

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО СВЯЗИ

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ ИМ. ПРОФ. М.А. БОНЧ-БРУЕВИЧА»
(СПбГУТ)**

**АРХАНГЕЛЬСКИЙ КОЛЛЕДЖ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ (ФИЛИАЛ) СПбГУТ
(АКТ (ф) СПбГУТ)**

**Составитель
И.И. Пахов**

**МДК.01.02 Технология монтажа и обслуживания
цифровых и волоконно-оптических систем передачи**

Методические рекомендации по написанию курсового проекта,
задания на курсовое проектирование
по теме: «Определение целесообразности проектирования
волоконно-оптических систем передачи»

Архангельск 2017

Пахов, И.И. МДК.01.02 Технология монтажа и обслуживания цифровых и волокно-оптических систем передачи. Методические рекомендации по написанию курсового проекта, задания на курсовое проектирование по теме: «Определение целесообразности проектирования волокно-оптических систем передачи». - Архангельск: АКТ (ф) СПбГУТ, 2017.

Рассмотрено и рекомендовано цикловой комиссией Сетей и систем связи

Протокол № _____ от _____ 2017.

Председатель _____ М.В. Куницына

Курсовой проект посвящен разработке некоторых технологических решений и выполнению расчетов оборудования синхронной цифровой иерархии (SDH), работающего по волокнам оптического кабеля, позволяющего организовать заданное количество цифровых каналов уровней E1, E3, E4, STM-1(4, 16), Ethernet-100(1000) с заданными качественными показателями между несколькими населенными пунктами.

Пособие предназначено для студентов очной и заочной форм обучения по специальности 11.02.09 Многоканальные телекоммуникационные системы.

Материал данного издания будет полезным и при выполнении дипломных проектов на аналогичные темы.

СОДЕРЖАНИЕ

1 Общие указания по выполнению курсового проекта	4
1.1 Перечень вопросов для подготовки к защите курсового проекта	4
2 Исходные данные для проектирования волоконно-оптических систем передачи	7
3 Пример выполнения курсового проекта	117

1 Общие указания по выполнению курсового проекта

Каждый студент выполняет курсовой проект в соответствии с вариантом, определяемым шифром для заочной формы обучения и порядковым номером по классному журналу для очной формы обучения. Соответствующий вариант курсового проекта закрепляется за студентом приказом по колледжу. Курсовой проект, выполненный не по заданному варианту, не рецензируется и не засчитывается.

В курсовом проекте должны быть проделаны все расчеты, необходимые для решения поставленной задачи, сделаны выводы и обоснованы технические решения. Курсовой проект должен выполняться на стандартных листах формата А4 в соответствии с требованиями ЕСКД и стандарта организации по оформлению учебной документации (СТО 1.01-2015 Работы и проекты курсовые и дипломные, отчёты технические. Правила оформления. – Введ. 2016–01–11.– Архангельск: АКТ (ф) СПбГУТ, 2015). Страницы текста, рисунки и таблицы должны быть пронумерованы. Листы пояснительной записки заполняются с одной стороны. Допускается оформление пояснительной записки рукописным текстом.

Объем пояснительной записки не должен превышать (30-35) листов печатного текста, включая рисунки и таблицы. Все расчеты необходимо производить с точностью до сотого знака. Не допускается списывание полностью текстов учебников или методических указаний.

Список использованных источников приводится в конце пояснительной записки. Курсовой проект, выполненный без соблюдения перечисленных требований, возвращается для доработки.

Для успешной защиты курсового проекта необходимо:

- внести исправления и дополнения по имеющимся замечаниям и исправлениям рецензента;
- ответить на контрольные вопросы;
- уметь объяснить ход выполнения курсового проекта, смысл символов, входящих в расчетные формулы, обосновать правильность принятых технических решений.

Примерный перечень вопросов для подготовки к защите курсового проекта приведен ниже.

1.1 Перечень вопросов для подготовки к защите курсового проекта

- 1.1.1 Синхронизирующие сигналы в сетях ПЦИ и СЦИ.
- 1.1.2 Тактовая сетевая синхронизация в сетях ПЦИ и СЦИ.
- 1.1.3 Загрузка цифровых потоков уровня E1 в STM-1 по стандарту G-709.
- 1.1.4 Загрузка цифровых потоков уровня E3 в STM-1 по стандарту G-709.

- 1.1.5 Загрузка цифровых потоков уровня E4 в STM-1 по стандарту G-709.
- 1.1.6 Загрузка цифровых потоков уровня DS -1 в STM-1 по стандарту 709.
- 1.1.7 Участки сети SDH, структура поля заголовков STM-1.
- 1.1.8 Единый ряд скоростей ПЦИ и СЦИ.
- 1.1.9 Определение минимальной скорости ПЦИ и СЦИ.
- 1.1.10 Коэффициенты мультиплексирования в оборудовании ПЦИ и СЦИ.
- 1.1.11 Недостатки оборудования ПЦИ.
- 1.1.12 Способы интерливинга.
- 1.1.13 Алгоритм работы оборудования согласования скоростей при «-» стаффинге.
- 1.1.14 Алгоритм работы оборудования согласования скоростей при «±»стаффинге.
- 1.1.15 Алгоритм работы оборудования согласования скоростей при «+» стаффинге.
- 1.1.16 Основные операции по АЦП и ЦАП.
- 1.1.17 Типы одномодовых волокон.
- 1.1.18 Передаточные характеристики оптического волокна.
- 1.1.19 Длина волны с нулевой хроматической дисперсией.
- 1.1.20 Виды дисперсии в ОВ.
- 1.1.21 Типы мультиплексоров SDH.
- 1.1.22 Максимальный уровень оптического потока вводимого в торец ОВ.
- 1.1.23 Условия применения прямой и внешней модуляции в ВОСП.
- 1.1.24 Типы лазерных диодов, применяемых в ВОСП.
- 1.1.25 Возможности SDH.
- 1.1.26 Вид модуляции применяемый в ВОСП.
- 1.1.27 Требования, предъявляемые к линейным кодам ВОСП.
- 1.1.28 Типы фотодиодов, применяемых в ВОСП.
- 1.1.29 Типы волоконно-оптических усилителей в ВОСП.
- 1.1.30 Способы увеличения пропускной способности ОВ.
- 1.1.31 Поясните явление «водородной коррозии».
- 1.1.32 Поясните принципы работы ЭВОУ.
- 1.1.33 Поясните принципы работы усилителей ВКР (рамановских).
- 1.1.34 Типы лазерных диодов и их особенности.
- 1.1.35 Разновидности внешних модуляторов и принципы их работы.
- 1.1.36 Назначение скремблеров/дескремблеров и принципы их работы.
- 1.1.37 Структура STM-1(N).
- 1.1.38 Участки сети SDH, структура поля заголовков.
- 1.1.39 Назначение указателей и буферов проскальзывания.
- 1.1.40 Назвать длину волны с нулевой хроматической дисперсией и пояснить за счет чего хроматическая дисперсия обнуляется.

- 1.1.41 Геометрические размеры оптических волокон.
- 1.1.42 Варианты защиты цифровых потоков 1+1 и 1:1.

2 Исходные данные для проектирования волоконно-оптических систем передачи

Предусмотреть прокладку **ОК** между пунктами А-В-С участка карты местности. Выбрать топологию сети SDH. Рассчитать эквивалентный ресурс оборудования SDH, выбрать уровень STM и линейный интерфейс. Выбрать оптический кабель и кабельную продукцию. Рассчитать длины регенерационных участков. Выбрать и отконфигурировать мультиплексоры.

Разработать схему организации связи, если дано:

расстояние между пунктами (км),

количество цифровых потоков E1, E3, E4, Ethernet 100(1000),

STM-1 (4, 16).

Задания по курсовому проектированию разработаны в 135 вариантах и приведены в таблицах (1-47), а также на рисунках (1-135).

Таблица 1 - Исходные данные вариантов (1-3)

Направл.	№ вар.	E1	E3	E4	SMT-1	Ethernet-100	Ethernet-1000	L, км
А - В	1	14	1	-	2	3	2	66
	2	15	1	-	1	5	5	27
	3	13	1	-	3	6	4	36
А - С	1	45	-	1	2	-	4	-
	2	44	-	1	1	-	3	-
	3	43	-	1	3	-	2	-
В - С	1	81	-	-	1	-	3	63
	2	80	-	-	1	-	2	27
	3	79	-	-	1	-	4	61

Таблица 2 - Исходные данные вариантов (4-6)

Направл.	№ вар	E1	E3	E4	SMT-1	Ethernet-100	Ethernet-1000	L, км
А - В	4	10	1	-	2	7	5	22
	5	11	1	-	3	4	4	65
	6	12	1	-	2	3	3	9

Продолжение таблицы 2

Направл.	№ вар	E1	E3	E4	SMT- 1	Ethernet-100	Ethernet- 1000	L, км
А - С	4	43	-	1	1	-	2	-
	5	42	-	1	3	-	6	-
	6	41	-	1	1	-	4	-
В - С	4	78	-	-	1	-	3	52
	5	77	-	-	1	-	5	24
	6	76	-	-	1	-	7	12

Таблица 3 - Исходные данные вариантов (7-9)

Направл.	№ вар.	E1	E3	E4	SMT- 1	Ethernet-100	Ethernet- 1000	L, км
А - В	7	5	1	-	2	6	4	26
	8	8	1	-	4	4	4	23
	9	7	1	-	2	3	2	16
А - С	7	40	-	1	1	-	6	-
	8	39	-	1	3	-	4	-
	9	38	-	1	2	-	3	-
В - С	7	75	-	-	1	-	2	6,9
	8	74	-	-	1	-	2	44
	9	73	-	-	1	-	1	15

Таблица 4 - Исходные данные вариантов (10-12)

Направл.	№ вар.	E1	E3	E4	SMT- 1	Ethernet-100	Ethernet- 1000	L, км
А - В	10	6	1	-	2	6	2	2
	11	5	1	-	3	4	4	11
	12	4	1	-	1	3	5	17
А - С	10	37	-	1	4	-	4	-
	11	36	-	1	3	-	3	-

Продолжение таблицы 4

Направл.	№ вар.	E1	E3	E4	SMT- 1	Ethernet-100	Ethernet- 1000	L, км
А - С	12	35	-	1	2	-	2	-
В - С	10	72	-	-	1	-	1	42
	11	71	-	-	1	-	2	42
	12	70	-	-	1	-	3	19

Таблица 5 - Исходные данные вариантов (13-15)

Направл.	№ вар.	E1	E3	E4	SMT- 1	Ethernet-100	Ethernet- 1000	L, км
А - В	13	3	1	-	2	5	4	14
	14	4	1	-	3	3	5	20
	15	5	1	-	2	6	4	28
А - С	13	33	-	1	1	-	3	-
	14	32	-	1	3	-	2	-
	15	31	-	1	2	-	3	-
В - С	13	69	-	-	1	-	2	19
	14	68	-	-	1	-	1	23
	15	67	-	-	1	-	3	25

Таблица 6 - Исходные данные вариантов (16-18)

Направл.	№ вар.	E1	E3	E4	SMT-1	Ethernet-100	Ethernet- 1000	L, км
А - В	16	35	-	-	1	5	3	33
	17	41	-	-	1	3	4	70
	18	51	-	-	1	5	2	31
А - С	16	43	-	1	2	-	1	-
	17	34	-	1	3	-	4	-
	18	27	-	1	2	-	3	-
В - С	16	51	1	-	2	6	2	23

Продолжение таблицы 6

Направл.	№ вар.	E1	E3	E4	SMT-1	Ethernet-100	Ethernet-1000	L, км
В - С	17	79	1	-	1	7	3	35
	18	61	1	-	2	2	4	89

Таблица 7 - Исходные данные вариантов (19-21)

Направл.	№ вар.	E1	E3	E4	SMT-1	Ethernet-100	Ethernet-1000	L, км
А - В	19	15	-	-	1	5	4	85
	20	19	-	-	1	7	3	49
	21	21	-	-	1	4	2	35
А - С	19	40	-	1	2	-	4	-
	20	45	-	1	1	-	6	-
	21	50	-	1	2	-	5	-
В - С	19	62	1	-	1	3	3	37
	20	73	1	-	2	5	4	20
	21	74	1	-	1	3	3	31

Таблица 8 - Исходные данные вариантов (22-24)

Направл.	№ вар.	E1	E3	E4	SMT-1	Ethernet-100	Ethernet-1000	L, км
А - В	22	10	-	-	1	7	4	18
	23	17	-	-	1	5	3	19
	24	21	-	-	1	3	4	29
А - С	22	32	-	1	2	4	3	-
	23	39	-	1	1	3	2	-
	24	40	-	1	2	2	4	-
В - С	22	69	1	-	1	7	3	8,8
	23	63	1	-	2	4	2	8,6

Продолжение таблицы 8

Направл.	№ вар.	E1	E3	E4	SMT-1	Ethernet-100	Ethernet-1000	L, км
В - С	24	61	1	-	1	3	3	19

Таблица 9 - Исходные данные вариантов (25-27)

Направл.	№ вар.	E1	E3	E4	SMT-1	Ethernet-100	Ethernet-1000	L, км
А - В	25	10	-	-	1	6	3	39
	26	17	-	-	1	4	2	25
	27	21	-	-	1	3	2	29
А - С	25	32	-	1	2	6	2	-
	26	39	-	1	3	4	3	-
	27	40	-	1	2	5	3	-
В - С	25	69	1	-	2	7	4	27
	26	63	1	-	1	4	3	31
	27	61	1	-	3	3	4	19

Таблица 10 - Исходные данные вариантов (28-30)

Направл.	№ вар.	E1	E3	E4	SMT-1	Ethernet-100	Ethernet-1000	L, км
А - В	28	8	-	-	1	5	3	28
	29	17	-	-	1	3	2	24
	30	15	-	-	1	6	4	31
А - С	28	39	-	1	3	3	5	-
	29	45	-	1	2	2	4	-
	30	52	-	1	1	5	2	-
В - С	28	73	1	-	2	7	3	26
	29	69	1	-	1	4	3	24
	30	65	1	-	3	5	4	31

Таблица 11 - Исходные данные вариантов (31-33)

Направл.	№ вар.	E1	E3	E4	SMT-1	Ethernet-100	Ethernet-1000	L, км
А - В	31	18	-	-	1	5	3	28
	32	27	-	-	1	3	2	24
	33	35	-	-	1	6	4	31
А - С	31	39	-	1	3	3	5	-
	32	47	-	1	2	2	4	-
	33	52	-	1	1	5	2	-
В - С	31	79	1	-	2	7	3	26
	32	69	1	-	1	4	3	24
	33	65	1	-	3	5	4	31

Таблица 12 - Исходные данные вариантов (34-36)

Направл.	№ вар.	E1	E3	E4	SMT-1	Ethernet-100	Ethernet-1000	L, км
А - В	34	58	-	-	1	5	3	28
	35	67	-	-	1	3	2	24
	36	15	-	-	1	6	4	31
А - С	34	39	-	1	3	3	5	-
	35	45	-	1	2	2	4	-
	36	52	-	1	1	5	2	-
В - С	34	73	1	-	2	7	3	26
	35	69	1	-	1	4	3	24
	36	65	1	-	3	5	4	31

Таблица 13 - Исходные данные вариантов (37-39)

Направл.	№ вар.	E1	E3	E4	SMT-1	Ethernet-100	Ethernet-1000	L, км
А - В	37	81	-	-	1	5	3	28

Продолжение таблицы 13

Направл.	№ вар.	E1	E3	E4	SMT-1	Ethernet-100	Ethernet-1000	L, км
А - В	38	77	-	-	1	3	2	24
	39	35	2	-	1	6	4	31
А - С	37	39	-	1	3	3	5	-
	38	45	-	1	2	2	4	-
	39	52	-	1	1	5	2	-
В - С	37	73	1	-	2	7	3	26
	38	69	1	-	1	4	3	24
	39	65	1	-	3	5	4	31

Таблица 14 - Исходные данные вариантов (40-42)

Направл.	№ вар.	E1	E3	E4	SMT-1	Ethernet-100	Ethernet-1000	L, км
А - В	40	82	-	-	1	5	3	28
	41	14	-	-	1	3	2	24
	42	19	2	-	1	6	4	31
А - С	40	39	-	1	3	3	5	-
	41	45	-	1	2	2	4	-
	42	52	-	1	1	5	2	-
В - С	40	73	1	-	2	7	3	26
	41	69	1	-	1	4	3	24
	42	65	1	-	3	5	4	31

Таблица 15 - Исходные данные вариантов (43-45)

Направл.	№ вар.	E1	E3	E4	SMT-1	Ethernet-100	Ethernet-1000	L, км
А - В	43	89	-	-	1	5	3	28
	44	17	-	-	1	3	2	24

Продолжение таблицы 15

Направл.	№ вар.	E1	E3	E4	SMT-1	Ethernet-100	Ethernet-1000	L, км
А - В	45	75	-	-	1	6	4	31
А - С	43	39	1	1	3	3	5	-
	44	45	-	1	2	2	4	-
	45	52	-	1	1	5	2	-
В - С	43	73	1	-	2	7	3	26
	44	69	1	-	1	4	3	24
	45	65	1	-	3	5	4	31

Таблица 16 - Исходные данные вариантов (46-48)

Направл.	№ вар.	E1	E3	E4	SMT-1	Ethernet-100	Ethernet-1000	L, км
А - В	46	88	-	-	1	5	3	28
	47	19	2	-	1	3	2	24
	48	15	-	-	1	6	4	31
А - С	46	39	-	1	3	3	5	-
	47	45	-	1	2	2	4	-
	48	52	-	1	1	5	2	-
В - С	46	73	1	-	2	7	3	26
	47	69	1	-	1	4	3	24
	48	65	1	-	3	5	4	31

Таблица 17 - Исходные данные вариантов (49-51)

Направл.	№ вар.	E1	E3	E4	SMT-1	Ethernet-100	Ethernet-1000	L, км
А - В	49	86	-	-	1	5	3	28
	50	77	-	-	1	3	2	24
	51	85	-	-	1	6	4	31

Продолжение таблицы 17

Направл.	№ вар.	E1	E3	E4	SMT-1	Ethernet-100	Ethernet-1000	L, км
А - С	49	39	-	1	3	3	5	-
	50	45	1	1	2	2	4	-
	51	52	-	1	1	5	2	-
В - С	49	73	1	-	2	7	3	26
	50	69	1	-	1	4	3	24
	51	65	1	-	3	5	4	31

Таблица 18 - Исходные данные вариантов (52-54)

Направл.	№ вар.	E1	E3	E4	SMT-1	Ethernet-100	Ethernet-1000	L, км
А - В	52	84	-	-	1	5	3	28
	53	87	-	-	1	3	2	24
	54	55	-	-	1	6	4	31
А - С	52	39	-	1	3	3	5	-
	53	45	2	1	2	2	4	-
	54	52	-	1	1	5	2	-
В - С	52	73	1	-	2	7	3	26
	53	69	1	-	1	4	3	24
	54	65	1	-	3	5	4	31

Таблица 19 - Исходные данные вариантов (55-57)

Направл.	№ вар.	E1	E3	E4	SMT-1	Ethernet-100	Ethernet-1000	L, км
А - В	55	80	-	-	1	5	3	28
	56	97	1	-	1	3	2	24
	57	35	-	-	1	6	4	31
А - С	55	39	-	1	3	3	5	-
	56	45	-	1	2	2	4	-

Продолжение таблицы 18

Направл.	№ вар.	E1	E3	E4	SMT-1	Ethernet-100	Ethernet-1000	L, км
А - С	57	52	-	1	1	5	2	-
В - С	55	73	1	-	2	7	3	26
	56	69	1	-	1	4	3	24
	57	65	1	-	3	5	4	31

Таблица 20 - Исходные данные вариантов (58-60)

Направл.	№ вар.	E1	E3	E4	SMT-1	Ethernet-100	Ethernet-1000	L, км
А - В	58	83	-	-	1	5	3	28
	59	19	-	-	1	3	2	24
	60	75	3	-	1	6	4	31
А - С	58	39	-	1	3	3	5	-
	59	45	-	1	2	2	4	-
	60	52	-	1	1	5	2	-
В - С	58	73	1	-	2	7	3	26
	59	69	1	-	1	4	3	24
	60	65	1	-	3	5	4	31

Таблица 21 - Исходные данные вариантов (61-63)

Направл.	№ вар.	E1	E3	E4	SMT-1	Ethernet-100	Ethernet-1000	L, км
А - В	61	87	2	-	1	5	3	28
	62	87	-	-	1	3	2	24
	63	85	-	-	1	6	4	31
А - С	61	39	-	1	3	3	5	-
	62	45	-	1	2	2	4	-
	63	52	-	1	1	5	2	-
В - С	61	73	1	-	2	7	3	26

Продолжение таблицы 21

Направл.	№ вар.	E1	E3	E4	SMT-1	Ethernet-100	Ethernet-1000	L, км
В - С	62	69	1	-	1	4	3	24
	63	65	1	-	3	5	4	31

Таблица 22 - Исходные данные вариантов (64-66)

Направл.	№ вар.	E1	E3	E4	SMT-1	Ethernet-100	Ethernet-1000	L, км
А - В	64	78	-	-	1	5	3	28
	65	97	-	-	1	3	2	24
	66	15	3	-	1	6	4	31
А - С	64	39	-	1	3	3	5	-
	65	45	-	1	2	2	4	-
	66	52	-	1	1	5	2	-
В - С	64	73	1	-	2	7	3	26
	65	69	1	-	1	4	3	24
	66	65	1	-	3	5	4	31

Таблица 23 - Исходные данные вариантов (67-69)

Направл.	№ вар.	E1	E3	E4	SMT-1	Ethernet-100	Ethernet-1000	L, км
А - В	67	85	-	-	1	5	3	28
	68	47	-	-	1	3	2	24
	69	55	1	-	1	6	4	31
А - С	67	39	-	1	3	3	5	-
	68	45	-	1	2	2	4	-
	69	52	-	1	1	5	2	-
В - С	67	73	1	-	2	7	3	26
	68	69	1	-	1	4	3	24

Продолжение таблицы 23

Направл.	№ вар.	E1	E3	E4	SMT-1	Ethernet-100	Ethernet-1000	L, км
В - С	69	65	1	-	3	5	4	31

Таблица 24 - Исходные данные вариантов (70-72)

Направл.	№ вар.	E1	E3	E4	SMT-1	Ethernet-100	Ethernet-1000	L, км
А - В	70	98	-	-	1	5	3	28
	71	97	-	-	1	3	2	24
	72	55	-	-	1	6	4	31
А - С	70	39	-	1	3	3	5	-
	71	45	2	1	2	2	4	-
	72	52	-	1	1	5	2	-
В - С	70	73	1	-	2	7	3	26
	71	69	1	-	1	4	3	24
	72	65	1	-	3	5	4	31

Таблица 25 - Исходные данные вариантов (73-75)

Направл.	№ вар.	E1	E3	E4	SMT-1	Ethernet-100	Ethernet-1000	L, км
А - В	73	87	-	-	1	5	3	28
	74	47	-	-	1	3	2	24
	75	95	-	-	1	6	4	31
А - С	73	39	3	1	3	3	5	-
	74	45	-	1	2	2	4	-
	75	52	-	1	1	5	2	-
В - С	73	73	1	-	2	7	3	26
	74	69	1	-	1	4	3	24
	75	65	1	-	3	5	4	31

Таблица 26 - Исходные данные вариантов (76-78)

Направл.	№ вар.	E1	E3	E4	SMT-1	Ethernet-100	Ethernet-1000	L, км
А - В	76	78	-	-	1	5	3	28
	77	97	1	-	1	3	2	24
	78	18	-	-	1	6	4	31
А - С	76	39	-	1	3	3	5	-
	77	45	-	1	2	2	4	-
	78	52	-	1	1	5	2	-
В - С	76	73	1	-	2	7	3	26
	77	69	1	-	1	4	3	24
	78	65	1	-	3	5	4	31

Таблица 27 - Исходные данные вариантов (79-81)

Направл.	№ вар.	E1	E3	E4	SMT-1	Ethernet-100	Ethernet-1000	L, км
А - В	79	96	-	-	1	5	3	28
	80	17	-	-	1	3	2	24
	81	55	-	-	1	6	4	31
А - С	79	39	-	1	3	3	5	-
	80	45	2	1	2	2	4	-
	81	52	-	1	1	5	2	-
В - С	79	73	1	-	2	7	3	26
	80	69	1	-	1	4	3	24
	81	65	1	-	3	5	4	31

Таблица 28 - Исходные данные вариантов (82-84)

Направл.	№ вар.	E1	E3	E4	SMT-1	Ethernet-100	Ethernet-1000	L, км
А - В	82	81	-	-	1	5	3	28

Продолжение таблицы 28

Направл.	№ вар.	E1	E3	E4	SMT-1	Ethernet-100	Ethernet-1000	L, км
А - В	83	97	-	-	1	3	2	24
	84	45	3	-	1	6	4	31
А - С	82	39	-	1	3	3	5	-
	83	45	-	1	2	2	4	-
	84	52	-	1	1	5	2	-
В - С	82	73	1	-	2	7	3	26
	83	69	1	-	1	4	3	24
	84	65	1	-	3	5	4	31

Таблица 29 - Исходные данные вариантов (85-87)

Направл.	№ вар.	E1	E3	E4	SMT-1	Ethernet-100	Ethernet-1000	L, км
А - В	85	97	-	-	1	5	3	28
	86	77	-	-	1	3	2	24
	87	95	-	-	1	6	4	31
А - С	85	39	1	1	3	3	5	-
	86	45	-	1	2	2	4	-
	87	52	-	1	1	5	2	-
В - С	85	73	1	-	2	7	3	26
	86	69	1	-	1	4	3	24
	87	65	1	-	3	5	4	31

Таблица 30 - Исходные данные вариантов (88-90)

Направл.	№ вар.	E1	E3	E4	SMT-1	Ethernet-100	Ethernet-1000	L, км
А - В	88	50	-	-	1	5	3	28
	89	97	3	-	1	3	2	24

Продолжение таблицы 30

Направл.	№ вар.	E1	E3	E4	SMT-1	Ethernet-100	Ethernet-1000	L, км
А - В	90	85	-	-	1	6	4	31
А - С	88	39	-	1	3	3	5	-
	89	45	-	1	2	2	4	-
	90	52	-	1	1	5	2	-
В - С	8	73	1	-	2	7	3	26
	89	69	1	-	1	4	3	24
	90	65	1	-	3	5	4	31

Таблица 31 - Исходные данные вариантов (91-93)

Направл.	№ вар.	E1	E3	E4	SMT-1	Ethernet-100	Ethernet-1000	L, км
А - В	91	89	-	-	1	5	3	28
	92	97	-	-	1	3	2	24
	93	55	-	-	1	6	4	31
А - С	91	39	1	1	3	3	5	-
	92	45	-	1	2	2	4	-
	93	52	-	1	1	5	2	-
В - С	91	73	1	-	2	7	3	26
	92	69	1	-	1	4	3	24
	93	65	1	-	3	5	4	31

