работы алгоритма от размера графа

Заключение



В работе проведено сравнение скорости связи в промежутках с низкой и высокой солнечной активностью. Показана изменчивость маршрутов в карте радиосети под влиянием солнечной активности на ионосферную связь с значением в 20, 75 и 100. Был произведен расчет для большого количества точек, который показал, что при задаче моделирования радиосети алгоритм Дейкстры является наиболее предпочтительным выбором.

Список литературы



1. В.А. Березовский, И.В. Дулькейт, О.К. Савицкий. Современная декаметровая радиосвязь: оборудование, системы и комплексы. 2011. – 441 с.
2. Ашаева П.А., Зачатейский Д.Е., Кривальцевич С.В., Степанова Е.А. Моделирование ДКМВ-радиосети Арктического региона // Современные проблемы радиофизики и радиотехники: сборник докладов Омского научного семинара / отв. ред. С.В. Кривальцевич. Выпуск 9. Омск: ОНИИП, 2021. С. 8–15.
3. Пукса Д.О., Романов Ю.В. К вопросу о влиянии спектральной эффективности сигнала КВ-модемов на их энергетическую эффективность // Техника радиосвязи. 2017. Выпуск 1 (32). С.7–16.



**Спасибо за
внимание!**