Таблица 32 - Исходные данные вариантов (94-96)

Направл.	№ вар.	E1	E3	E4	SMT-1	Ethernet-100	Ethernet-1000	L, км
А - В	94	78	-	-	1	5	3	28
	95	97	-	-	1	3	2	24
	96	75	-	-	1	6	4	31

Продолжение таблицы 32

Направл.	№ вар.	E1	E3	E4	SMT-1	Ethernet-100	Ethernet-1000	L, км
А - С	94	39	3	1	3	3	5	-
	95	45	-	1	2	2	4	-
	96	52	-	1	1	5	2	-
В - С	94	73	1	-	2	7	3	26
	95	69	1	-	1	4	3	24
	96	65	1	-	3	5	4	31

Таблица 33 - Исходные данные вариантов (97-99)

Направл.	№ вар.	E1	E3	E4	SMT-1	Ethernet-100	Ethernet-1000	L, км
А - В	97	86	-	-	1	5	3	28
	98	97	-	-	1	3	2	24
	99	45	2	-	1	6	4	31
А - С	97	39	-	1	3	3	5	-
	98	45	-	1	2	2	4	-
	99	52	-	1	1	5	2	-
В - С	97	73	1	-	2	7	3	26
	98	69	1	-	1	4	3	24
	99	65	1	-	3	5	4	31

Таблица 34 - Исходные данные вариантов (100-102)

Направл.	№ вар.	E1	E3	E4	SMT-1	Ethernet-100	Ethernet-1000	L, км
А - В	100	82	-	-	1	5	3	28
	101	97	-	-	1	3	2	24
	102	50	-	-	1	6	4	31

Продолжение таблицы 34

Направл.	№ вар.	E1	E3	E4	SMT-1	Ethernet-100	Ethernet-1000	L, км
А - С	100	39	1	1	3	3	5	-
	101	45	-	1	2	2	4	-
	102	52	-	1	1	5	2	-
В - С	100	73	1	-	2	7	3	26
	101	69	1	-	1	4	3	24
	102	65	1	-	3	5	4	31

Таблица 35 - Исходные данные вариантов (103-105)

Направл.	№ вар.	E1	E3	E4	SMT-1	Ethernet-100	Ethernet-1000	L, км
А - В	103	86	-	-	1	5	3	28
	104	87	-	-	1	3	2	24
	105	55	2	-	1	6	4	31
А - С	103	39	-	1	3	3	5	-
	104	45	3	1	2	2	4	-
	105	52	-	1	1	5	2	-
В - С	103	73	1	-	2	7	3	26
	104	69	1	-	1	4	3	24
	105	65	1	-	3	5	4	31

Таблица 36 - Исходные данные вариантов (106-108)

Направл.	№ вар.	E1	E3	E4	SMT-1	Ethernet-100	Ethernet-1000	L, км
А - В	106	89	-	-	1	5	3	28
	107	19	-	-	1	3	2	24
	108	25	2	-	1	6	4	31
А - С	106	39	-	1	3	3	5	-

Продолжение таблицы 36

Направл.	№ вар.	E1	E3	E4	SMT-1	Ethernet-100	Ethernet-1000	L, км
А - С	107	45	-	1	2	2	4	-
	108	52	-	1	1	5	2	-
В - С	106	73	1	-	2	7	3	26
	107	69	1	-	1	4	3	24
	108	65	1	-	3	5	4	31

Таблица 37 - Исходные данные вариантов (109-111)

Направл.	№ вар.	E1	E3	E4	SMT-1	Ethernet-100	Ethernet-1000	L, км
А - В	109	82	-	-	1	5	3	28
	110	77	3	-	1	3	2	24
	111	85	-	-	1	6	4	31
А - С	109	39	2	1	3	3	5	-
	110	45	-	1	2	2	4	-
	111	52	-	1	1	5	2	-
В - С	109	73	1	-	2	7	3	26
	110	69	1	-	1	4	3	24
	111	65	1	-	3	5	4	31

Таблица 38 - Исходные данные вариантов (112-114)

Направл.	№ вар.	E1	E3	E4	SMT-1	Ethernet-100	Ethernet-1000	L, км
А - В	112	87	-	-	1	5	3	28
	113	19	-	-	1	3	2	24
	114	19	3	-	1	6	4	31
А - С	112	39	-	1	3	3	5	-
	113	45	2	1	2	2	4	-

Продолжение таблицы 38

Направл.	№ вар.	E1	E3	E4	SMT-1	Ethernet-100	Ethernet- 1000	L, км
А - С	114	52	2	1	1	5	2	-
В - С	112	73	1	-	2	7	3	26
	113	69	1	-	1	4	3	24
	114	65	1	-	3	5	4	31

Таблица 39 - Исходные данные вариантов (115-117)

Направл.	№ вар.	E1	E3	E4	SMT-1	Ethernet-100	Ethernet- 1000	L, км
А - В	115	87	-	-	1	5	3	28
	116	77	-	-	1	3	2	24
	117	95	2	-	1	6	4	31
А - С	115	39	-	1	3	3	5	-
	116	45	-	1	2	2	4	-
	117	52	-	1	1	5	2	-
В - С	115	73	1	-	2	7	3	26
	116	69	1	-	1	4	3	24
	117	65	1	-	3	5	4	31

Таблица 40 - Исходные данные вариантов (118-120)

Направл.	№ вар.	E1	E3	E4	SMT-1	Ethernet-100	Ethernet- 1000	L, км
А - В	118	87	-	-	1	5	3	28
	119	19	-	-	1	3	2	24
	120	85	-	-	1	6	4	31
А - С	118	39	3	1	3	3	5	-
	119	45	-	1	2	2	4	-
	120	52	-	1	1	5	2	-
В - С	118	73	1	-	2	7	3	26

Продолжение таблицы 40

Направл.	№ вар.	E1	E3	E4	SMT-1	Ethernet-100	Ethernet-1000	L, км
В - С	119	69	1	-	1	4	3	24
	120	65	1	-	3	5	4	31

Таблица 41 - Исходные данные вариантов (121-123)

Направл.	№ вар.	E1	E3	E4	SMT-1	Ethernet-100	Ethernet-1000	L, км
А - В	121	89	-	-	1	5	3	28
	122	87	2	-	1	3	2	24
	123	98	-	-	1	6	4	31
А - С	121	39	-	1	3	3	5	-
	122	45	-	1	2	2	4	-
	123	52	-	1	1	5	2	-
В - С	121	73	1	-	2	7	3	26
	122	69	1	-	1	4	3	24
	123	65	1	-	3	5	4	31

Таблица 42 - Исходные данные вариантов (124-126)

Направл.	№ вар.	E1	E3	E4	SMT-1	Ethernet-100	Ethernet-1000	L, км
А - В	124	84	-	-	1	5	3	28
	125	97	-	-	1	3	2	24
	126	75	4	-	1	6	4	31
А - С	124	39	-	1	3	3	5	-
	125	45	-	1	2	2	4	-
	126	52	-	1	1	5	2	-
В - С	124	73	1	-	2	7	3	26
	125	69	1	-	1	4	3	24

Продолжение таблицы 42

Направл.	№ вар.	E1	E3	E4	SMT-1	Ethernet-100	Ethernet-1000	L, км
В - С	126	65	1	-	3	5	4	31

Таблица 43 - Исходные данные вариантов (127-129)

Направл.	№ вар.	E1	E3	E4	SMT-1	Ethernet-100	Ethernet-1000	L, км
А - В	127	87	-	-	1	5	3	28
	128	89	-	-	1	3	2	24
	129	56	-	-	1	6	4	31
А - С	127	39	2	1	3	3	5	-
	128	45	-	1	2	2	4	-
	129	52	-	1	1	5	2	-
В - С	127	73	1	-	2	7	3	26
	128	69	1	-	1	4	3	24
	129	65	1	-	3	5	4	31

Таблица 44 - Исходные данные вариантов (130-132)

Направл.	№ вар.	E1	E3	E4	SMT-1	Ethernet-100	Ethernet-1000	L, км
А - В	130	86	-	-	1	5	3	28
	131	97	-	-	1	3	2	24
	132	55	3	-	1	6	4	31
А - С	130	39	-	1	3	3	5	-
	131	45	-	1	2	2	4	-
	132	52	-	1	1	5	2	-
В - С	130	73	1	-	2	7	3	26
	131	69	1	-	1	4	3	24
	132	65	1	-	3	5	4	31

Таблица 45 - Исходные данные вариантов (133-135)

Направл.	№ вар.	E1	E3	E4	SMT-1	Ethernet-100	Ethernet-1000	L, км
А - В	133	83	-	-	1	5	3	28
	134	89	-	-	1	3	2	24
	135	65	-	-	1	6	4	31
А - С	133	39	2	1	3	3	5	-
	134	45	-	1	2	2	4	-
	135	52	-	1	1	5	2	-
В - С	133	73	1	-	2	7	3	26
	134	69	1	-	1	4	3	24
	135	65	1	-	3	5	4	31

Таблица 46 - Исходные данные вариантов (136-138)

Направл.	№ вар.	E1	E3	E4	SMT-1	Ethernet-100	Ethernet-1000	L, км
А - В	136	65	-	-	1	5	3	28
	137	34	-	-	1	3	2	24
	138	87	-	-	1	6	4	31
А - С	136	39	3	1	3	3	5	-
	137	45	-	1	2	2	4	-
	138	52	-	1	1	5	2	-
В - С	136	73	1	-	2	7	3	26
	137	69	1	-	1	4	3	24
	138	65	1	-	3	5	4	31

Наименование пунктов А, В, С по вариантам с привязкой к участкам карты местности:

1. Благовещенское – Вельск - Октябрьский
2. Луковецкий – Белогорский - Усть-Пинега
3. Белогорский – Светлый - Сия
4. Усть-Ваеньга – Березник – Важский
5. Обозерский – Емца – Шелекса
6. Усть-Морж – Уйта – Пянда
7. Онега – Порог – Вонгуда
8. Емца – Савинский – Мирный
9. Заакакурье – Дорогорское – Жердь
10. Зеленый Бор – Вельск – Верховажье
11. Коряжма – Черемушский – Никольск
12. Костылево – Советский – Шангалы
13. Котлас – Вычегодский – Коряжма
14. Долматово – Пасьва – Ровдино.
15. Русковера – Ясный – Карпогоры
16. Усть-Паденьга – Ровдино – Пасьва
17. Долматово – Вельск – Кулой
18. Кушкопала – Веркола – Сосновка
19. Дорогорское – Юрома – Лешуконское
20. Холмогоры – Луковецкий – Усть-Пинега
21. Белогорский – Светлый – Сия
22. Шалаша – Шипуновская – Бобыкинская
23. Одинцовская – Шипуновская – Шенкурск
24. Шипуновская – Бобыкинская – Никифоровская
25. Костылево – Советский – Шангалы
26. Мезень – Дорогорское – Бычье
27. Нермуша – Ярнема – Савинский
28. Малиновка – Сосновский – Летнеозерский
29. Грихново – Верховажье – Сырья
30. Великосельская – Большой Бор – Сырья
31. Хачела – Пияла – Вазенцы
32. Вазенцы – Ковкула – Клещево
33. Чешьюга – Клещево – Канзапельда
34. Прилуки – Хаяла – Кутованга
35. Большая Фехтальма – Шемокша – Пертема
36. Некмуша – Большое Шарково – Таборы
37. Прошково – Малое Шарково – Услье

38. Копыловка – Улитино – Ярнема
39. Пермилово – Самодед – Обозерская
40. Обозерская – Летнеозерская – Сосновка
41. Емца – Савинский – Шелекса
42. Утицы – Мирный – Плесецк
43. Новая Ирма – Брин-Наволоок – Палишино
44. Осередок – Верхняя Гора – Белая Гора
45. Пермилово – Кулига – Залебедка
46. Белая Гора – Гора – Пукшеньга
47. Устреха – Задняя – Вахново
48. Нижний Конец – Осередок – Аксеновы
49. Тегра Нижняя – Тегра Осередок – Тегра Верхняя
50. Шильцево – Заполье – Пешемское
51. Высокое – Верхний Конец – Кенокса
52. Усть-Мехреньга – Мякулово - Рипалово
53. Горка – Кенокса – Погост
54. Кожгора – Горончарово – Аксеновы
55. Заполье – Новая – Емецк
56. Красный Яр - Гаратины – Заполье
57. Верхняя Горка – Зачачье – Коскошино
58. Ныкола – Бызовы – Заборье
59. Понизовье – Орлово - Почтовое
60. Монастырек – Морж – Усть-Морж
61. Кривец – Гора – Мурги
62. Подволчье – Наволок – Монастырек
63. Рязаново – Шастки – Уйта
64. Усть-Ваеньга – Уйта – Шастки
65. Сплавной – Усть-Ваеньга – Высокуша
66. Паница – Высокуша – Усть-Ваеньга
67. Нижняя Ваеньга – Воронцы – Квахтюга
68. Кульца – Сосновка – Нюхча
69. Репище – Осаново – Городец
70. Еркино – Кушкопала – Лосево
71. Кондратовская – Осиновская – Копытовская
72. Сосновый – Исаковская – Приозерный
73. Абрамово – Автюга – Алексеевская
74. Орлово – Заозерье – Дубовская
75. Плесецк – Пукса – Тарза

76. Шелоховская – Шишово – Пузыревская
77. Василевская – Семеновская – Климовская
78. Афаносовская – Трофимовская – Савинская
79. Нермуша – Большое Шарково – Прошково
80. Летнеозерский – Сосновка – Малиновка
81. Верховье – Сырья – Большой Бор
82. Курча – Марьина – Шотова
83. Шаста – Веегора – Широкое
84. Почерезье – Труфаново – Конецгорье
85. Резя – Олема – Кеба
86. Русома – Чуласа – Резя
87. Едома – Карашелье – Русома
88. Гусево – Корбала – Антоновская
89. Осиново – Шилега – Прилук
90. Ростовская – Тройничевская – Конецгорье
91. Ущелье – Лешуконское – Мелосполье
92. Резя – Чуласа – Русома
93. Большая Щелья – Олема – Резя
94. Печгора – Труфаново – Почерезье
95. Шаста – Веегора – Широкое
96. Карпогоры – Шотова – Марьина
97. Сельский Бор – Анциферовский Бор – Вазенцы
98. Сосновка – Малиновка – Емца
99. Усолъе – Копыловка – Ярнема
100. Плесецк – Белое озеро – Пуксоозеро
101. Бор – Озерко – Шелоховская
102. Усть-Река – Орлово – Морщихинская
103. Авнюга – Пегасово – Борки
104. Сосновый – Исаковская – Чаплинская
105. Георгиевская – Лукинская – Сплавной
106. Еркино – Кушкопала – Лосево
107. Осаново – Остров – Городец
108. Дубовская – Заозерье – Каргополь
109. Мезень – Заакакурье – Лампожня
110. Заозерье – Тимощелье – Дорогорское
111. Бычье – Усть-Няфта – Усть-Пеза
112. Жердь – Козьмогородское – Березник
113. Березник – Погорелец – Черсово

114. Целегора – Мелегора – Палуга
115. Кеслома – Усть-Нерманка – Защелье
116. Бугава – Шилява – Усть-Заручей
117. Юрома – Бугава – Шилява
118. Заручей – Смоленец – Березник
119. Кимжа – Совполье – Чижгора
120. Васьково – Илес – Брусеница
121. Рикасиха – Лайский Док – Цигломень
122. Березник – Гбач – Кузомень
123. Курча – Марьина – Шотова
124. Веегора – Шаста – Чешегора
125. Почерезье – Труфонова – Конецгорье
126. Самыловская – Бережная – Нефедовская
127. Кононовская – Березник – Звоз
128. Закаринская – Гыжег – Малая Толша
129. Верхний Базлук – Микшина Гора – Большой Кряж
130. Паладино – Яренск – Казлук
131. Солза – Березник – Игнатово
132. Мокеевская – Песок – Никифорово
133. Жуковская – Михалевская – Осташевская
134. Абакумово – Зеленый Бор – Каргополь
135. Кузомень – Гбач – Березник

Участки карт местности по вариантам приведены на рисунках (1-135)

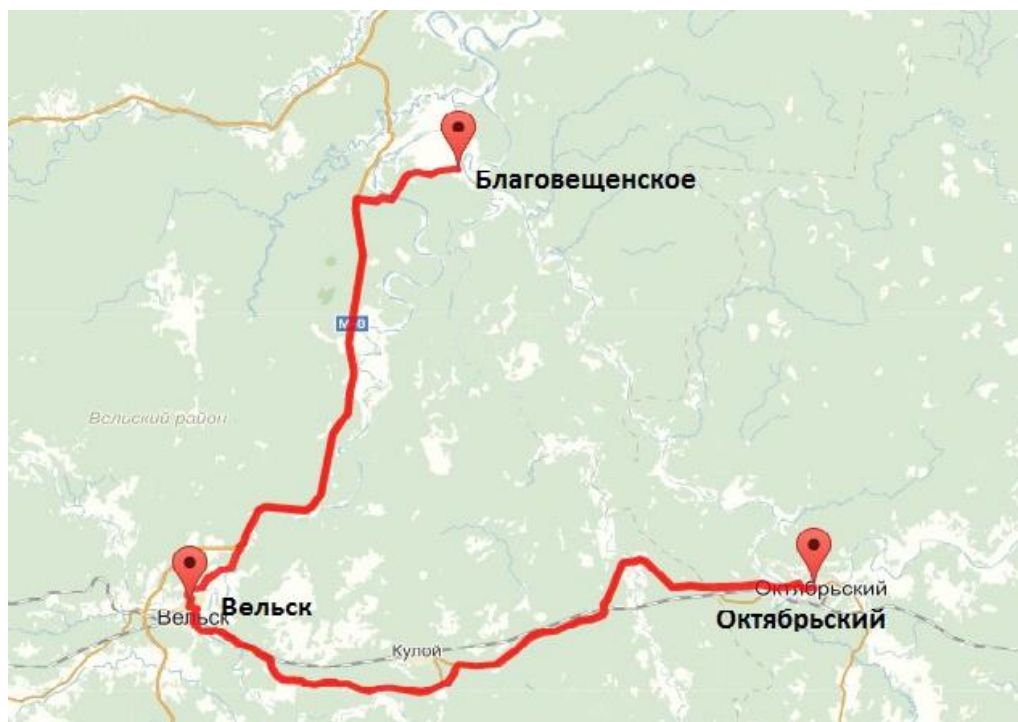


Рисунок 1 – Участок карты местности с трассой прокладки оптического кабеля (вариант 1)

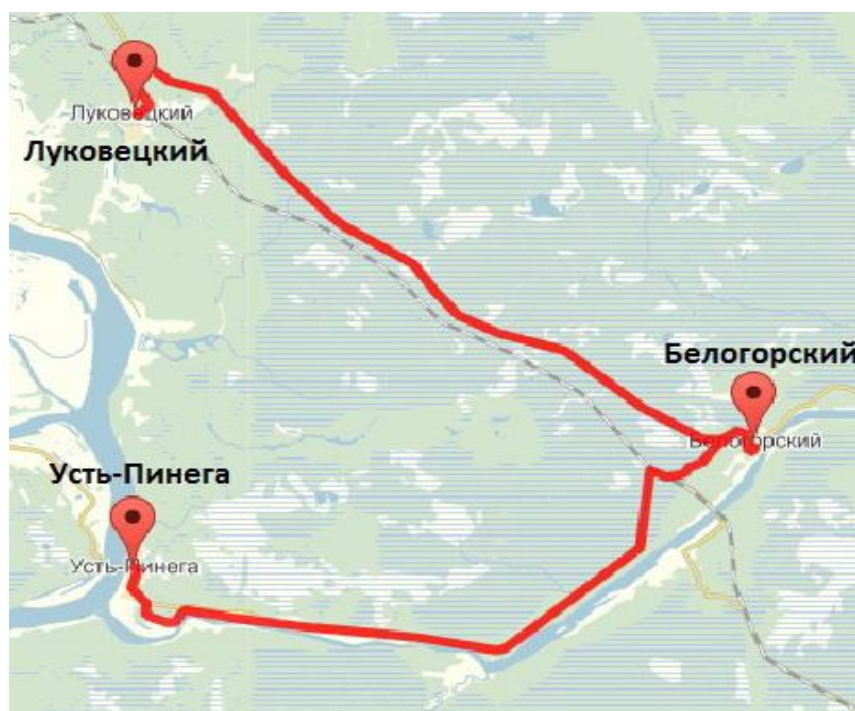


Рисунок 2 – Участок карты местности с трассой прокладки оптического кабеля (вариант 2)

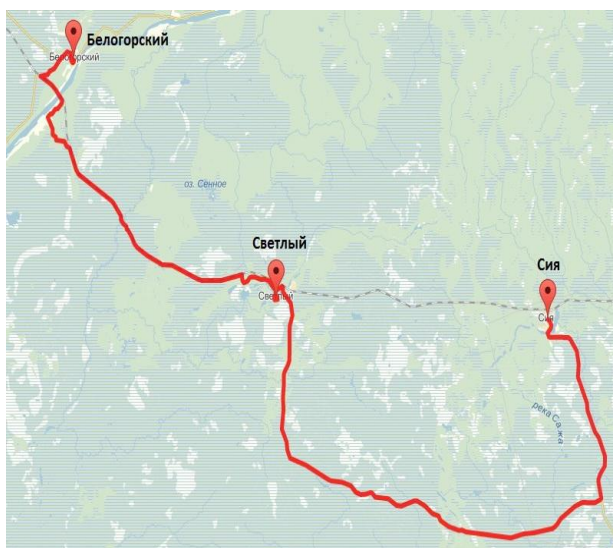


Рисунок 3 – Участок карты местности с трассой прокладки оптического кабеля (вариант 3)



Рисунок 4 – Участок карты местности с трассой прокладки оптического кабеля (вариант 4)



Рисунок 5 – Участок карты местности с трассой прокладки оптического кабеля (вариант 5)



Рисунок 6 – Участок карты местности с трассой прокладки оптического кабеля (вариант 6)

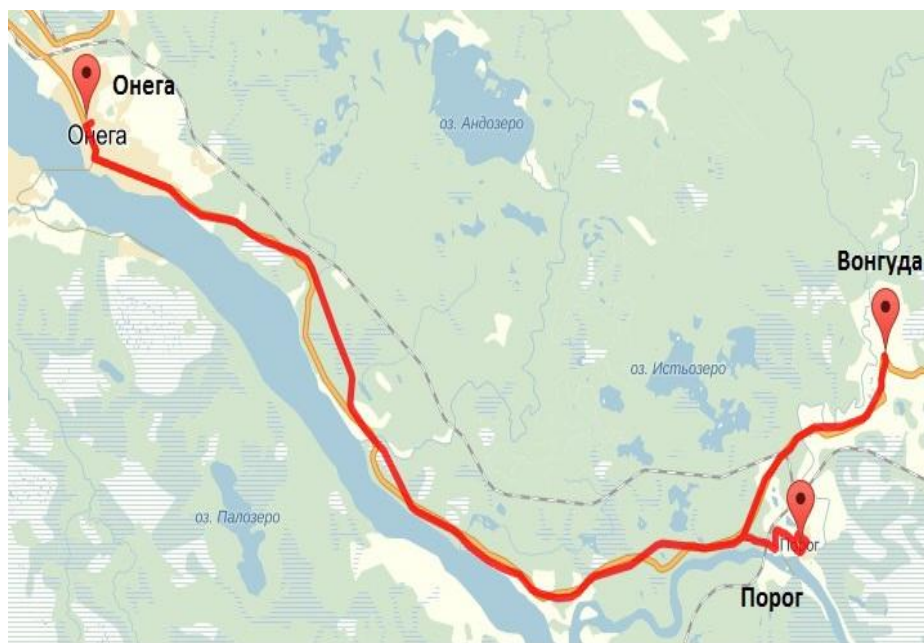


Рисунок 7 – Участок карты местности с трассой прокладки оптического кабеля (вариант 7)



Рисунок 8 – Участок карты местности с трассой прокладки оптического кабеля (вариант 8)

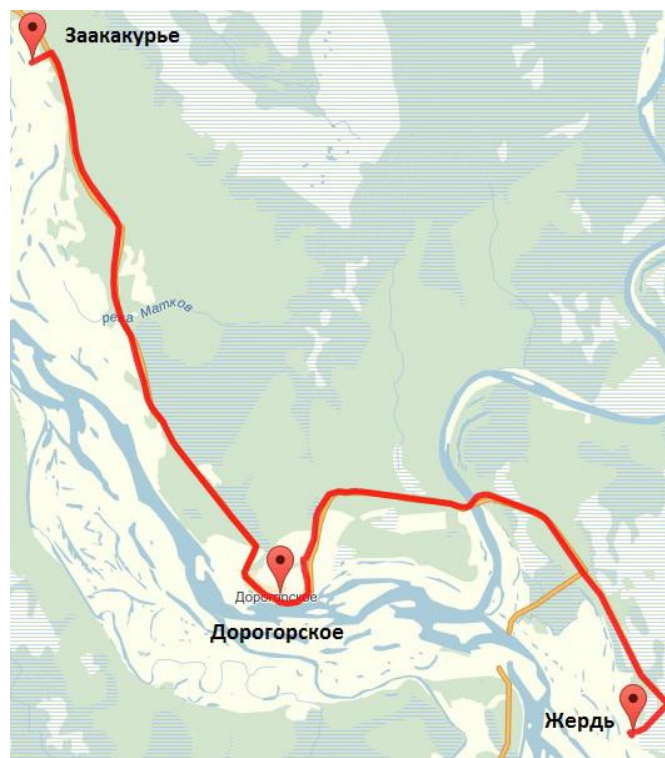


Рисунок 9 – Участок карты местности с трассой прокладки оптического кабеля (вариант 9)



Рисунок 10 – Участок карты местности с трассой прокладки оптического кабеля (вариант 10)

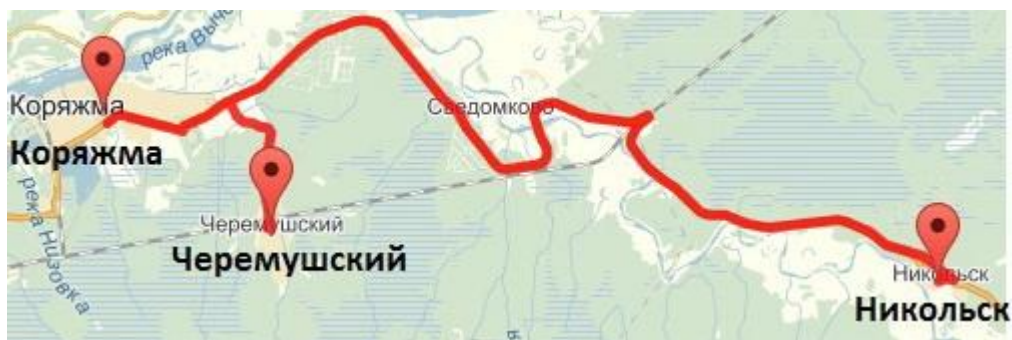


Рисунок 11 – Карта местности с трассой прокладки оптического кабеля (вариант 11)

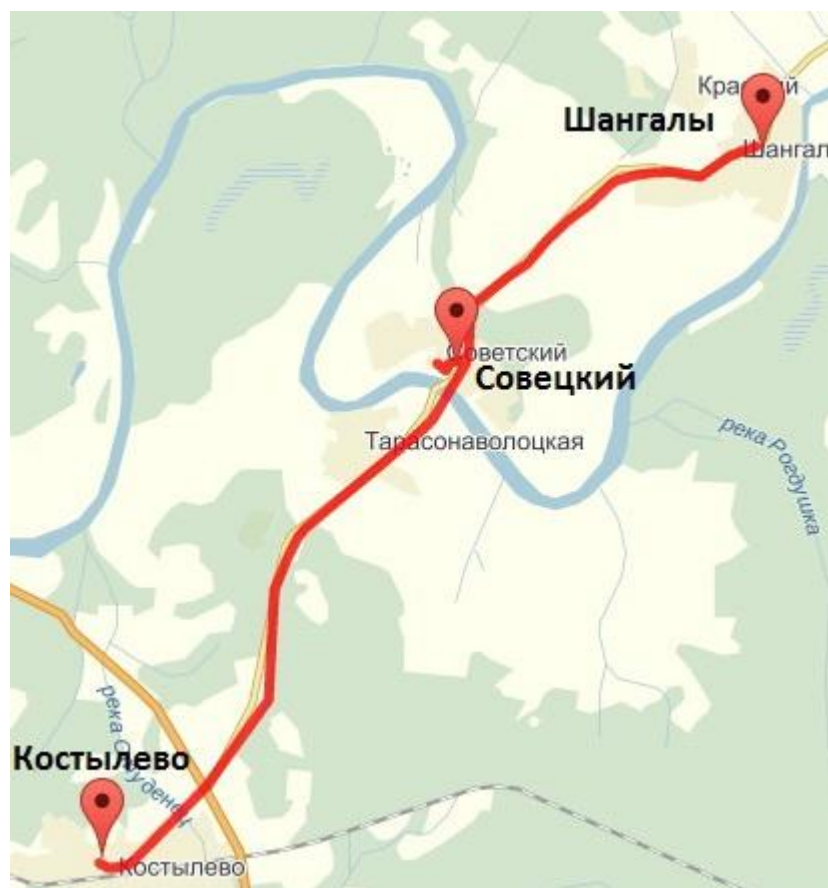


Рисунок 12 – Участок карты местности с трассой прокладки оптического кабеля (вариант 12)

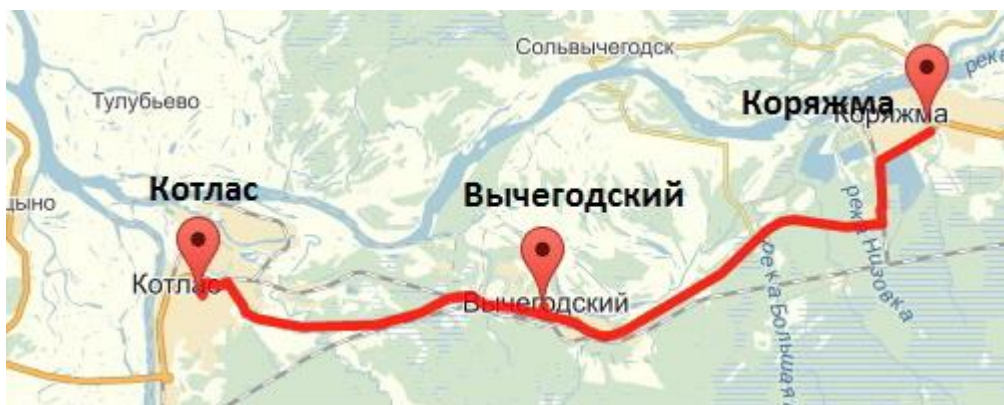


Рисунок 13 – Участок карты местности с трассой прокладки оптического кабеля (вариант 13)

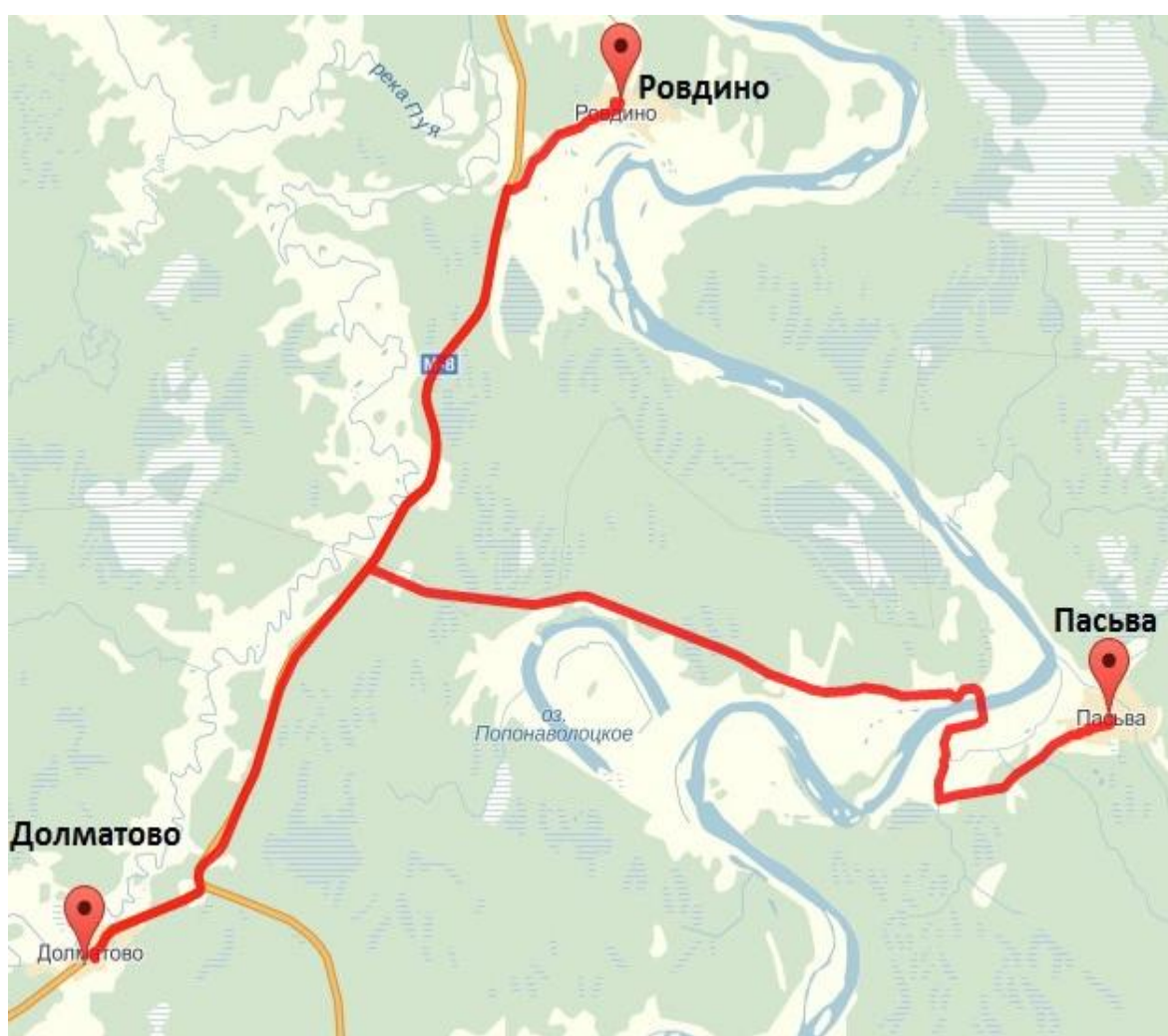


Рисунок 14 – Участок карты местности с трассой прокладки оптического кабеля (вариант 14)



Рисунок 15 – Участок карты местности с трассой прокладки оптического кабеля (вариант 15)

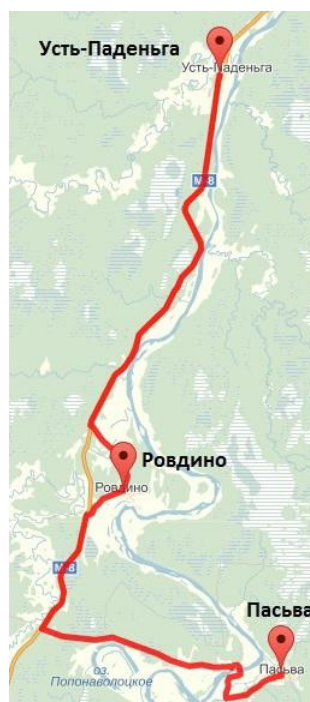


Рисунок 16 – Участок карты местности с трассой прокладки оптического кабеля (вариант 16)

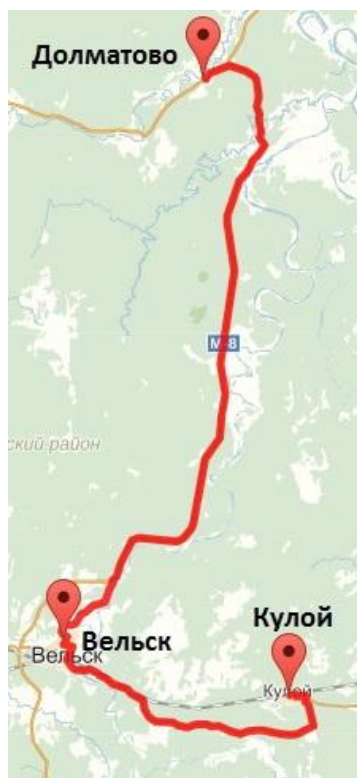


Рисунок 17 – Участок карты местности с трассой прокладки оптического кабеля (вариант 17)



Рисунок 18 – Участок карты местности с трассой прокладки оптического кабеля (вариант 18)



Рисунок 19 – Участок карты местности с трассой прокладки оптического кабеля (вариант 19)

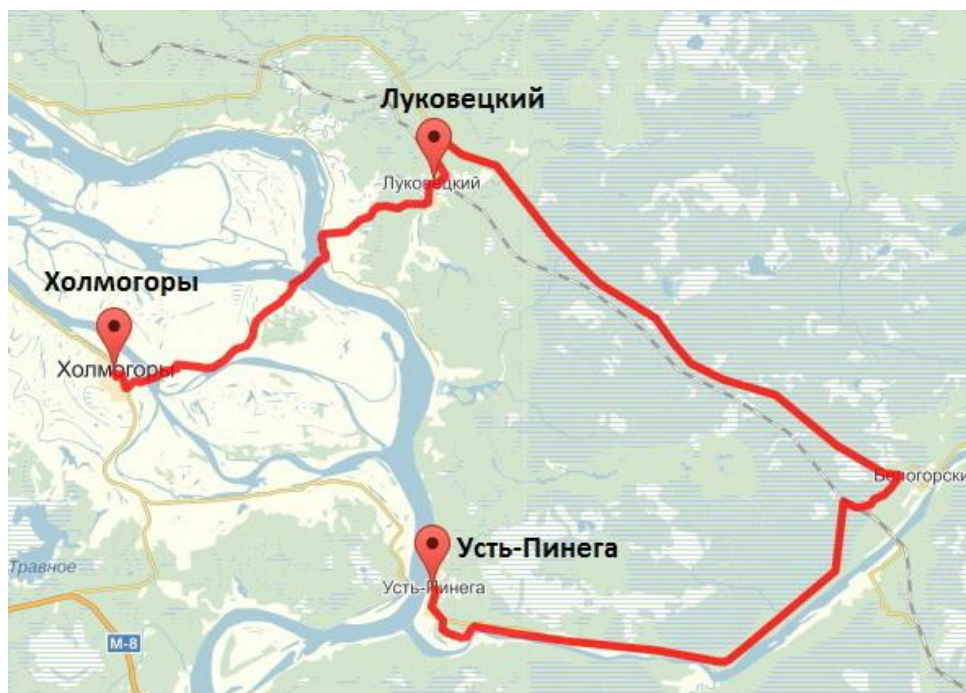


Рисунок 20 – Участок карты местности с трассой прокладки оптического кабеля (вариант 20)

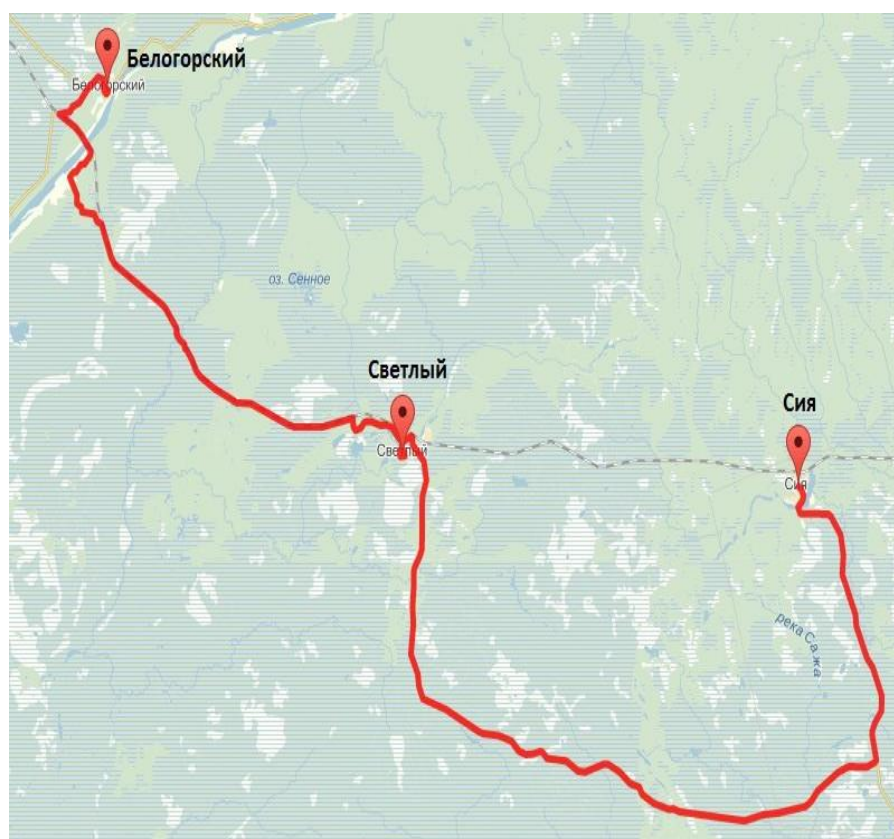


Рисунок 21 – Участок карты местности с трассой прокладки оптического кабеля (вариант 21)



Рисунок 22 – Участок карты местности с трассой прокладки оптического кабеля (вариант 22)



Рисунок 23 – Участок карты местности с трассой прокладки оптического кабеля (вариант 23)



Рисунок 24 – Участок карты местности с трассой прокладки оптического кабеля (вариант 24)

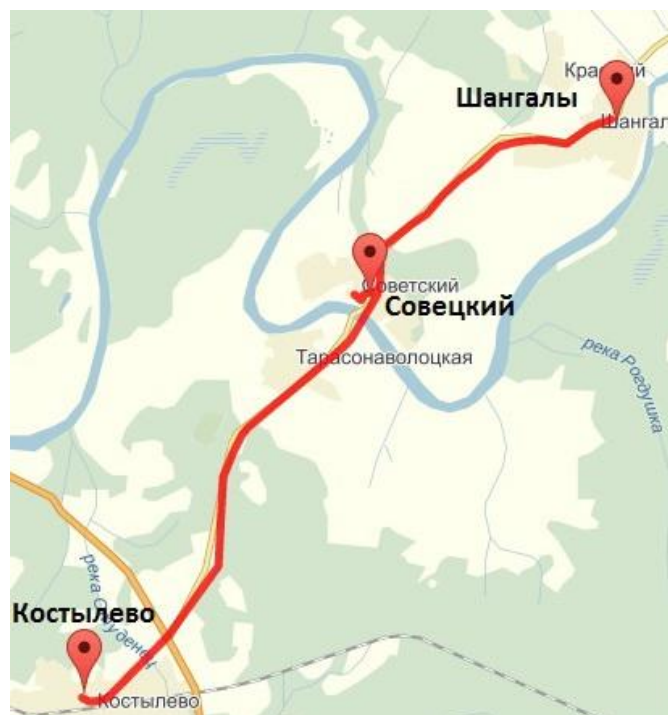


Рисунок 25 – Участок карты местности с трассой прокладки оптического кабеля (вариант 25)

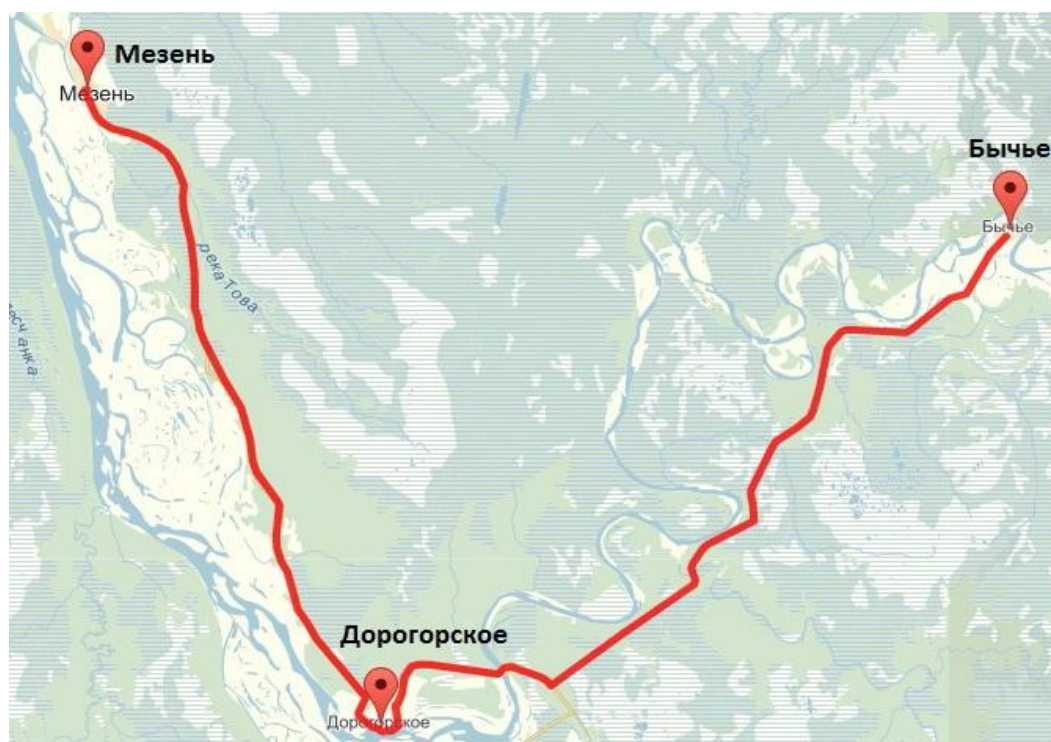


Рисунок 26 – Участок карты местности с трассой прокладки оптического кабеля (вариант 26)

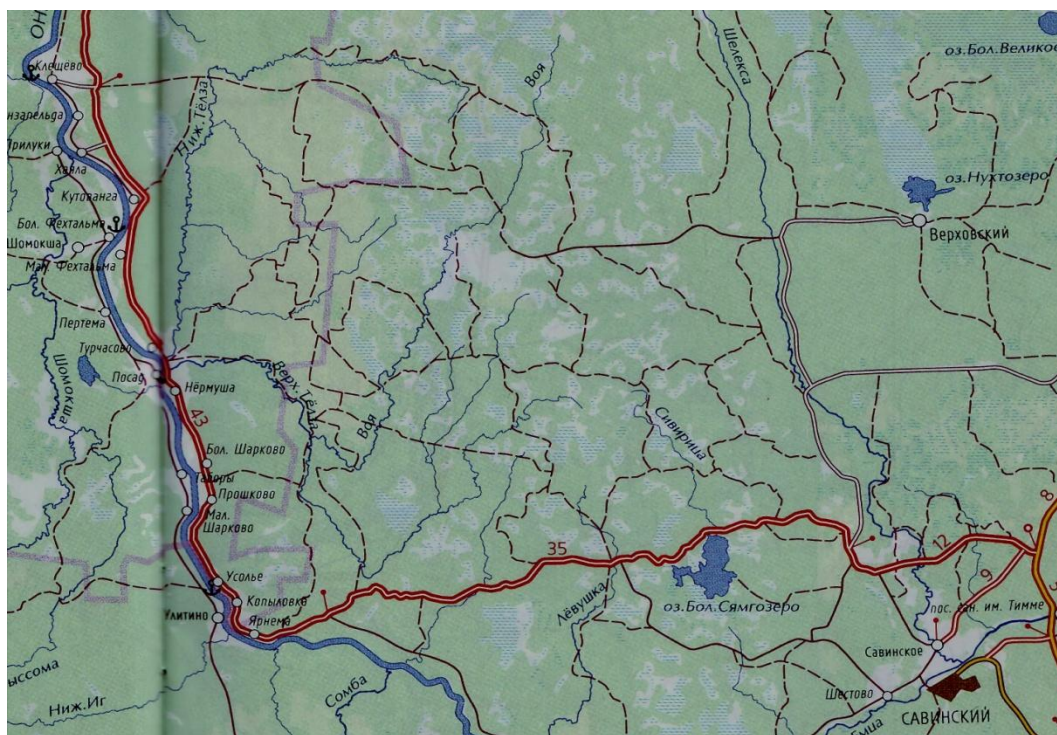


Рисунок 27 – Участок карты местности для прокладки оптического кабеля
(вариант 27)

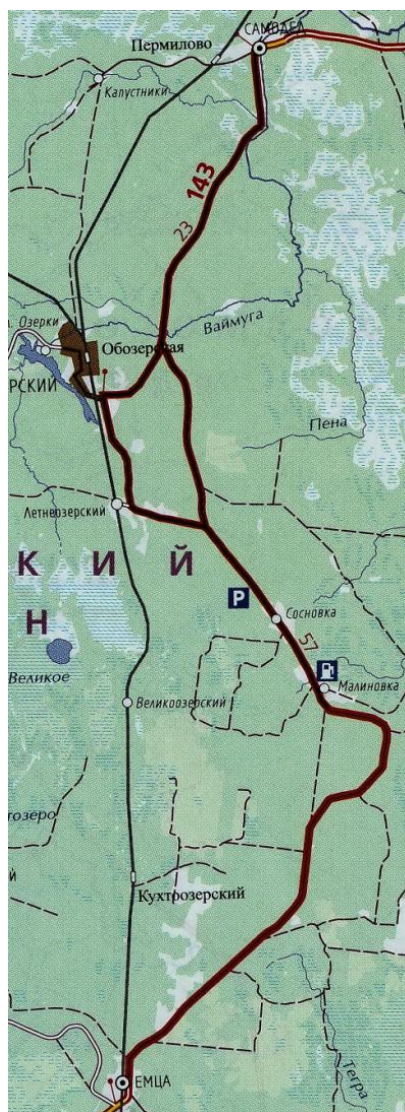


Рисунок 28 – Участок карты местности для прокладки оптического кабеля (вариант 28)

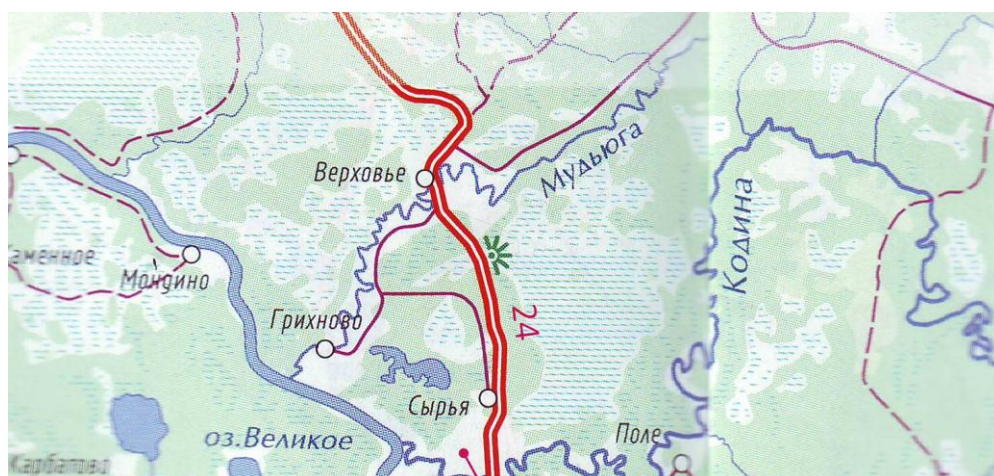


Рисунок 29 – Участок карты местности для прокладки оптического кабеля (вариант 29)



Рисунок 30 – Участок карты местности для прокладки оптического кабеля (вариант 30)

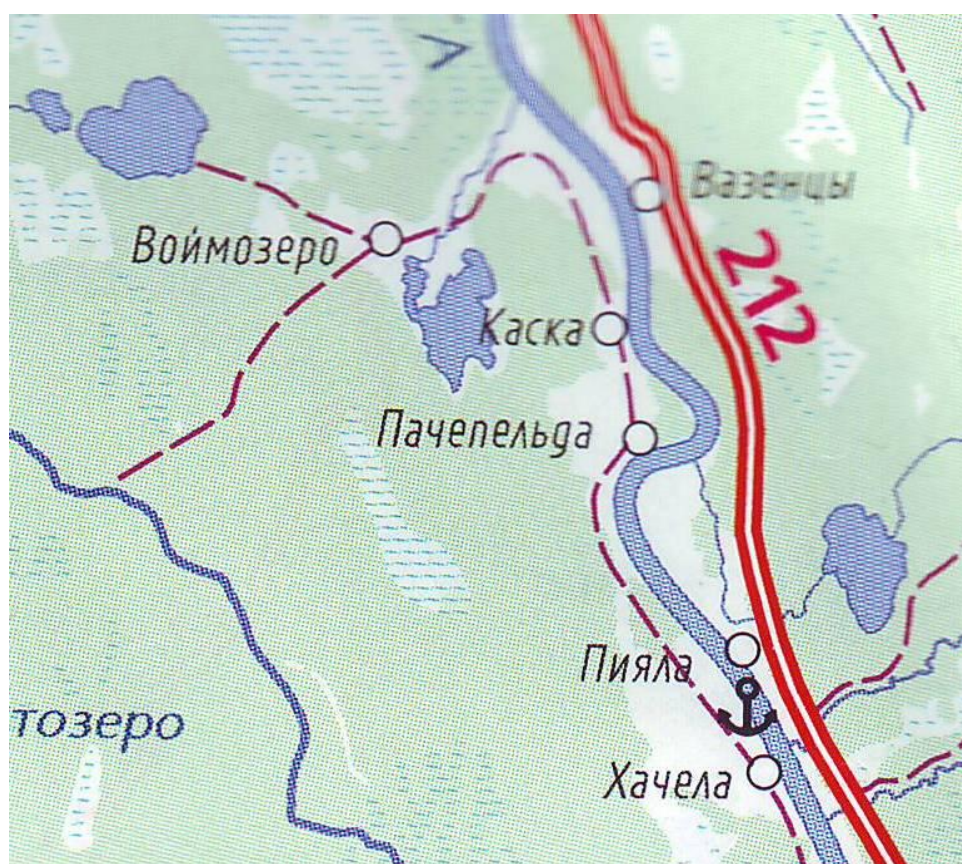


Рисунок 31 – Участок карты местности для прокладки оптического кабеля (вариант 31)



Рисунок 32 – Участок карты местности для прокладки оптического кабеля
(вариант 32)



Рисунок 33 – Участок карты местности для прокладки оптического кабеля (вариант 33)



Рисунок 34 – Участок карты местности для прокладки оптического кабеля (вариант 34)

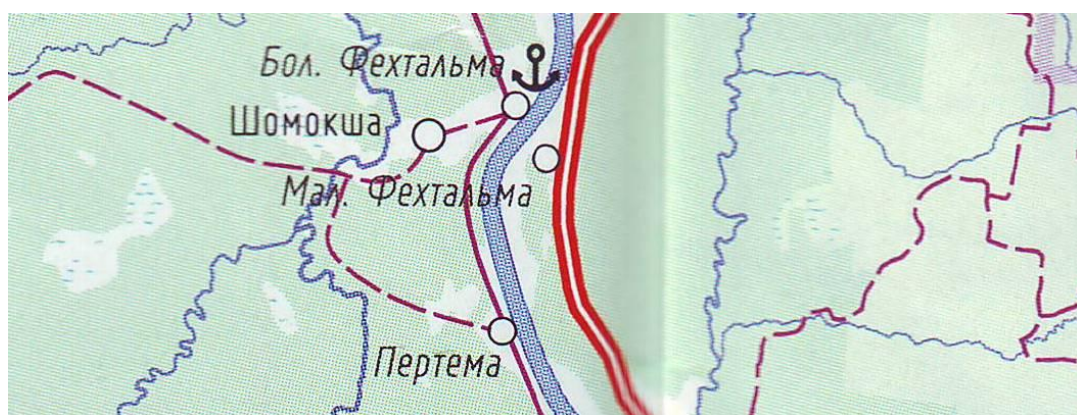


Рисунок 35 – Участок карты местности для прокладки оптического кабеля (вариант 35)

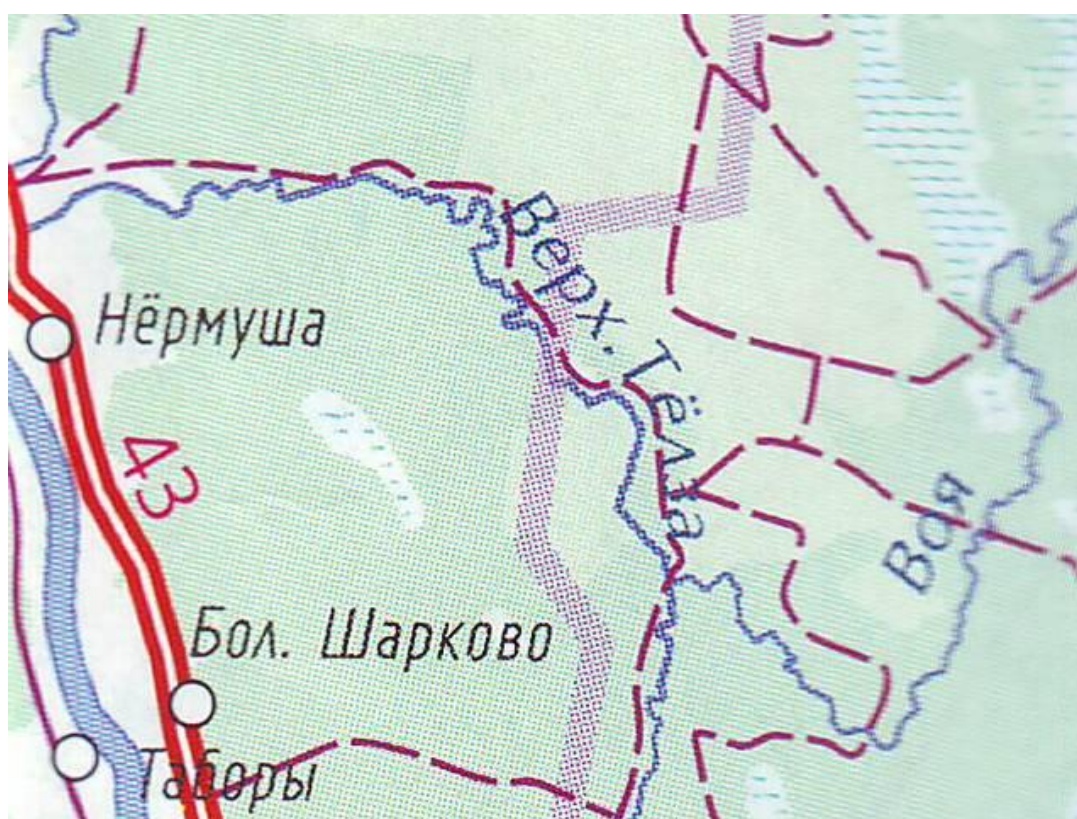


Рисунок 36 – Участок карты местности для прокладки оптического кабеля (вариант 36)



Рисунок 37 – Участок карты местности для прокладки оптического кабеля
(вариант 37)



Рисунок 38 – Участок карты местности для прокладки оптического кабеля
(вариант 38)



Рисунок 39 – Участок карты местности для прокладки оптического кабеля (вариант 39)

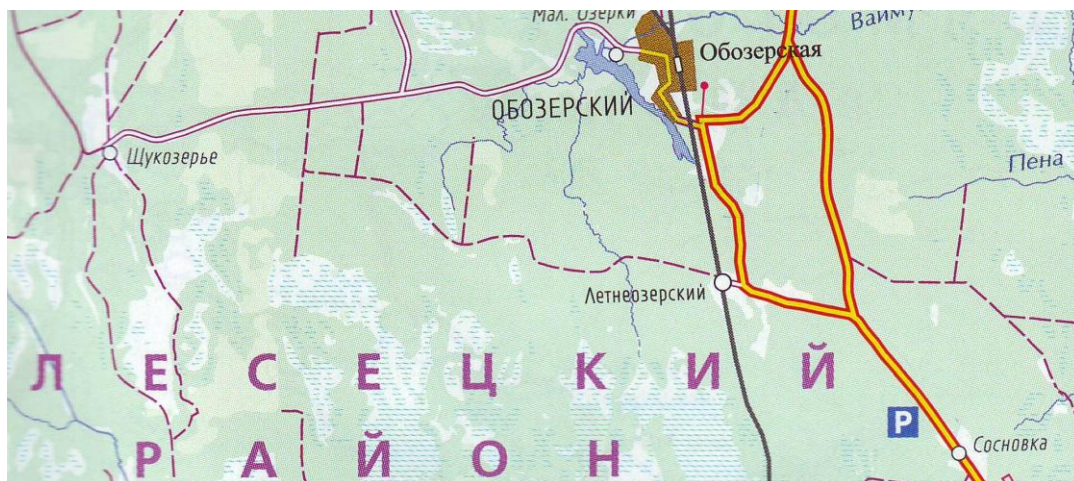


Рисунок 40 – Участок карты местности для прокладки оптического кабеля (вариант 40)



Рисунок 41 – Участок карты местности для прокладки оптического кабеля (вариант 41)

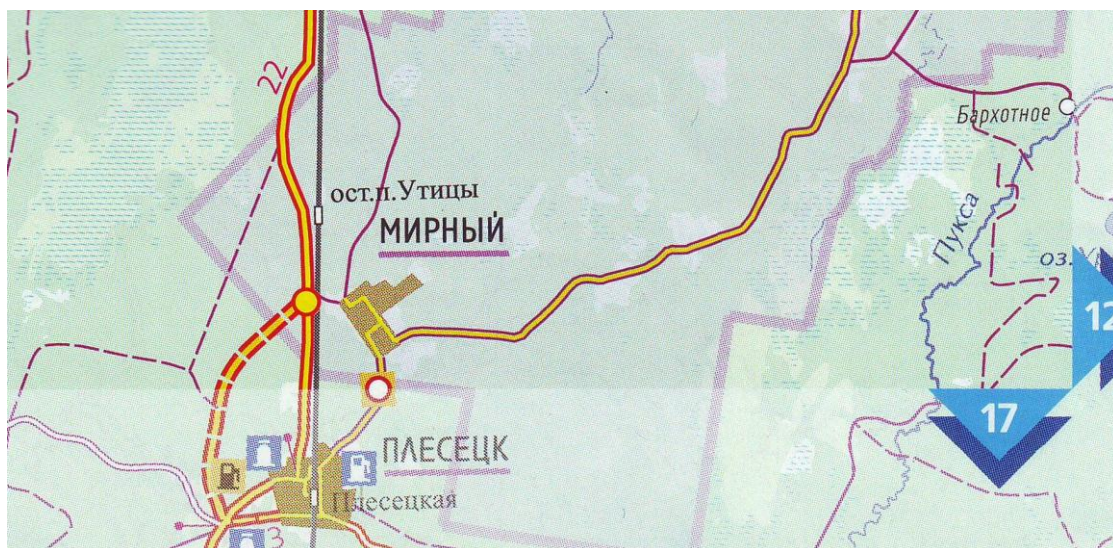


Рисунок 42 – Участок карты местности для прокладки оптического кабеля (вариант 42)

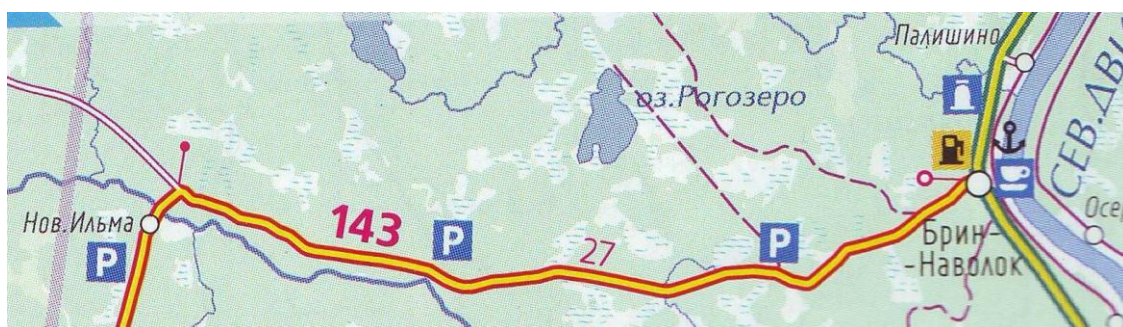


Рисунок 43 – Участок карты местности для прокладки оптического кабеля (вариант 43)

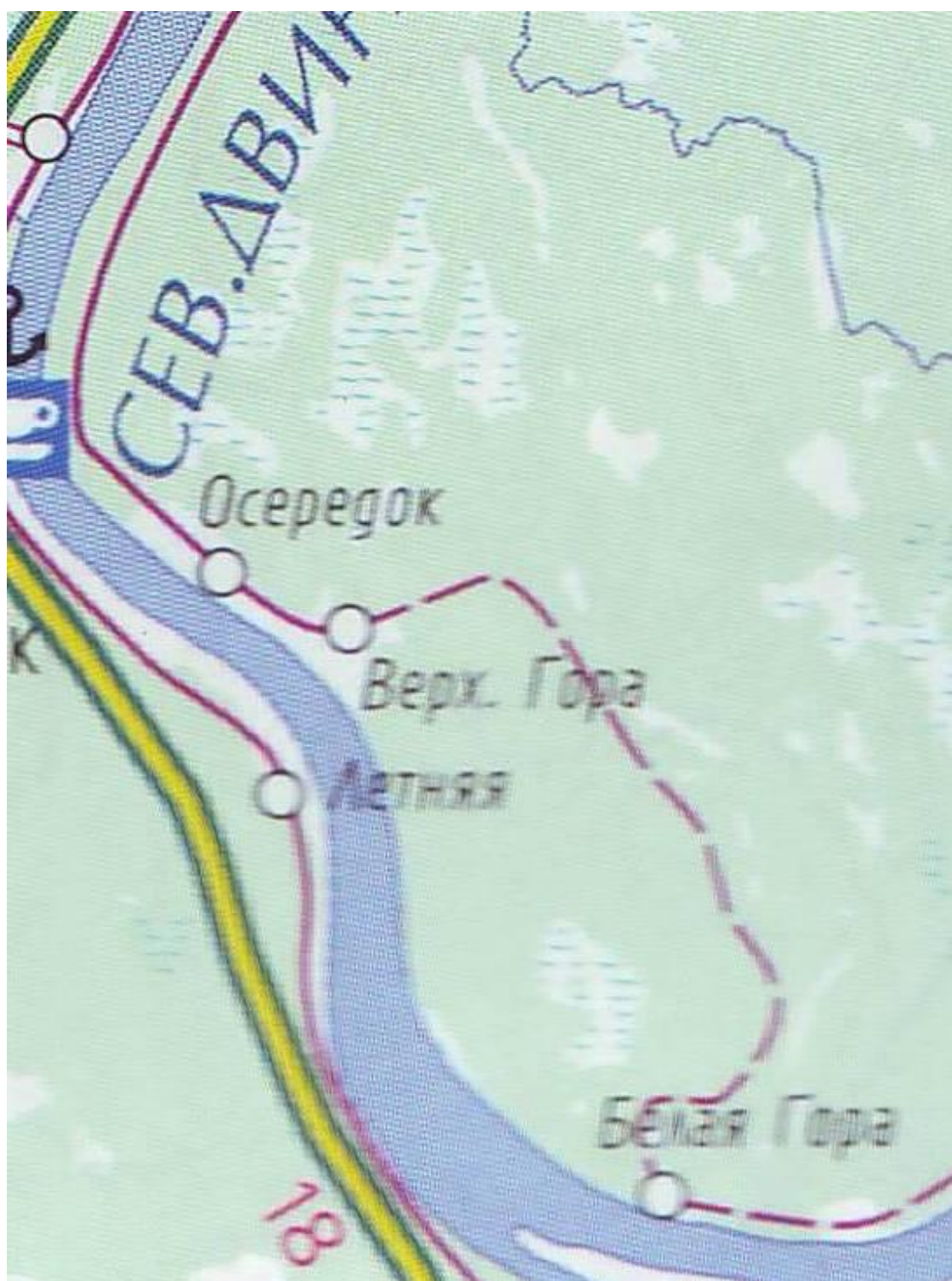


Рисунок 44 – Участок карты местности для прокладки оптического кабеля
(вариант 44)

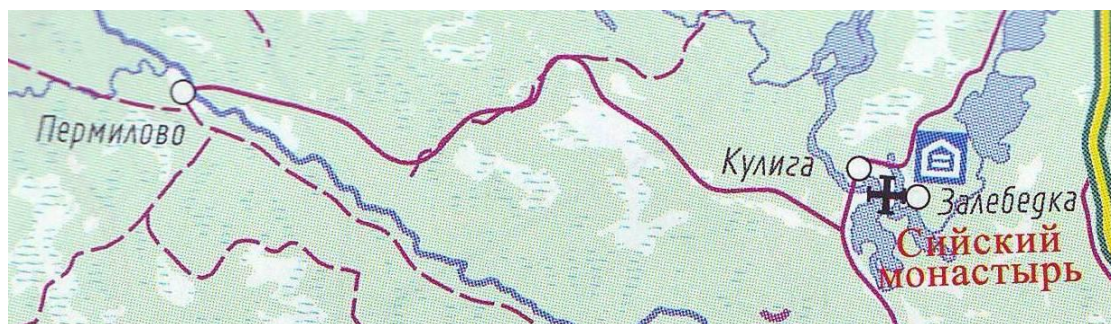


Рисунок 45 – Участок карты местности для прокладки оптического кабеля
(вариант 45)



Рисунок 46 – Участок карты местности для прокладки оптического кабеля
(вариант 46)

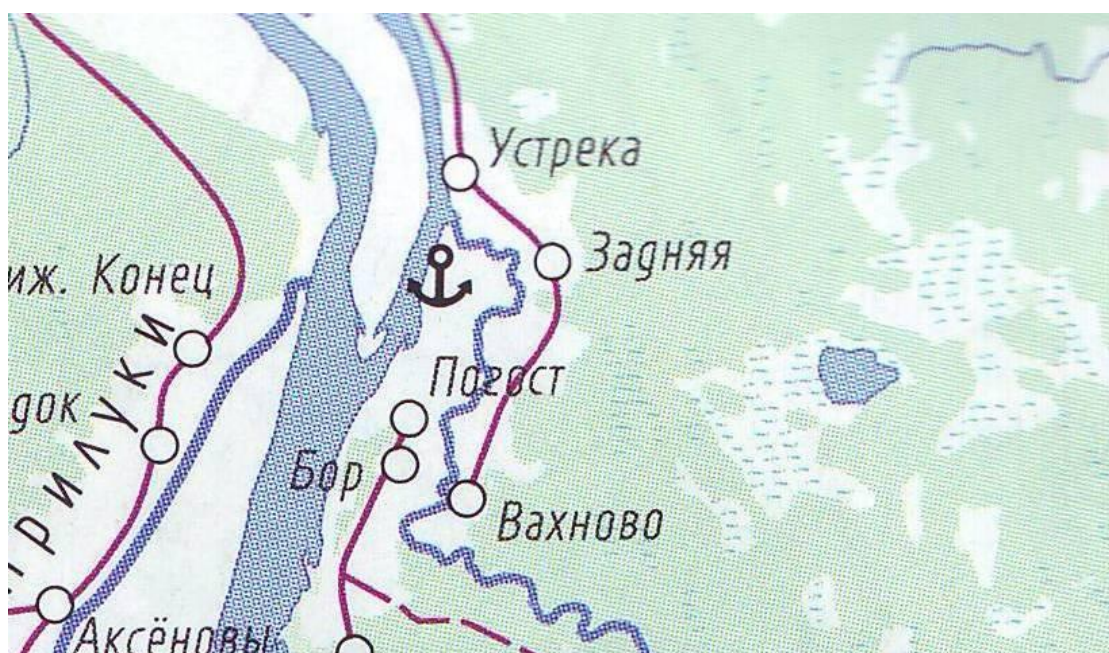


Рисунок 47 – Участок карты местности для прокладки оптического кабеля (вариант 47)

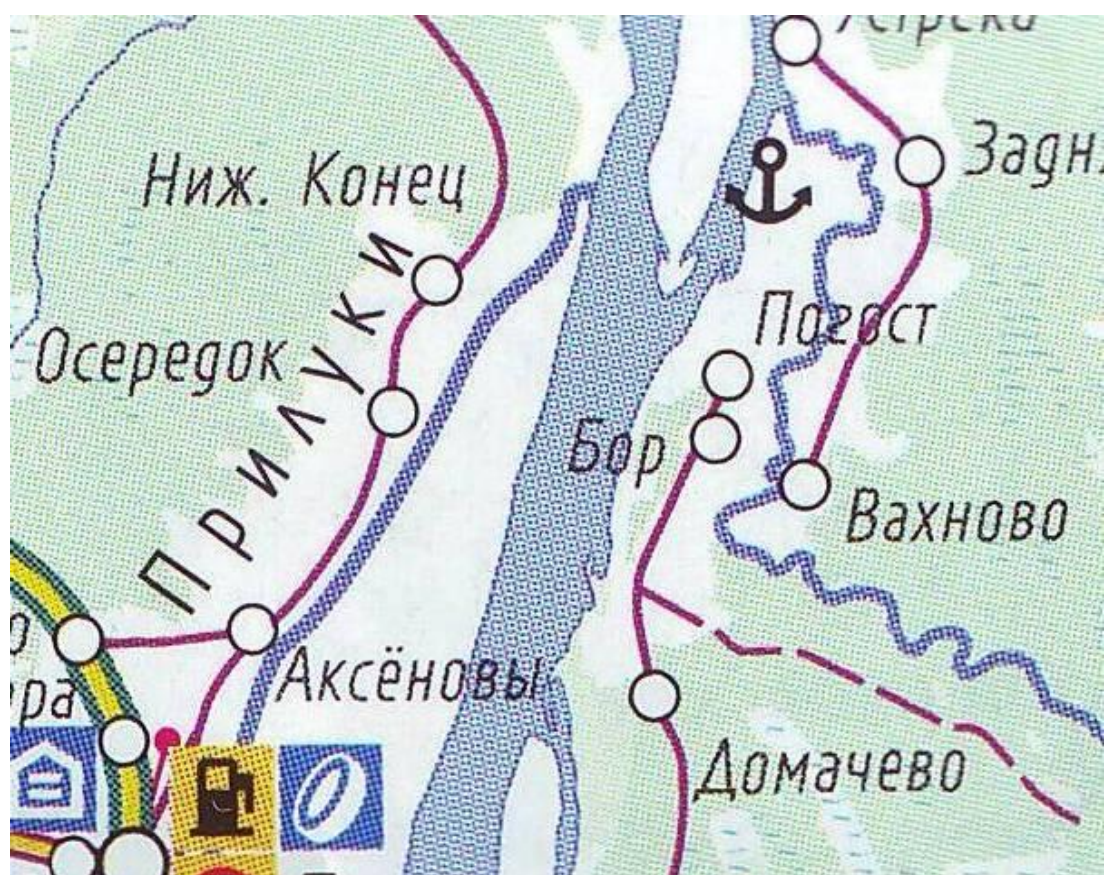


Рисунок 48 – Участок карты местности для прокладки оптического кабеля (вариант 48)

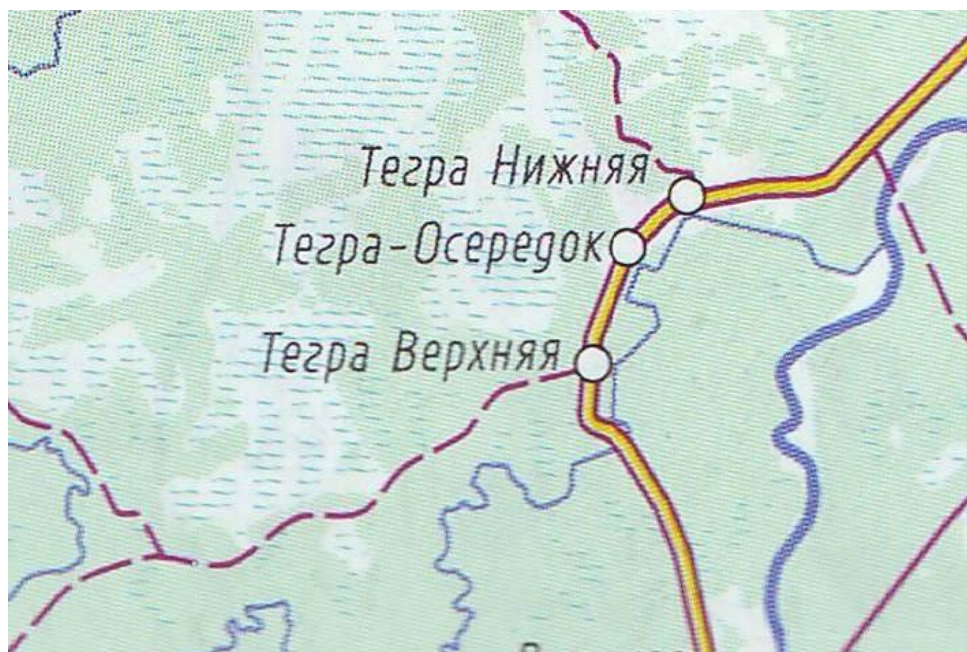


Рисунок 49 – Участок карты местности для прокладки оптического кабеля (вариант 49)

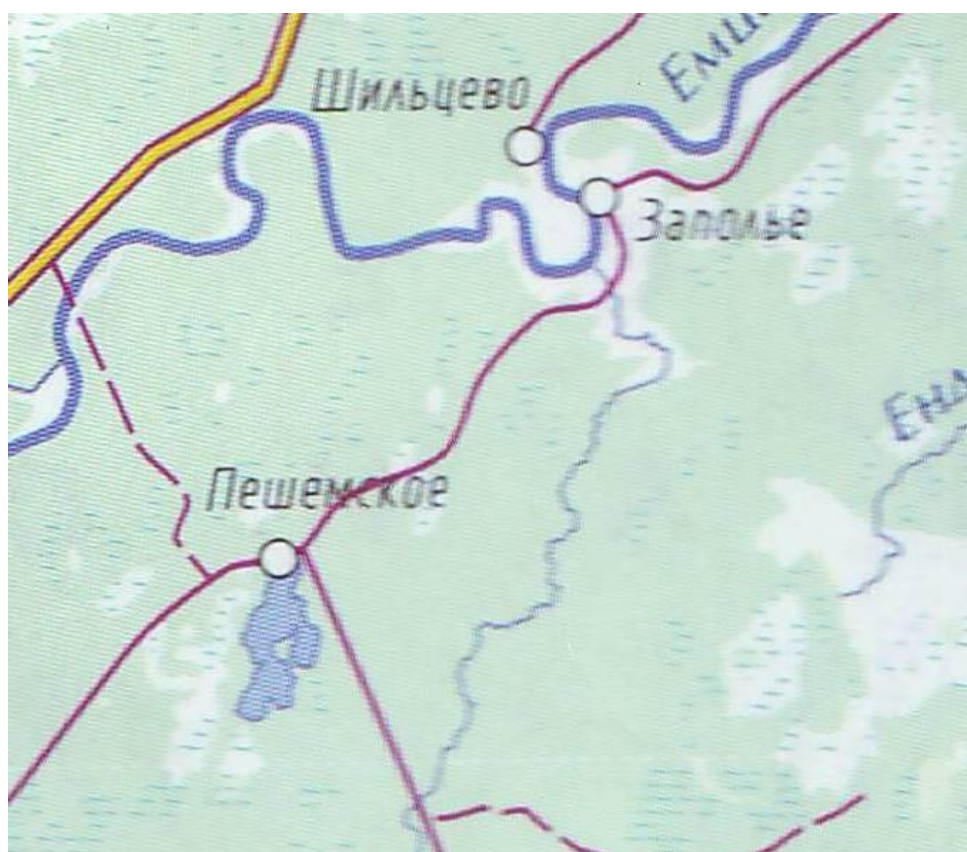


Рисунок 50 – Участок карты местности для прокладки оптического кабеля (вариант 50)

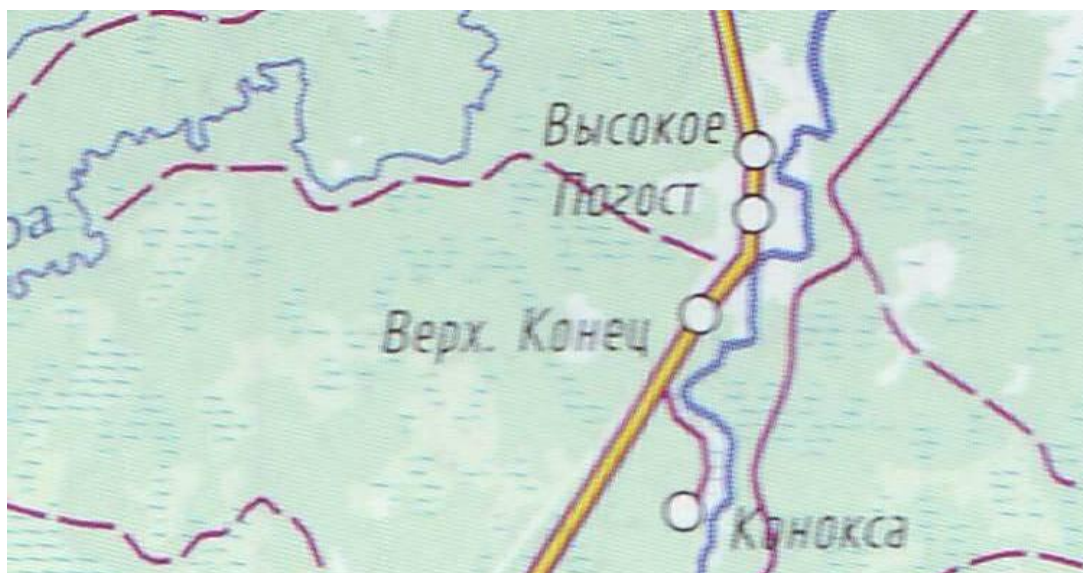


Рисунок 51 – Участок карты местности с трассой прокладки оптического кабеля (вариант 51)



Рисунок 52 – Участок карты местности с трассой прокладки оптического кабеля (вариант 52)



Рисунок 53 – Участок карты местности с трассой прокладки оптического кабеля (вариант 53)



Рисунок 54 – Участок карты местности с трассой прокладки оптического кабеля (вариант 54)



Рисунок 55 – Участок карты местности с трассой прокладки оптического кабеля (вариант 55)



Рисунок 56 – Участок карты местности с трассой прокладки оптического кабеля (вариант 56)

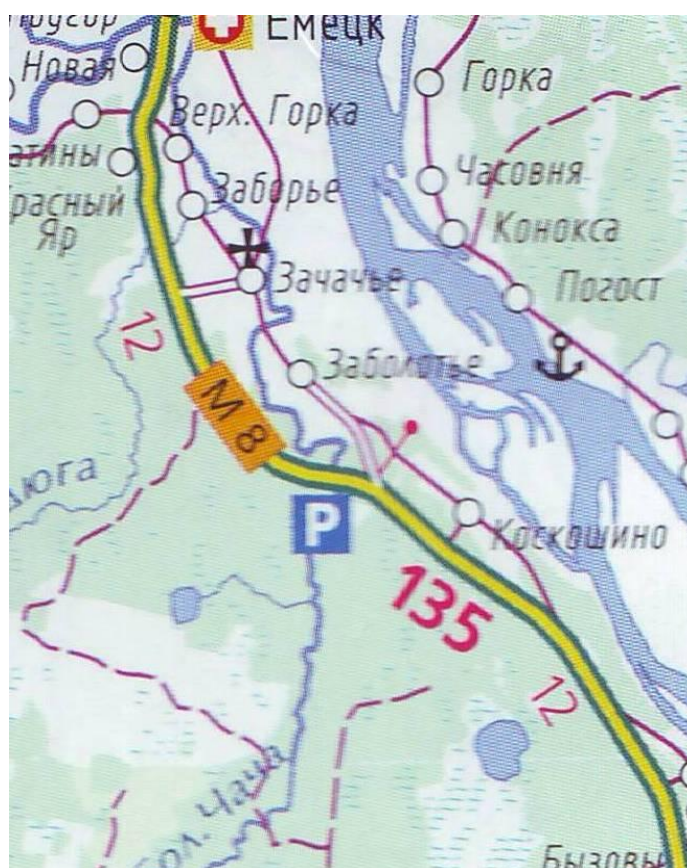


Рисунок 57 – Участок карты местности с трассой прокладки оптического кабеля (вариант 57)



Рисунок 58 – Участок карты местности с трассой прокладки оптического кабеля (вариант 58)

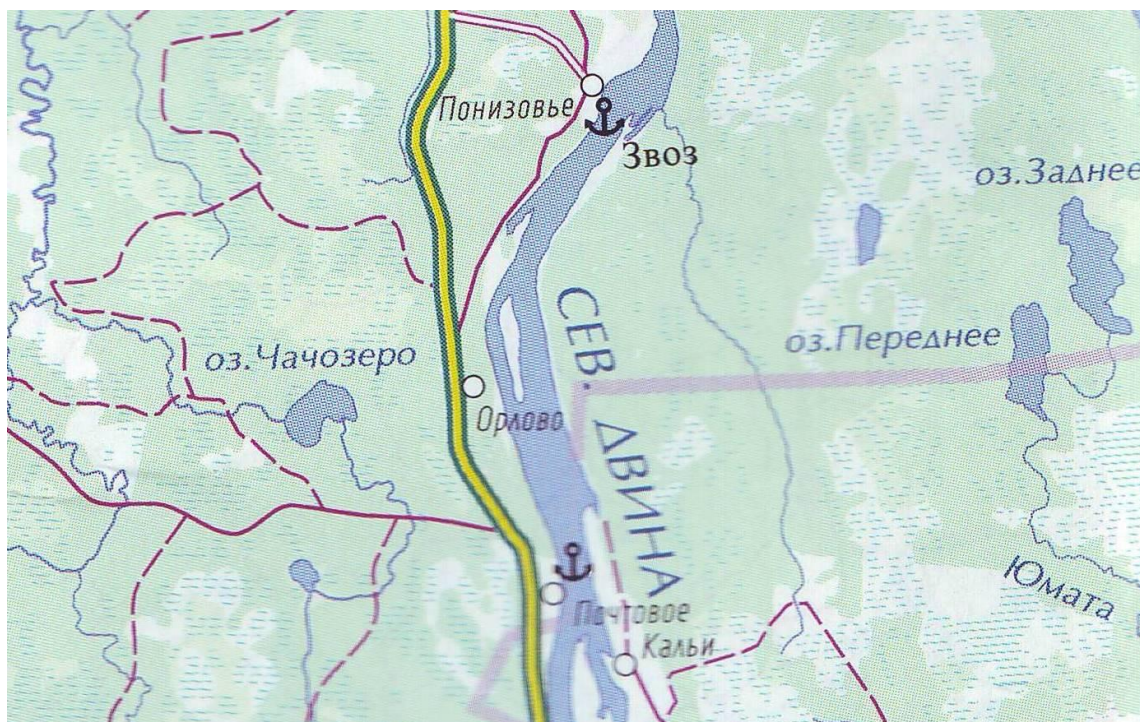


Рисунок 59 – Участок карты местности с трассой прокладки оптического кабеля (вариант 59)

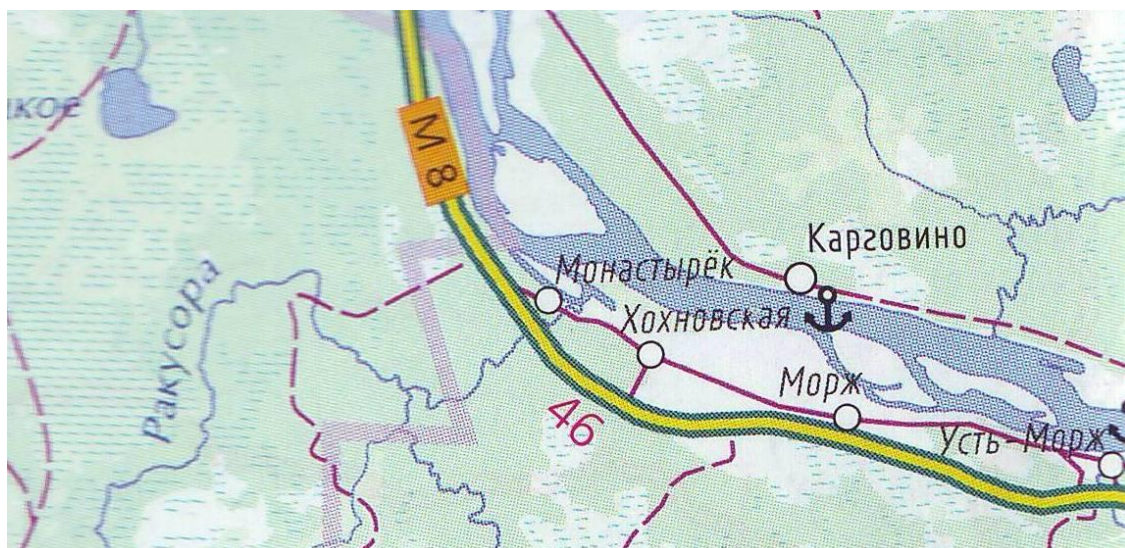


Рисунок 60 – Участок карты местности с трассой прокладки оптического кабеля (вариант 60)

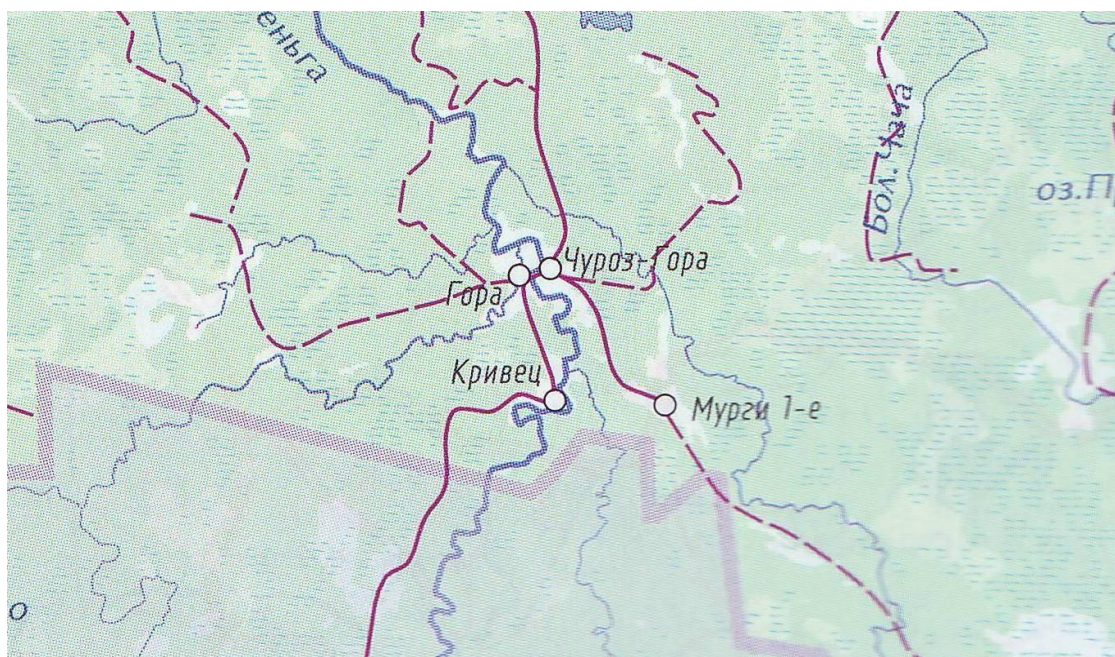


Рисунок 61 – Участок карты местности с трассой прокладки оптического кабеля (вариант 61)



Рисунок 62 – Участок карты местности с трассой прокладки оптического кабеля (вариант 62)

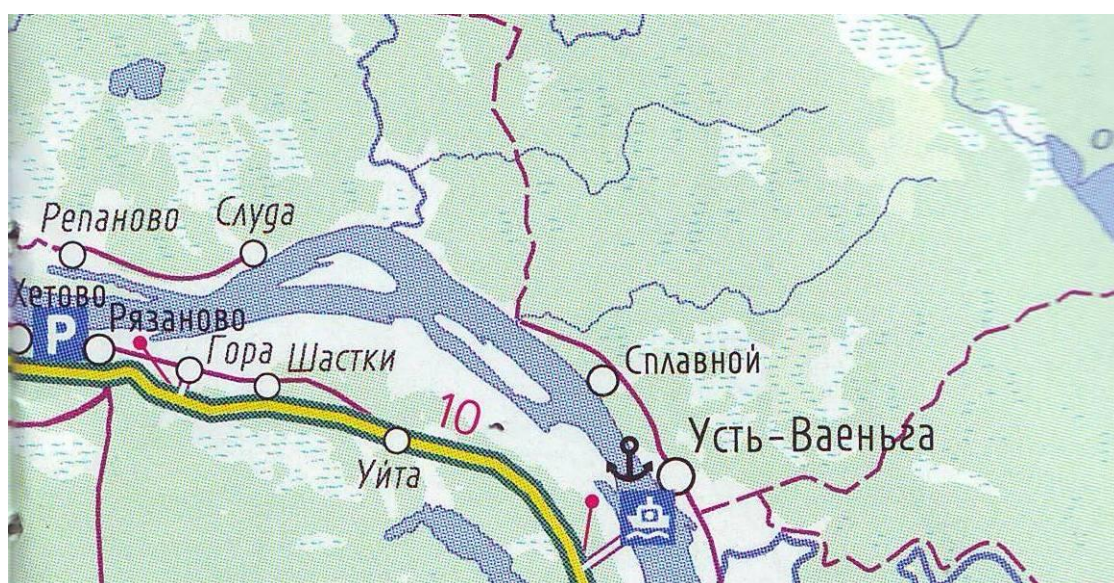


Рисунок 63 – Участок карты местности с трассой прокладки оптического кабеля (вариант 63)

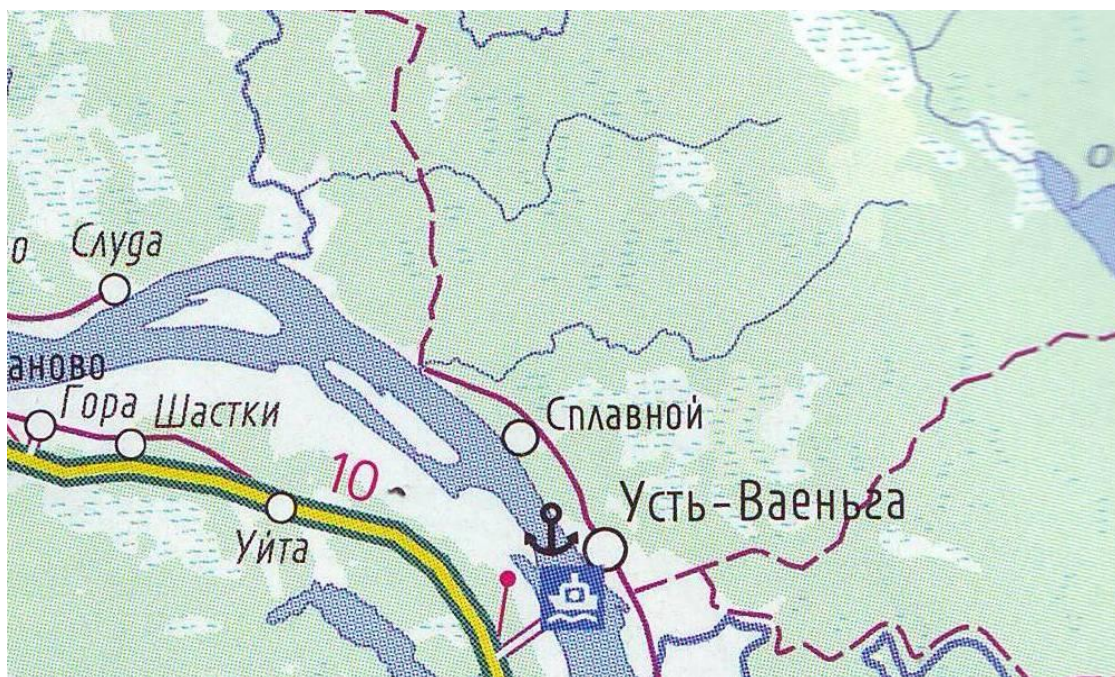


Рисунок 64 – Участок карты местности с трассой прокладки оптического кабеля (вариант 64)



Рисунок 65 – Участок карты местности с трассой прокладки оптического кабеля (вариант 65)



Рисунок 66 – Участок карты местности с трассой прокладки оптического кабеля (вариант 66)



Рисунок 67 – Участок карты местности с трассой прокладки оптического кабеля (вариант 67)

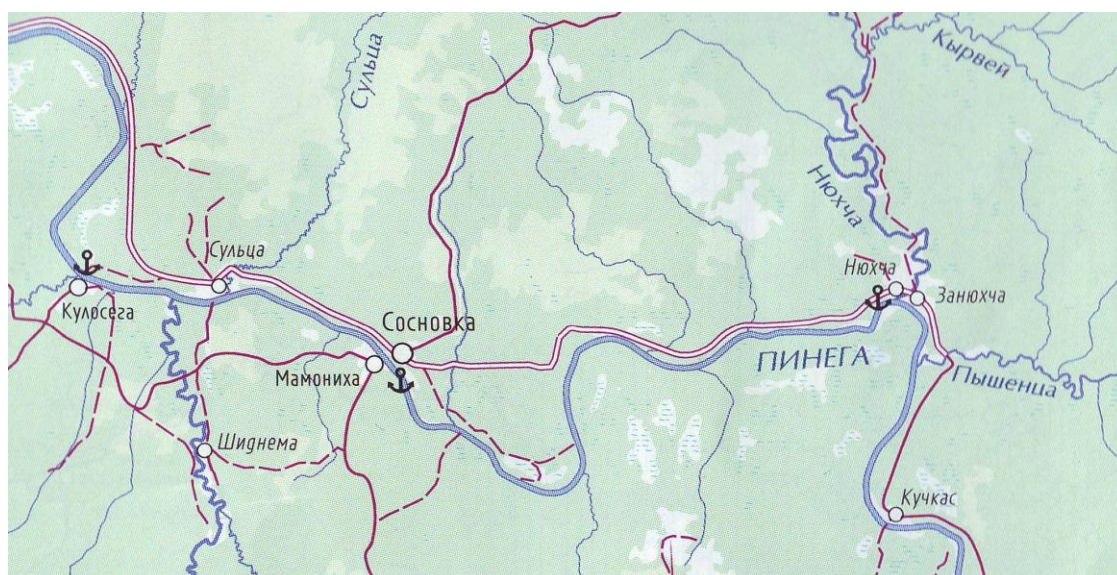


Рисунок 68 – Участок карты местности с трассой прокладки оптического кабеля (вариант 68)

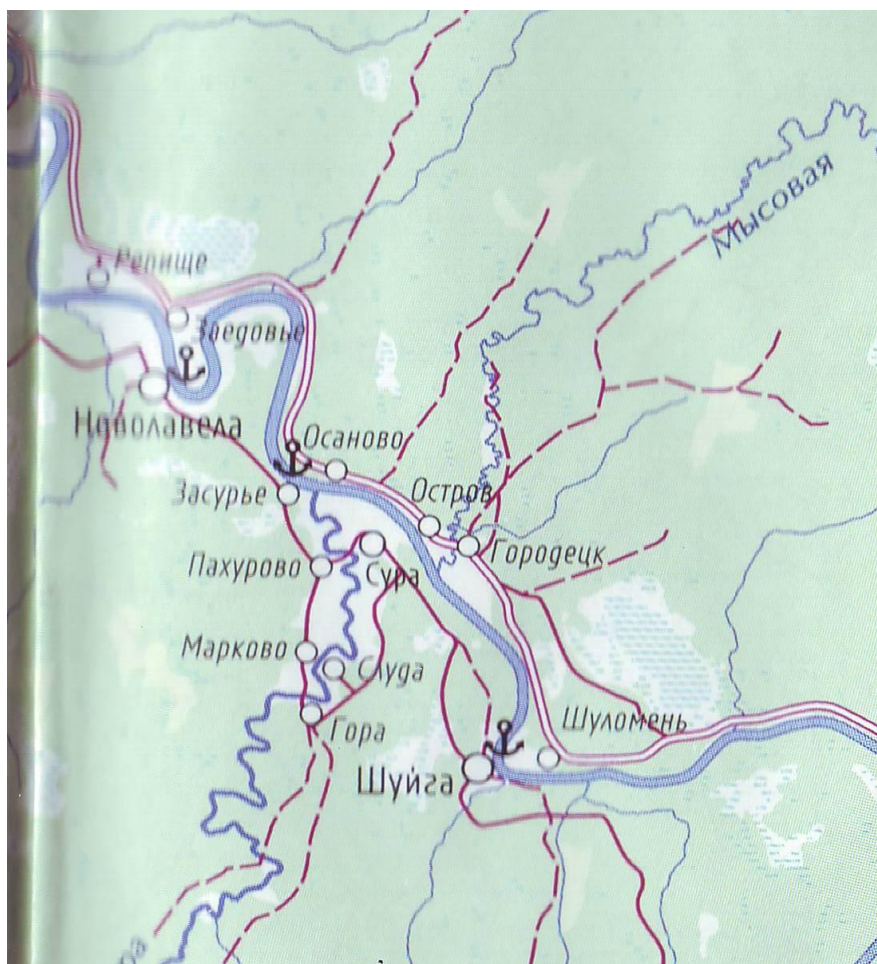


Рисунок 69 – Участок карты местности с трассой прокладки оптического кабеля (вариант 69)

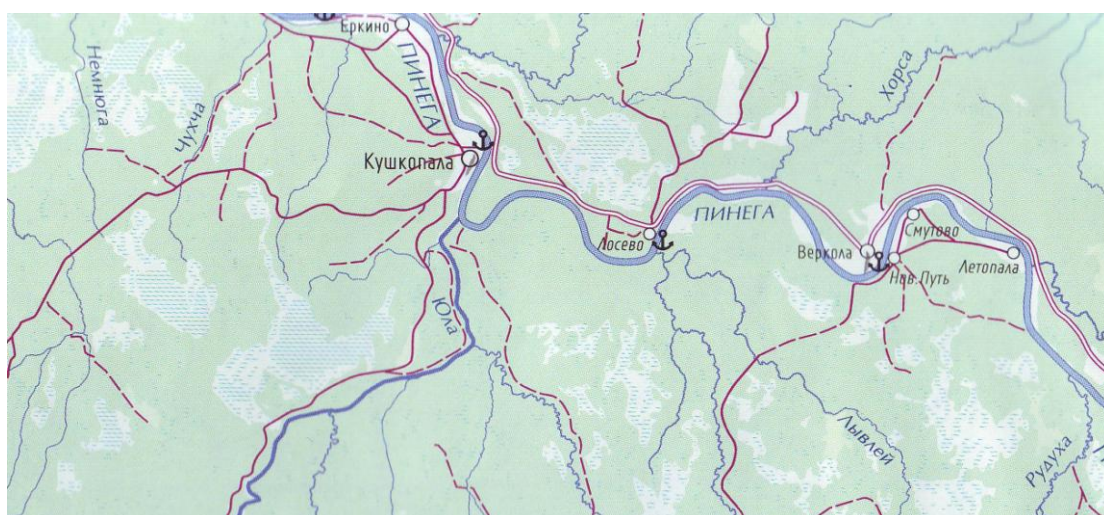


Рисунок 70 – Участок карты местности с трассой прокладки оптического кабеля (вариант 70)

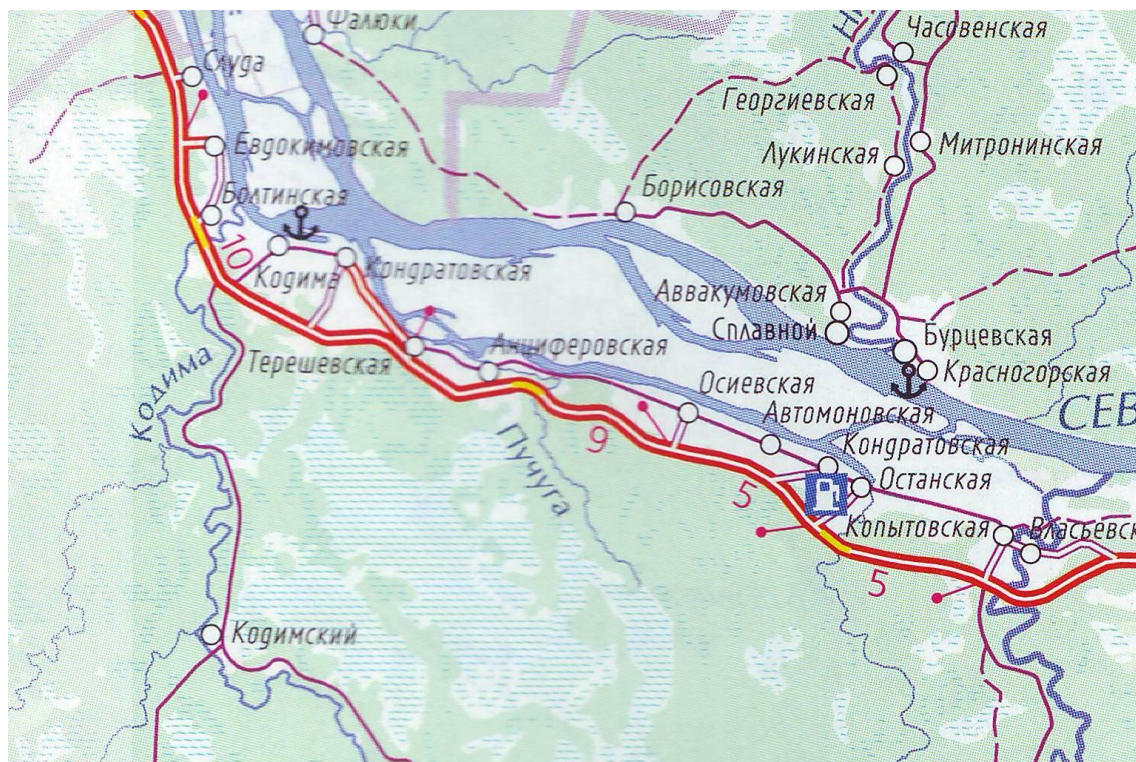


Рисунок 71 – Участок карты местности с трассой прокладки оптического кабеля (вариант 71)



Рисунок 72 – Участок карты местности с трассой прокладки оптического кабеля (вариант 72)



Рисунок 73 – Участок карты местности с трассой прокладки оптического кабеля (вариант 73)



Рисунок 74 – Участок карты местности с трассой прокладки оптического кабеля (вариант 74)

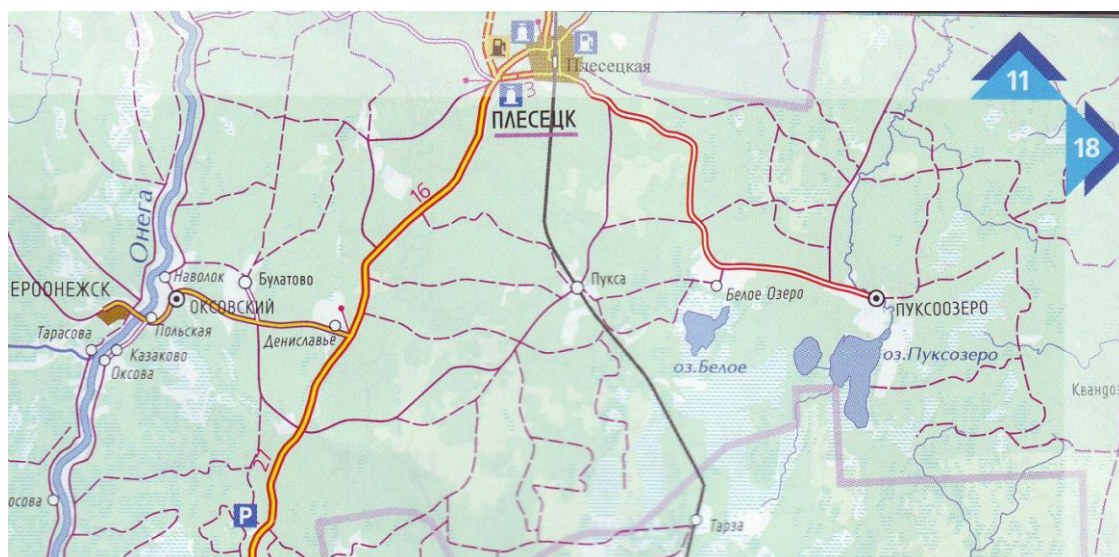


Рисунок 75 – Участок карты местности с трассой прокладки оптического кабеля (вариант 75)



Рисунок 76 – Участок карты местности с трассой прокладки оптического кабеля (вариант 76)



Рисунок 77 – Участок карты местности с трассой прокладки оптического кабеля (вариант 77)



Рисунок 78 – Участок карты местности с трассой прокладки оптического кабеля (вариант 78)



Рисунок 79 – Участок карты местности с трассой прокладки оптического кабеля (вариант 79)

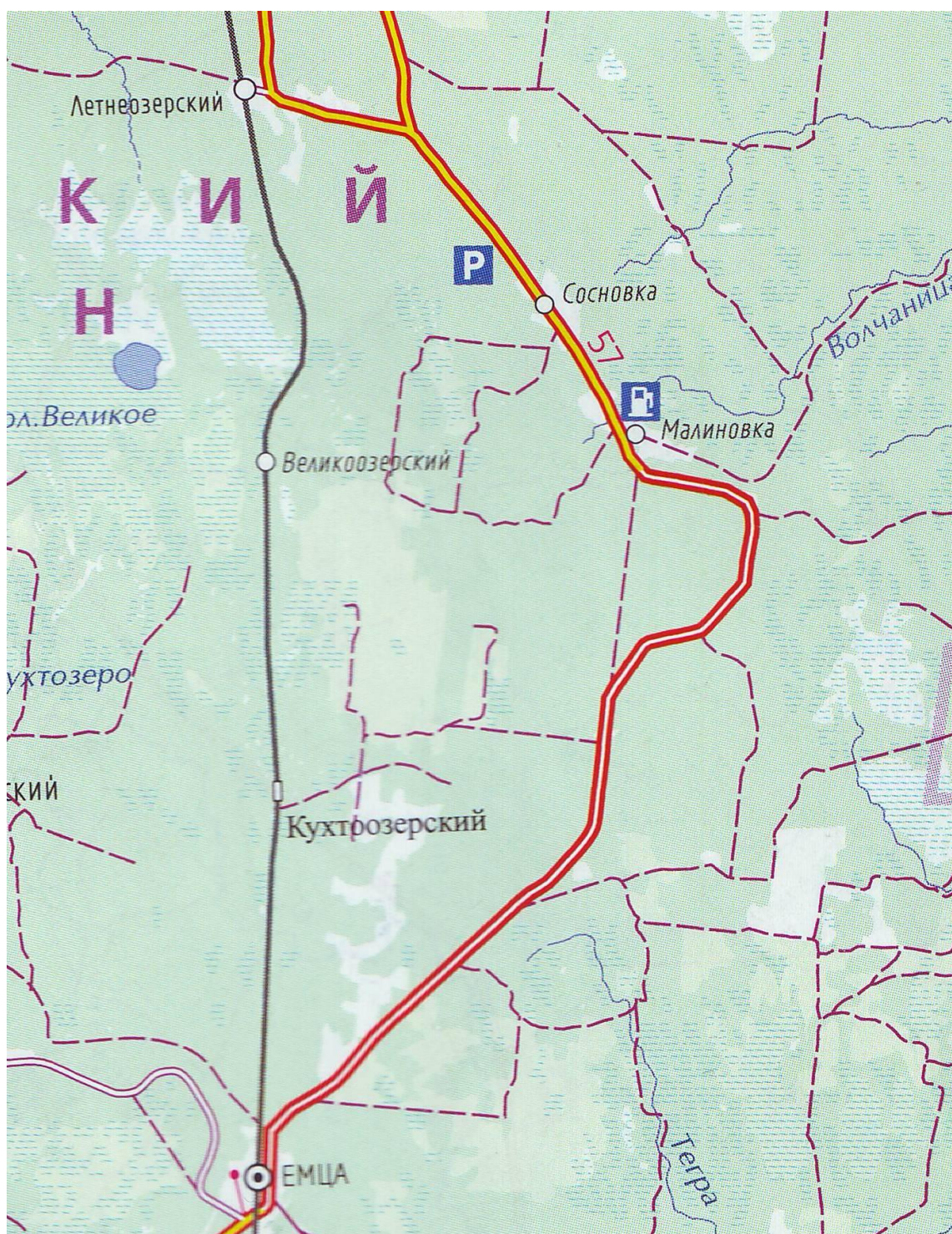


Рисунок 80 – Участок карты местности с трассой прокладки оптического кабеля (вариант 80)



Рисунок 81 – Участок карты местности с трассой прокладки оптического кабеля (вариант 81)

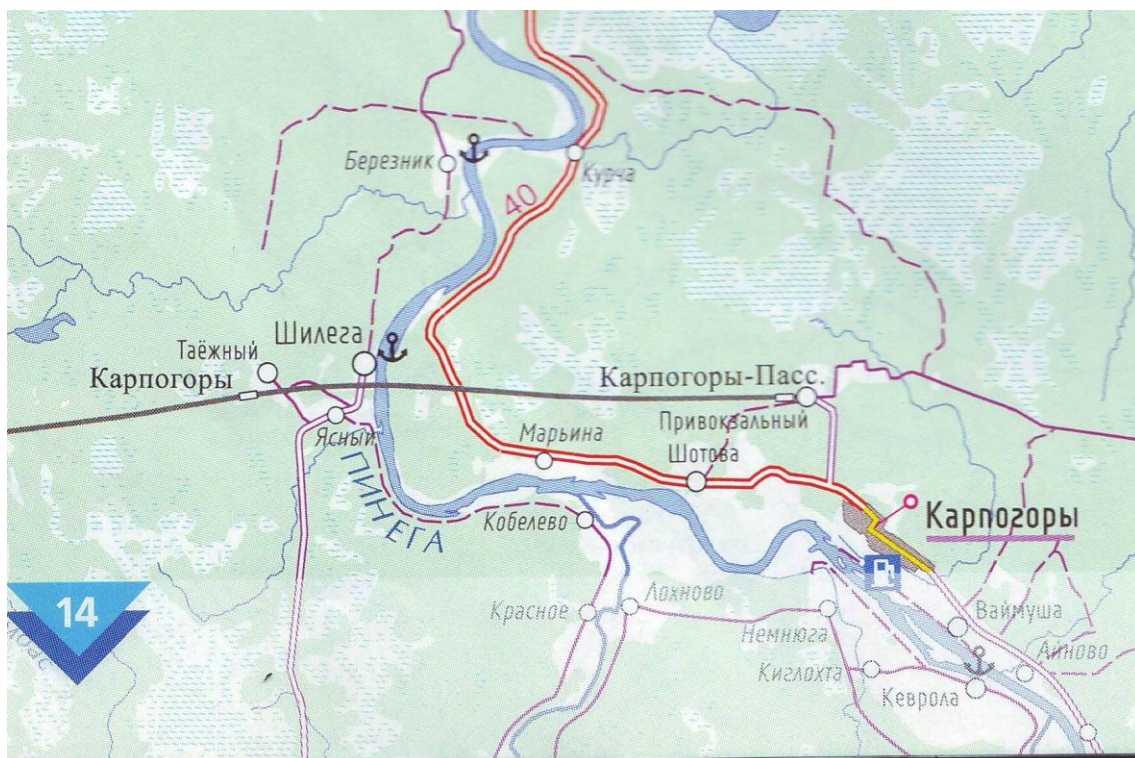


Рисунок 82 – Участок карты местности с трассой прокладки оптического кабеля (вариант 82)



Рисунок 83 – Участок карты местности с трассой прокладки оптического кабеля (вариант 83)

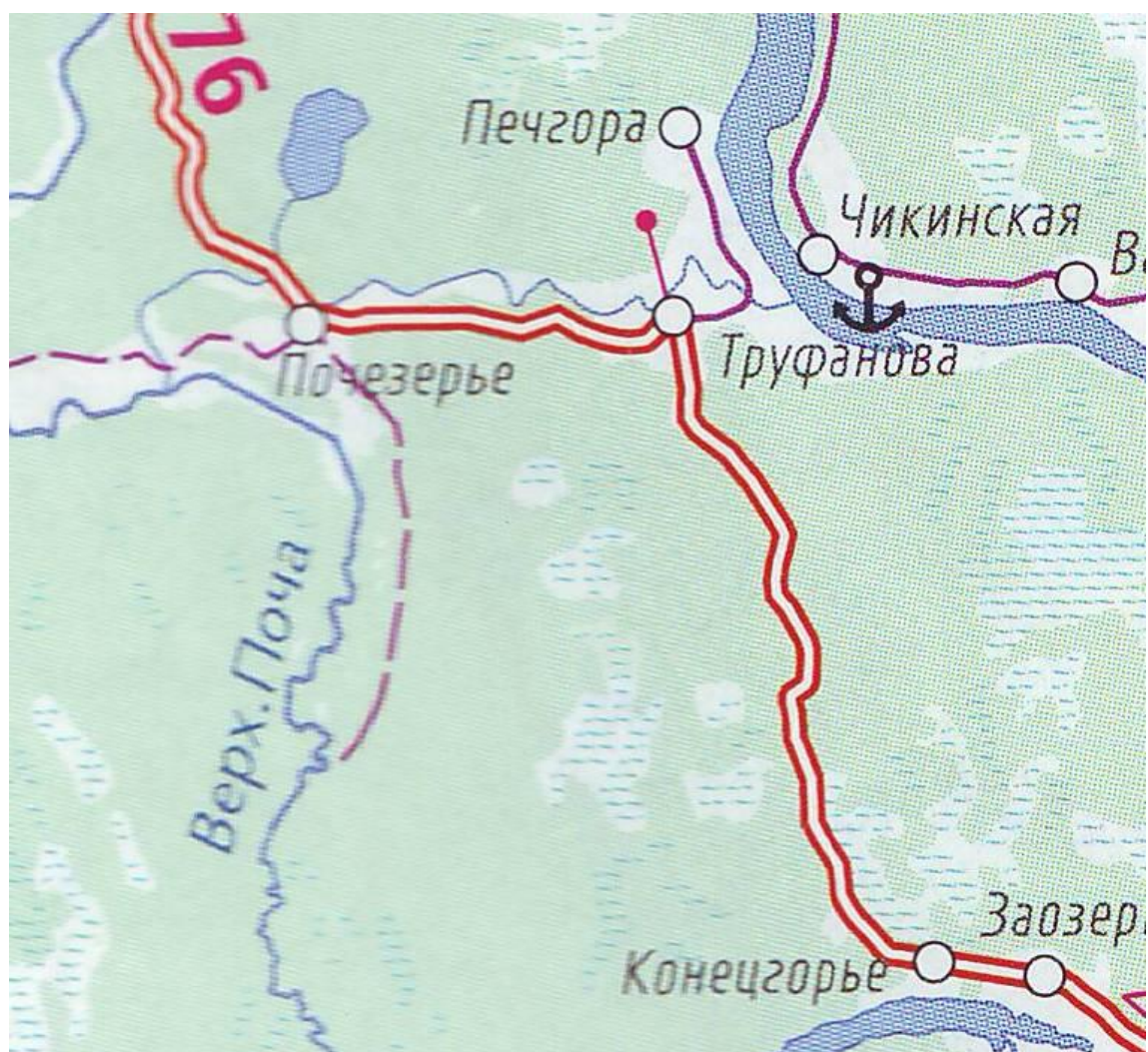


Рисунок 84 – Участок карты местности с трассой прокладки оптического кабеля (вариант 84)



Рисунок 85 – Участок карты местности с трассой прокладки оптического кабеля (вариант 85)

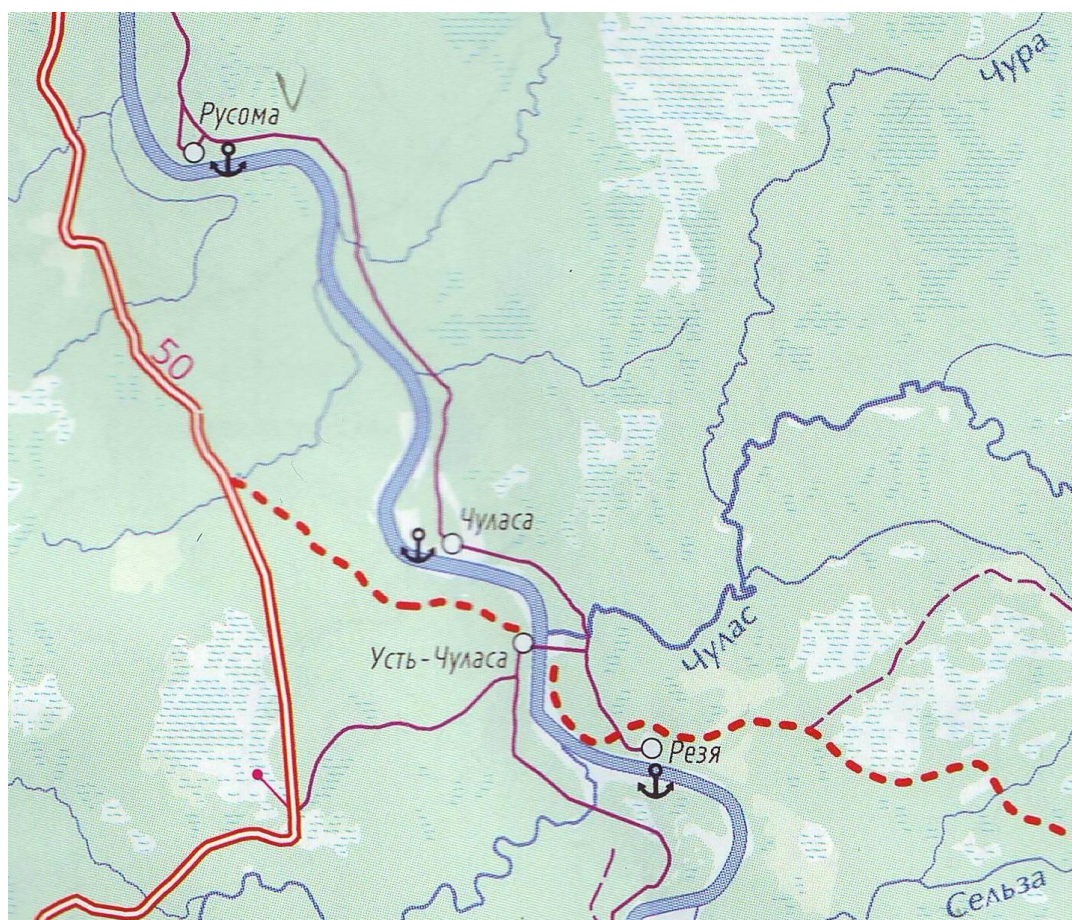


Рисунок 86 – Участок карты местности с трассой прокладки оптического кабеля (вариант 86)

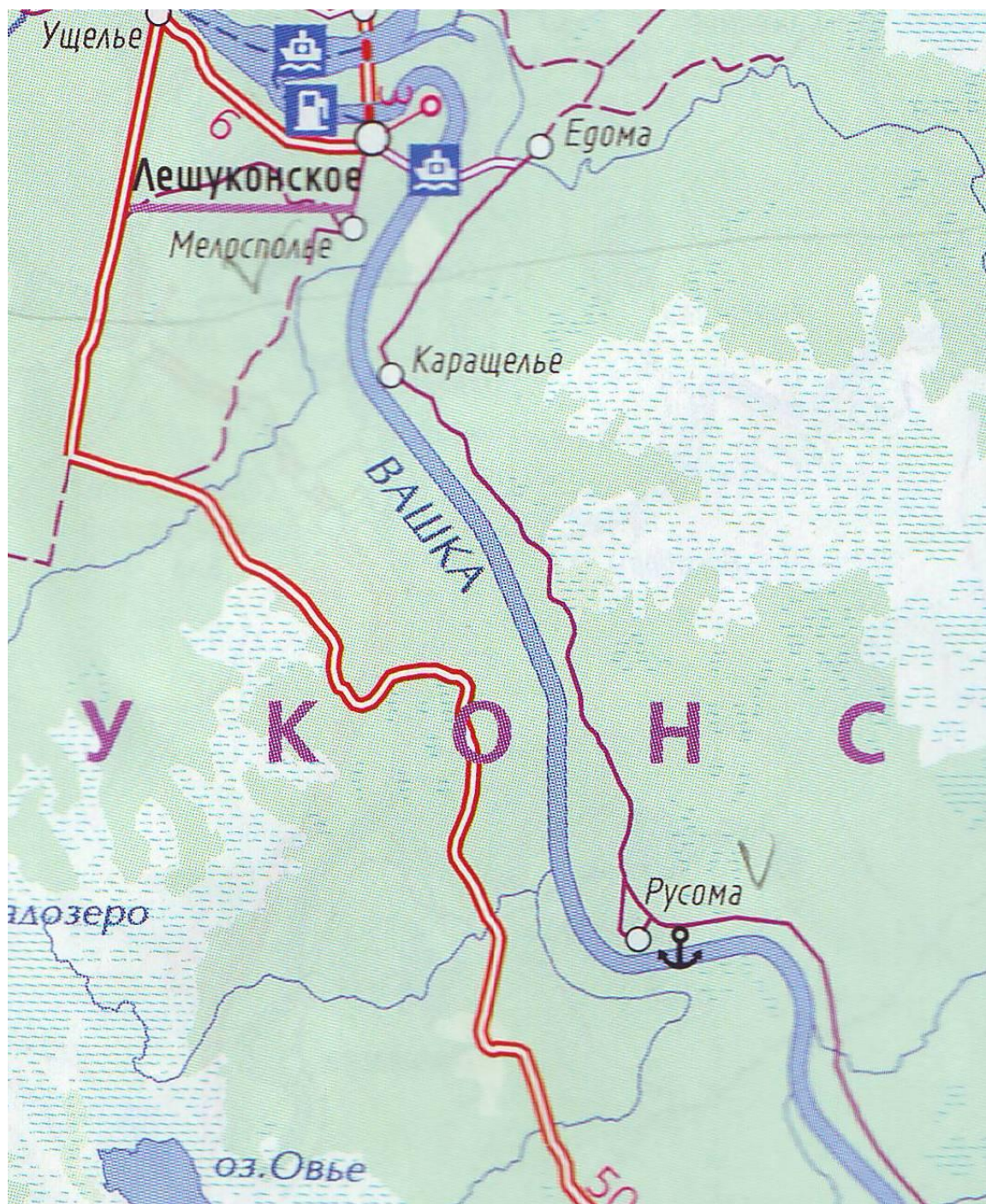


Рисунок 87 – Участок карты местности с трассой прокладки оптического кабеля (вариант 87)

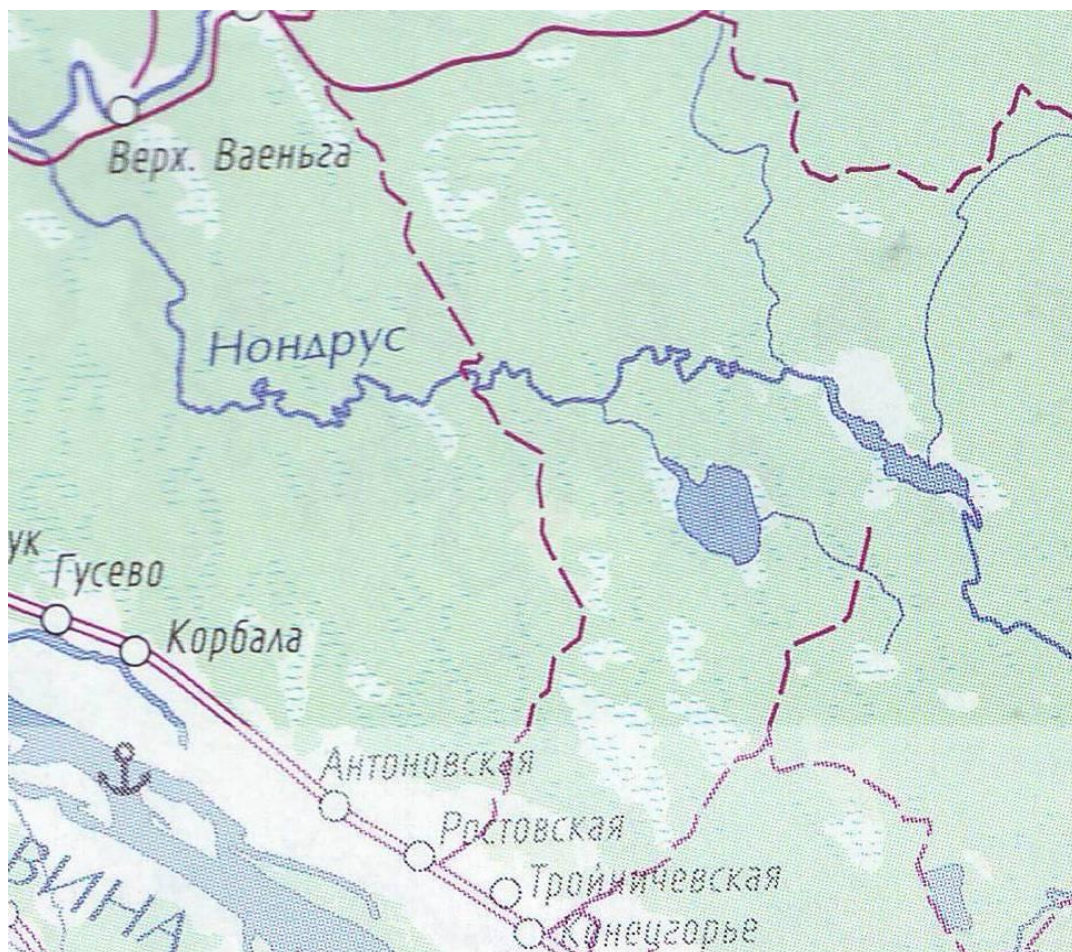


Рисунок 88 – Участок карты местности с трассой прокладки оптического кабеля (вариант 88)

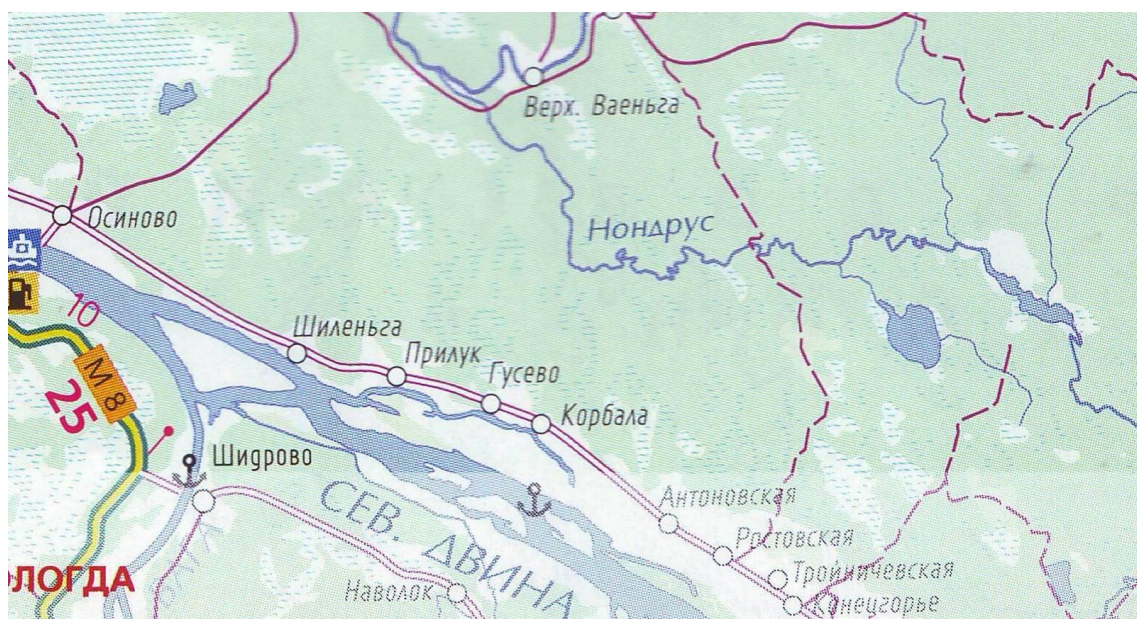


Рисунок 89 – Участок карты местности с трассой прокладки оптического кабеля (вариант 89)

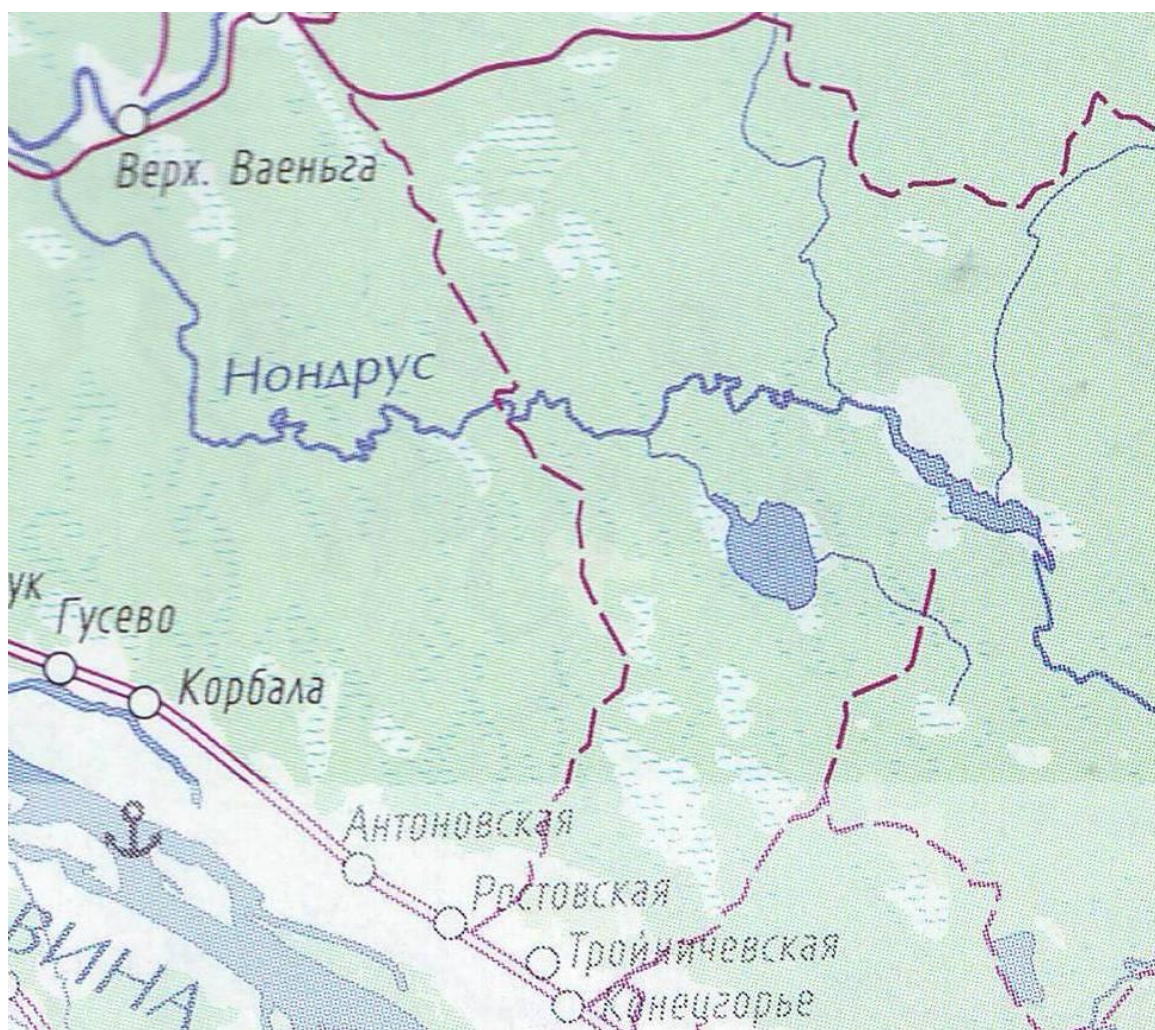


Рисунок 90 – Участок карты местности с трассой прокладки оптического кабеля (вариант 90)

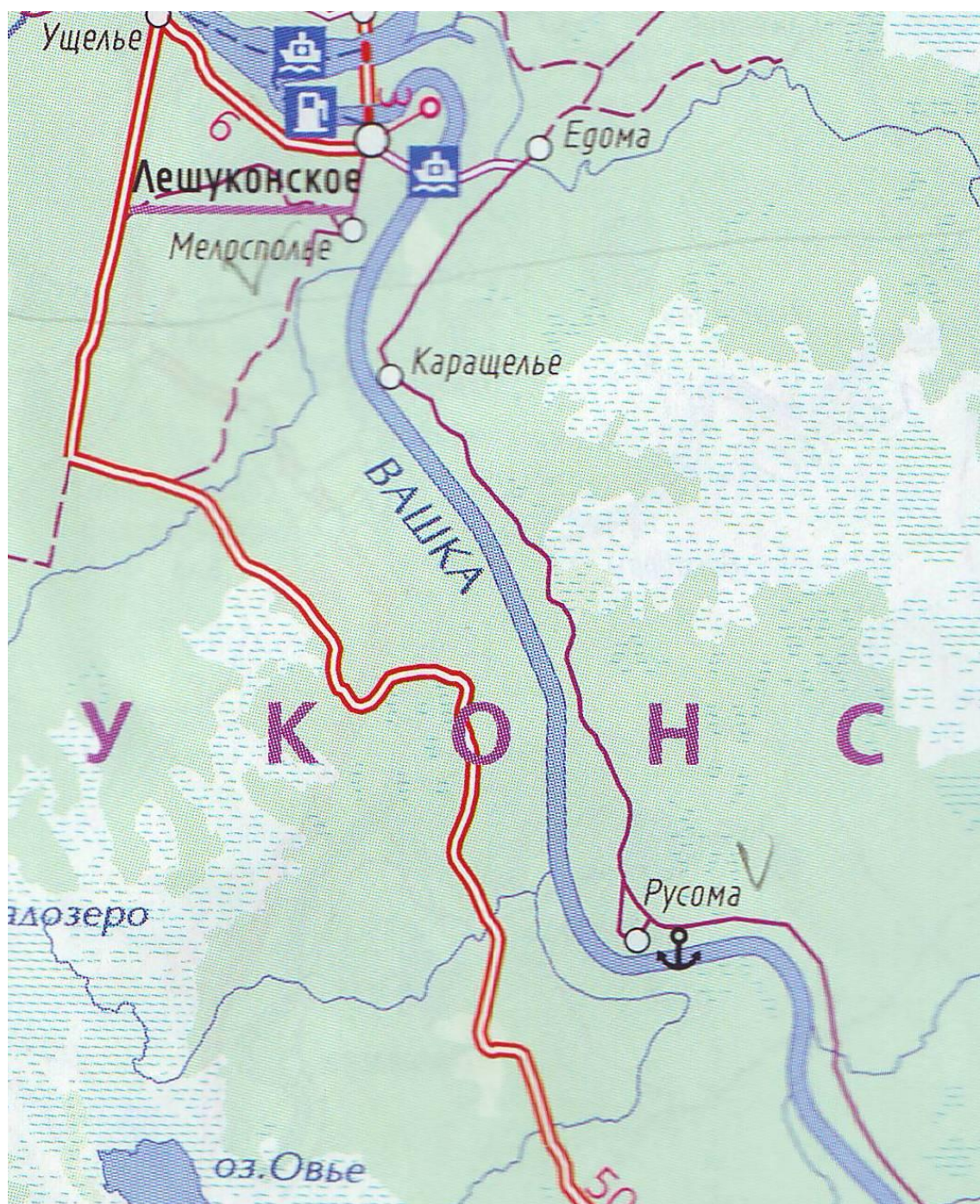


Рисунок 91 – Участок карты местности с трассой прокладки оптического кабеля (вариант 91)

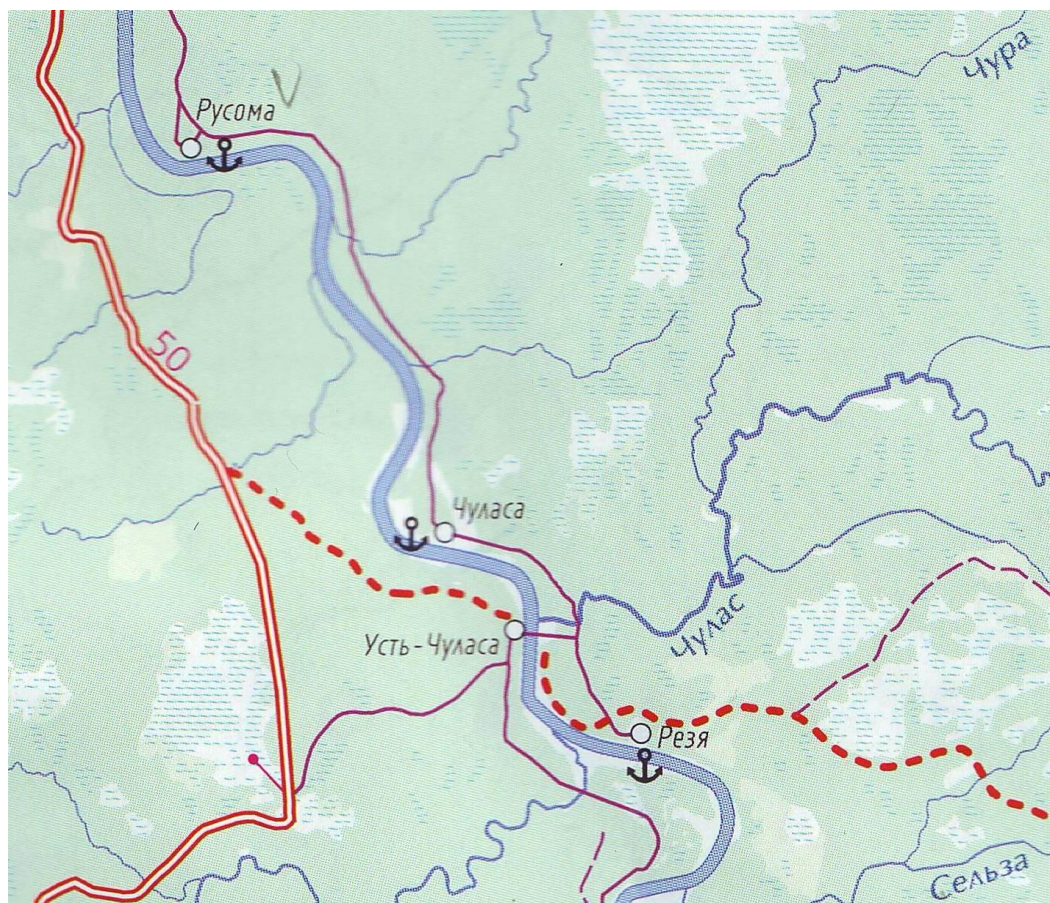


Рисунок 92 – Участок карты местности с трассой прокладки оптического кабеля (вариант 92)



Рисунок 93 – Участок карты местности с трассой прокладки оптического кабеля (вариант 93)

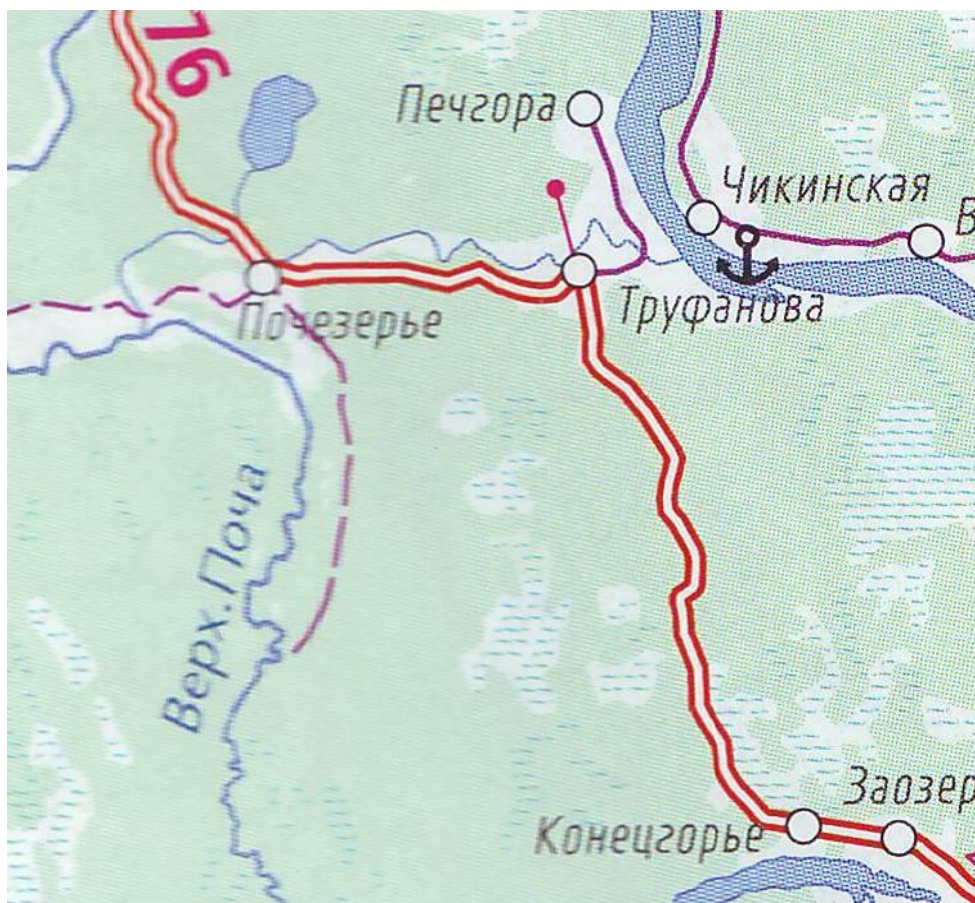


Рисунок 94 – Участок карты местности с трассой прокладки оптического кабеля (вариант 94)

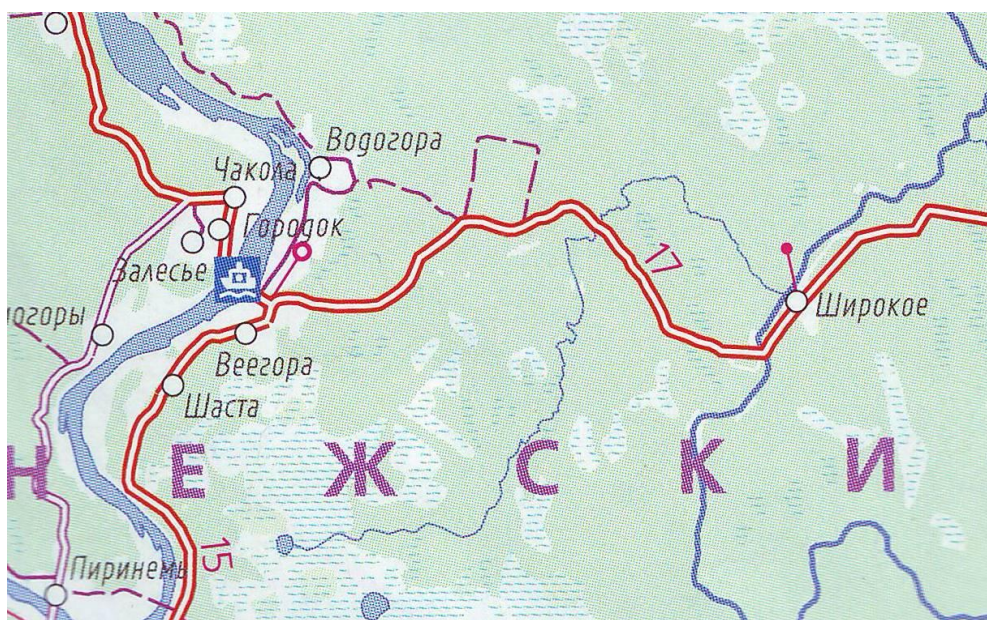


Рисунок 95 – Участок карты местности с трассой прокладки оптического кабеля (вариант 95)

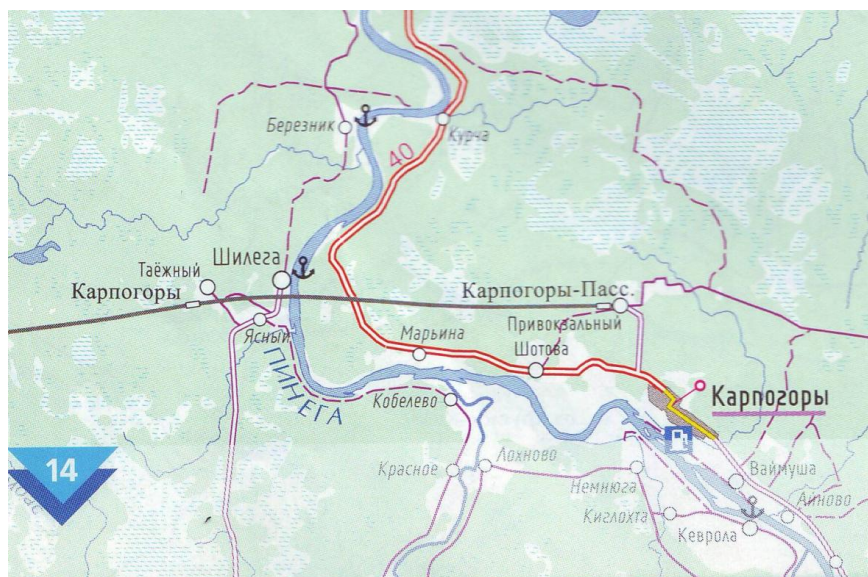


Рисунок 96 – Участок карты местности с трассой прокладки оптического кабеля (вариант 96)



Рисунок 97 – Участок карты местности с трассой прокладки оптического кабеля (вариант 97)

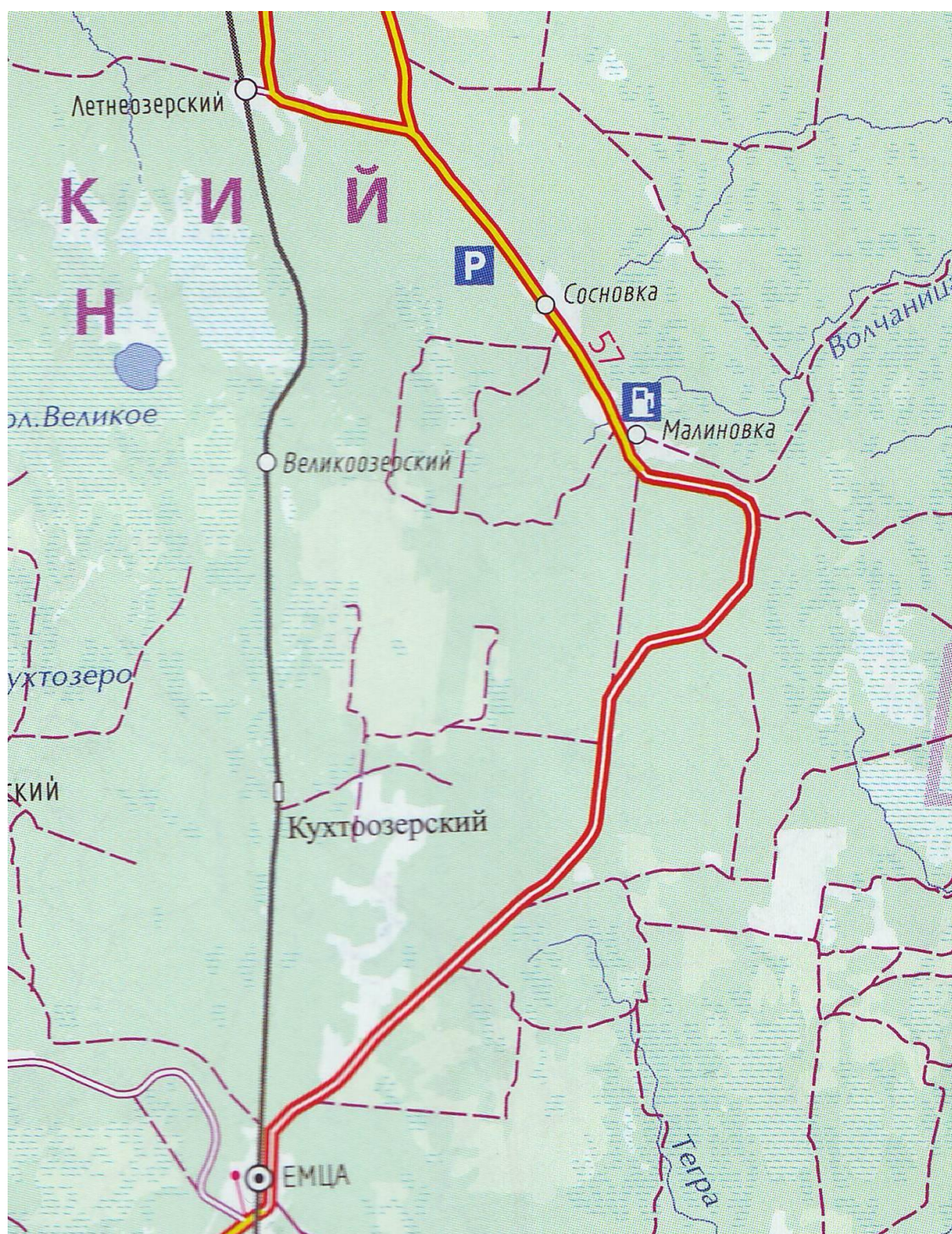


Рисунок 98 – Участок карты местности с трассой прокладки оптического кабеля (вариант 98)



Рисунок 99 – Участок карты местности с трассой прокладки оптического кабеля (вариант 99)

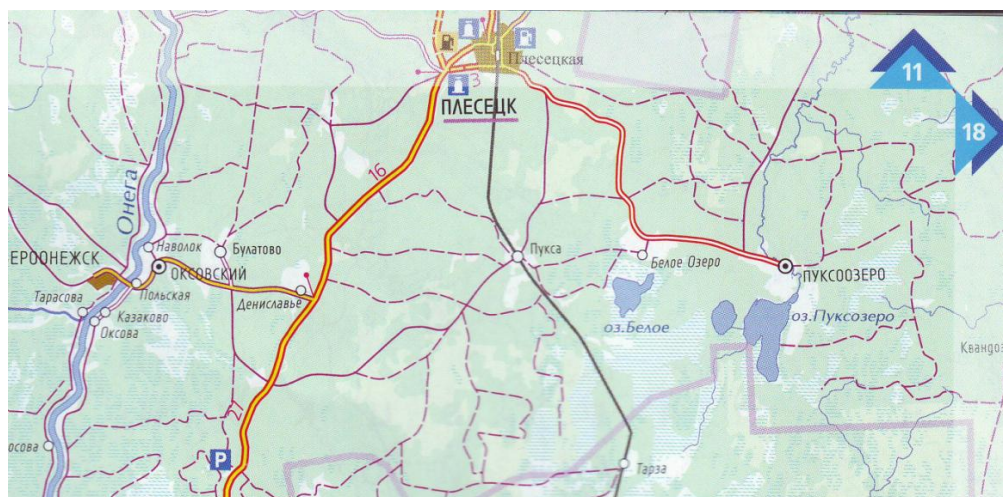


Рисунок 100 – Участок карты местности с трассой прокладки оптического кабеля (вариант 100)

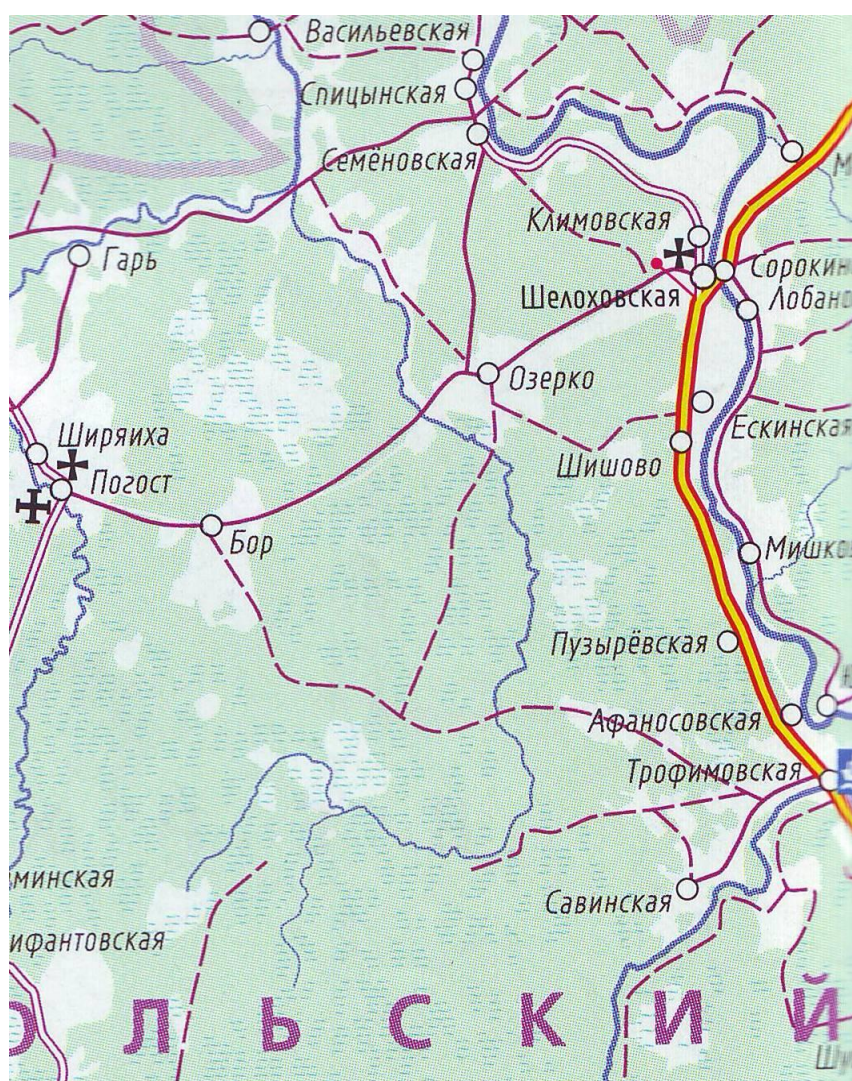


Рисунок 101 – Участок карты местности с трассой прокладки оптического кабеля (вариант 101)



Рисунок 102 – Участок карты местности с трассой прокладки оптического кабеля (вариант 102)



Рисунок 103 – Участок карты местности с трассой прокладки оптического кабеля (вариант 103)



Рисунок 104 – Участок карты местности с трассой прокладки оптического кабеля (вариант 104)

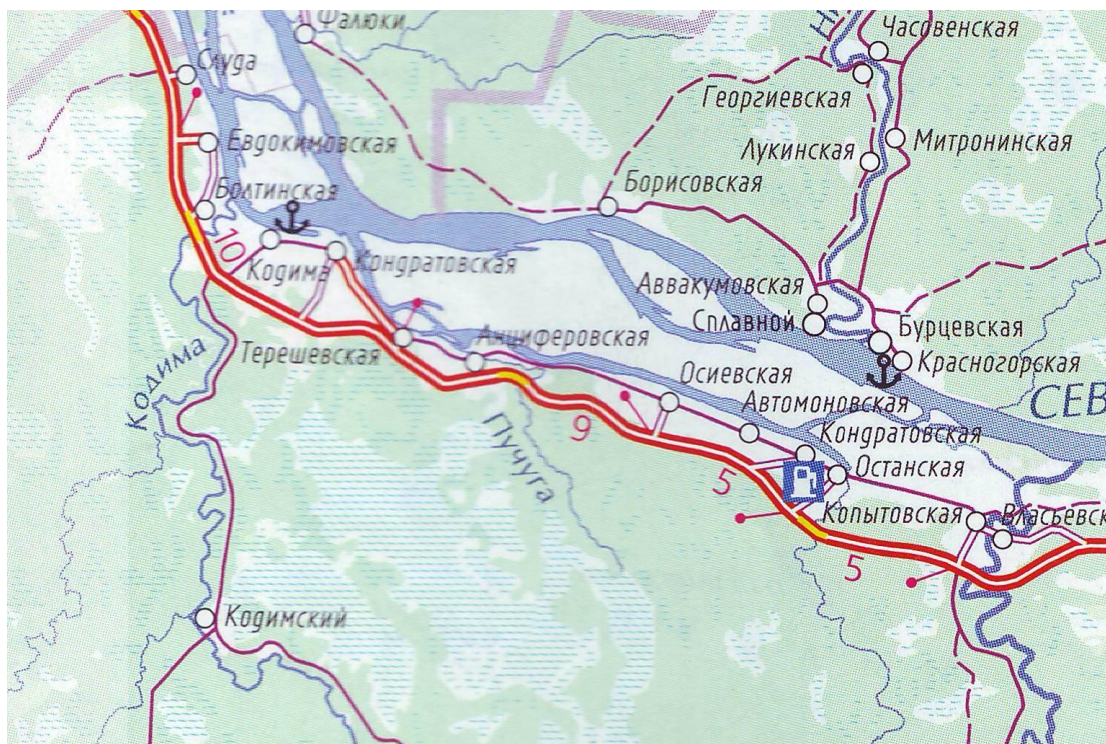


Рисунок 105 – Участок карты местности с трассой прокладки оптического кабеля (вариант 105)

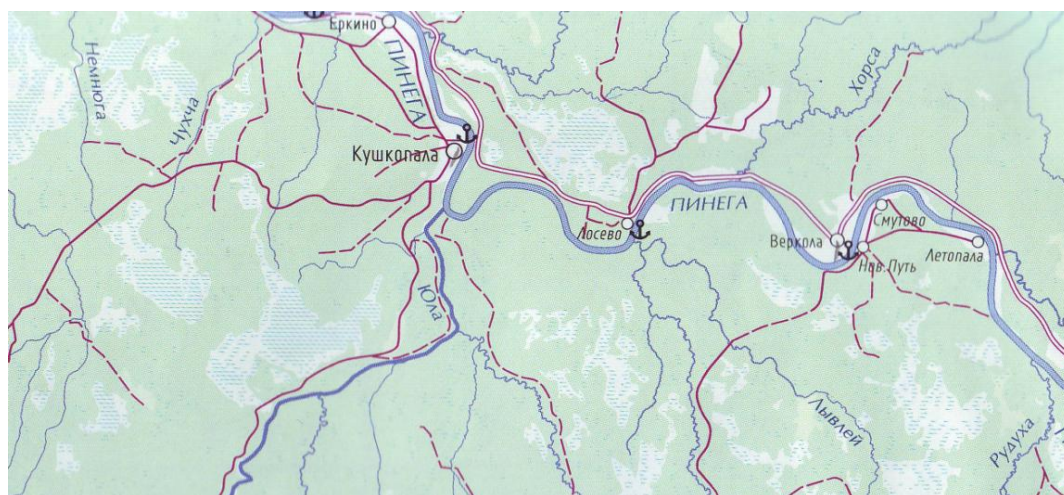


Рисунок 106 – Участок карты местности с трассой прокладки оптического кабеля (вариант 106)

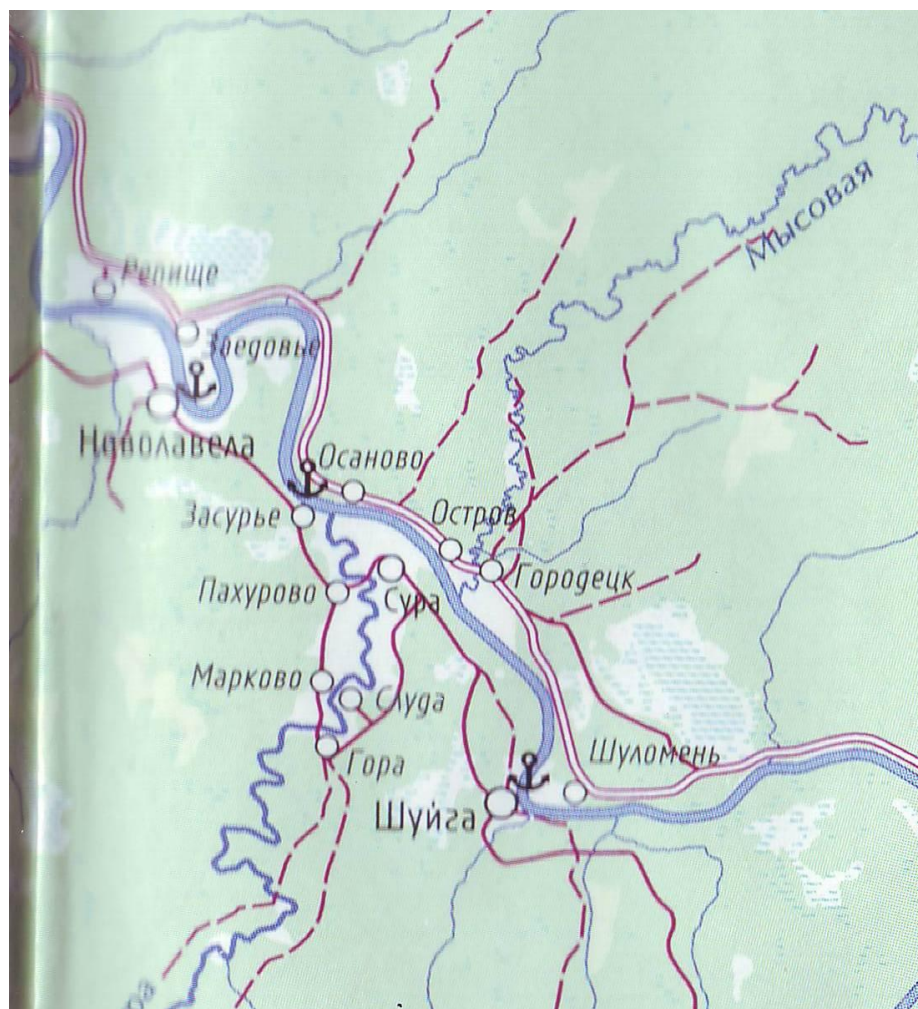


Рисунок 107 – Участок карты местности с трассой прокладки оптического кабеля (вариант 107)



Рисунок 108 – Участок карты местности с трассой прокладки оптического кабеля (вариант 108)



Рисунок 109 – Участок карты местности с трассой прокладки оптического кабеля (вариант 109)

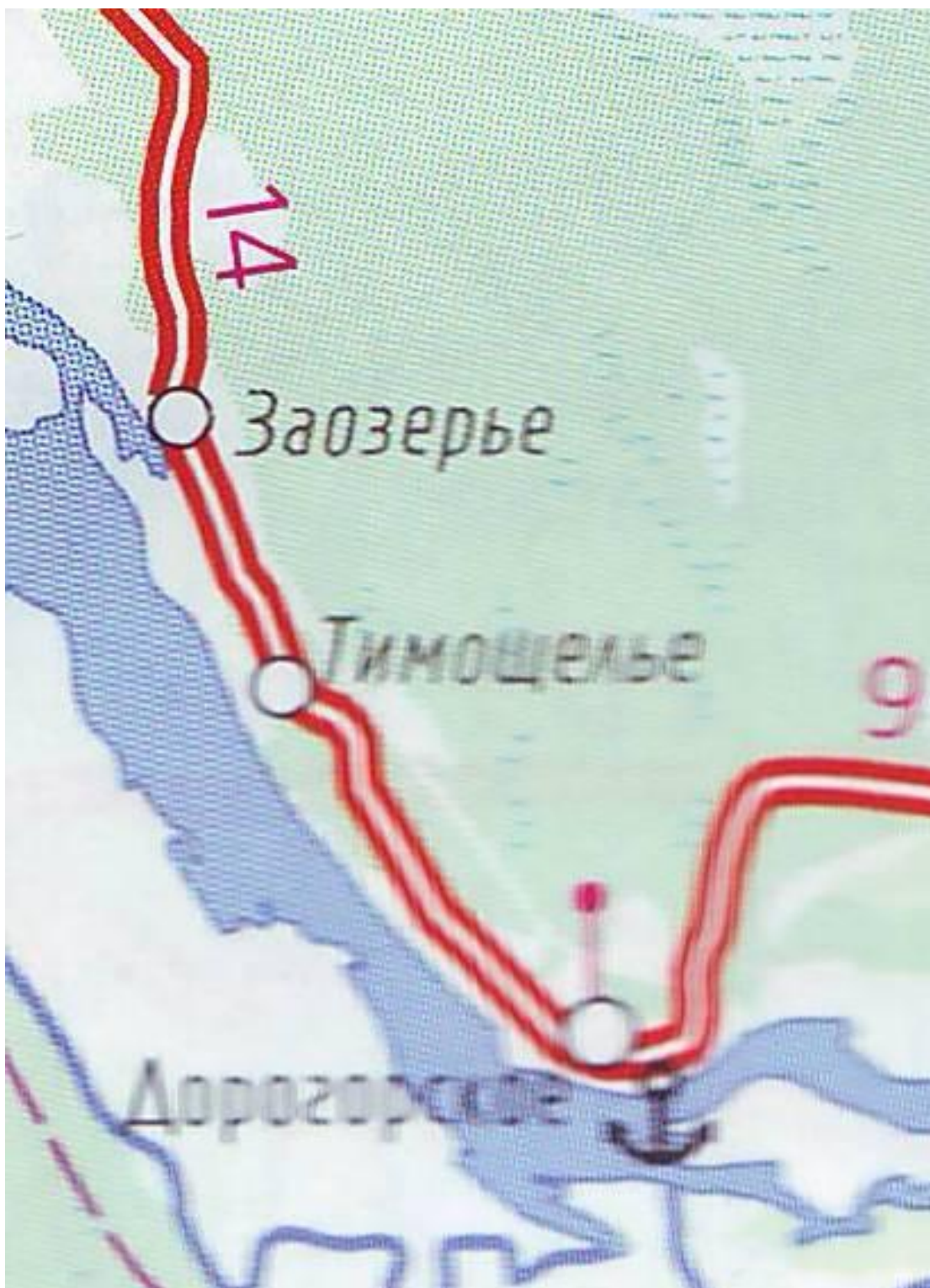


Рисунок 110 – Участок карты местности с трассой прокладки оптического кабеля (вариант 110)

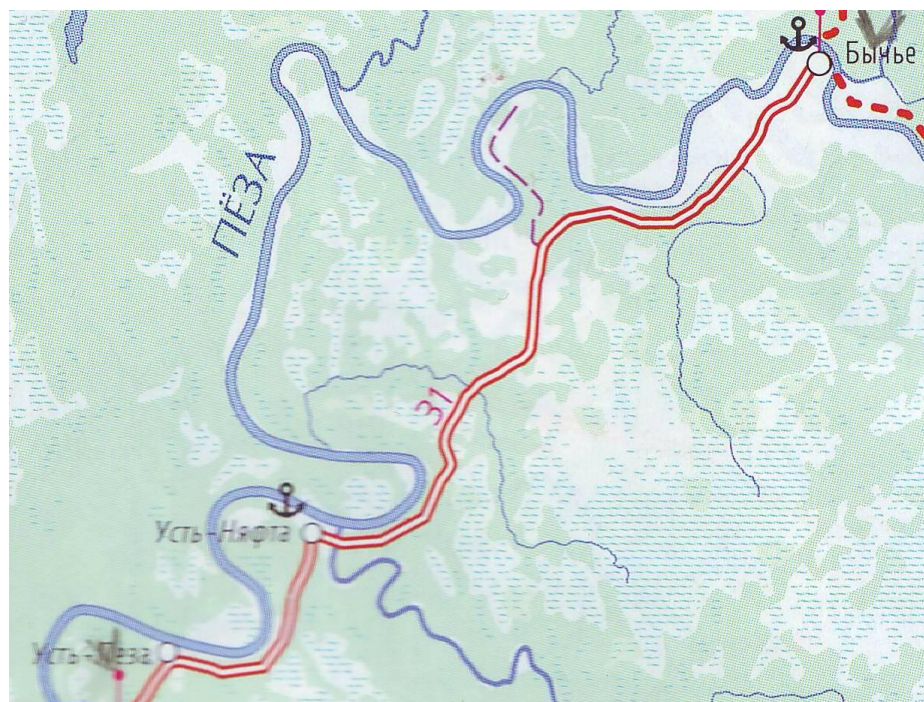


Рисунок 111 – Участок карты местности с трассой прокладки оптического кабеля (вариант 111)

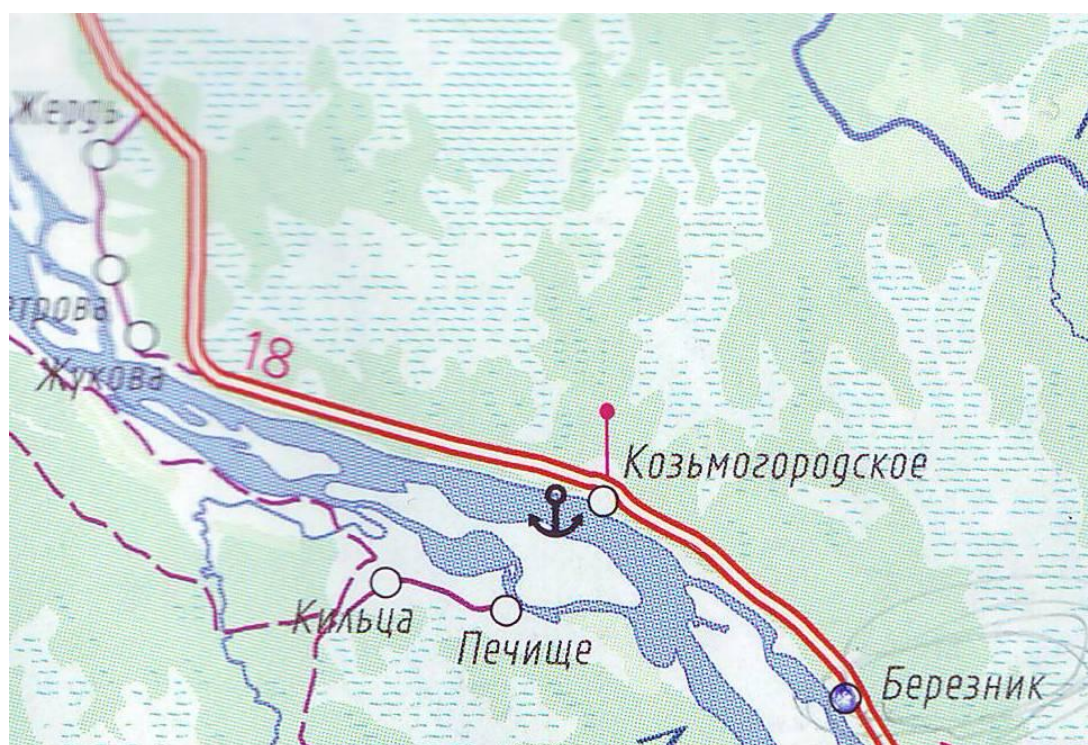


Рисунок 112 – Участок карты местности с трассой прокладки оптического кабеля (вариант 112)



Рисунок 113 – Участок карты местности с трассой прокладки оптического кабеля (вариант 113)



Рисунок 114 – Участок карты местности с трассой прокладки оптического кабеля (вариант 114)



Рисунок 115 – Участок карты местности с трассой прокладки оптического кабеля (вариант 115)



Рисунок 116 – Участок карты местности с трассой прокладки оптического кабеля (вариант 116)



Рисунок 117 – Участок карты местности с трассой прокладки оптического кабеля (вариант 117)



Рисунок 118 – Участок карты местности с трассой прокладки оптического кабеля (вариант 118)

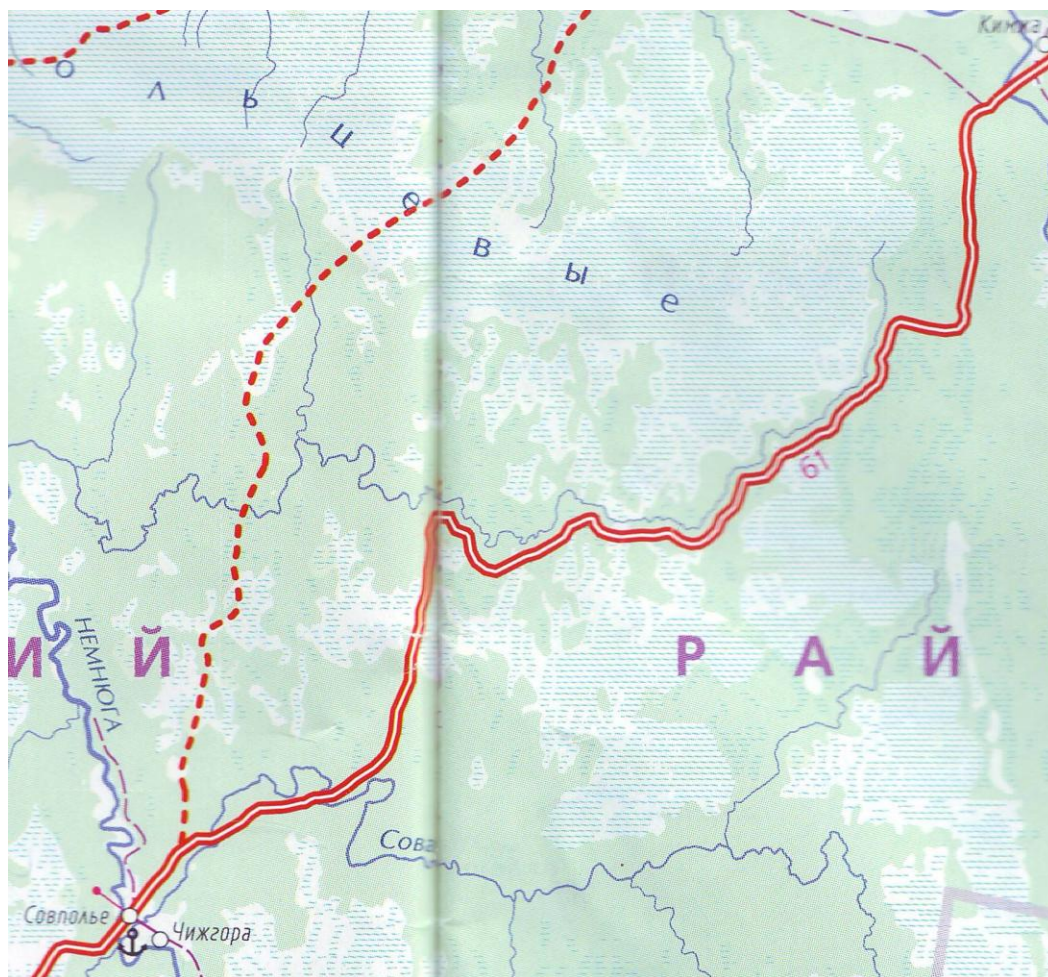


Рисунок 119 – Участок карты местности с трассой прокладки оптического кабеля (вариант 119)

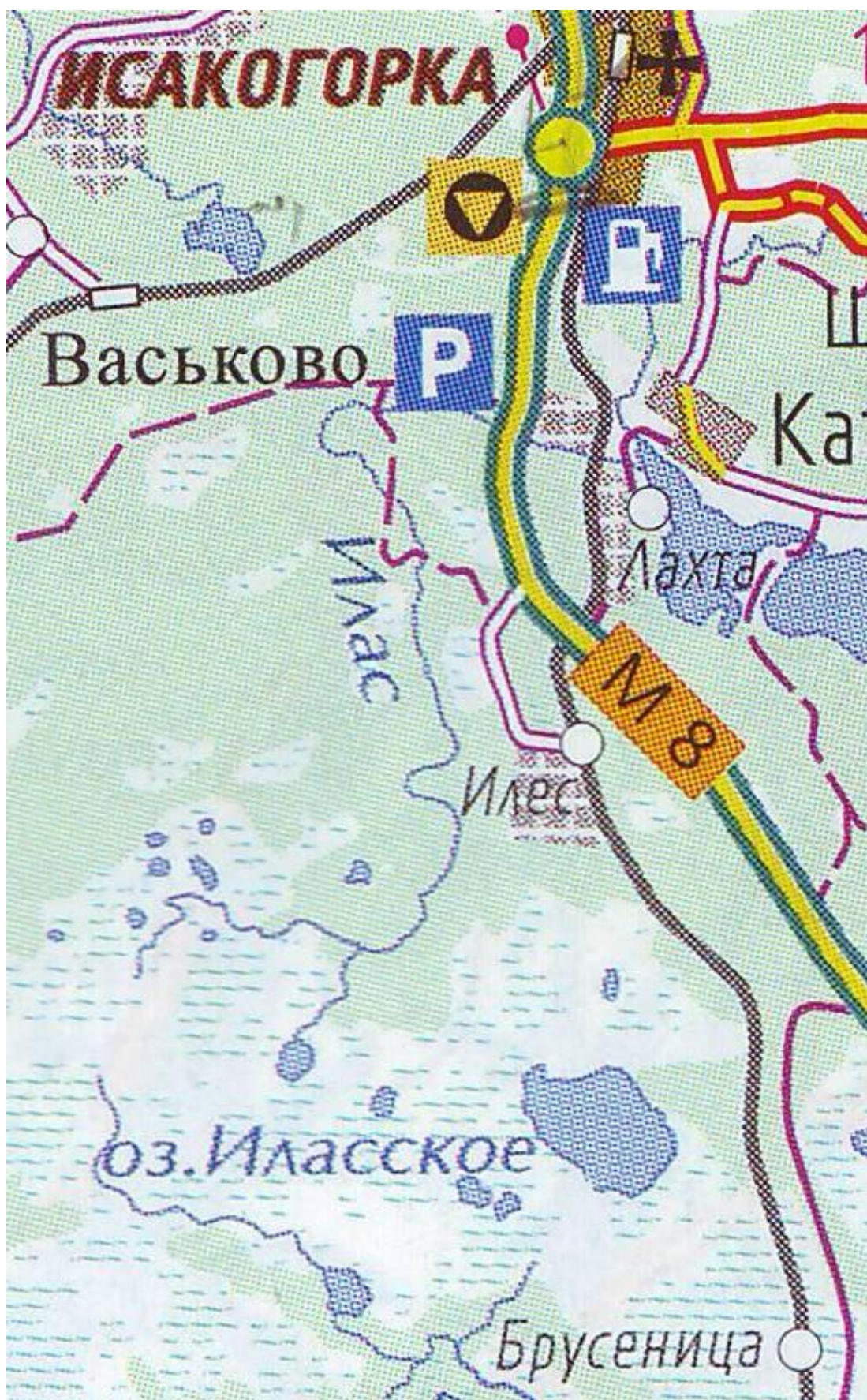


Рисунок 120 – Участок карты местности с трассой прокладки оптического кабеля (вариант 120)



Рисунок 121 – Участок карты местности с трассой прокладки оптического кабеля (вариант 121)

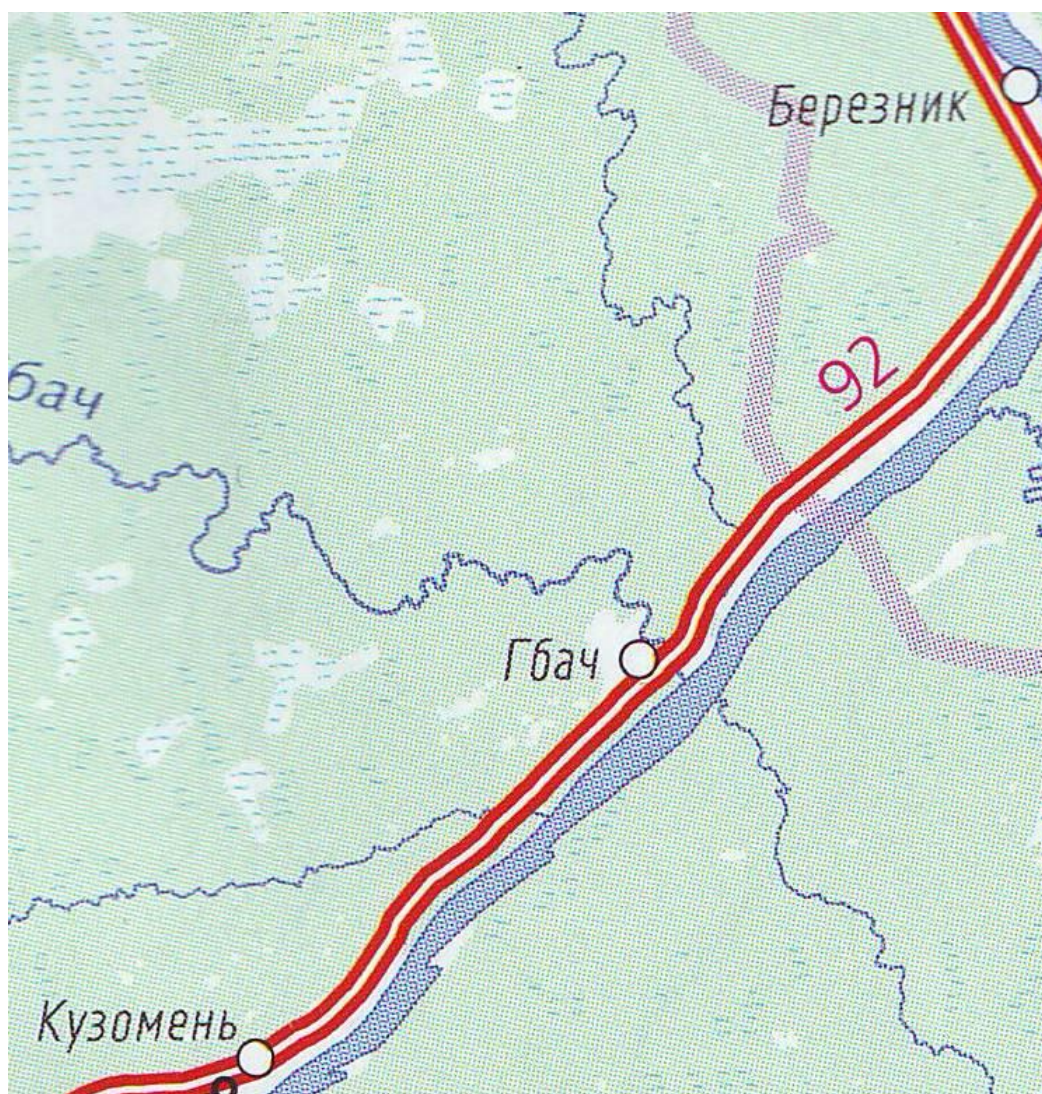


Рисунок 122 – Участок карты местности с трассой прокладки оптического кабеля (вариант 122)



Рисунок 123 – Участок карты местности с трассой прокладки оптического кабеля (вариант 123)



Рисунок 124 – Участок карты местности с трассой прокладки оптического кабеля (вариант 124)



Рисунок 125 – Участок карты местности с трассой прокладки оптического кабеля (вариант 125)

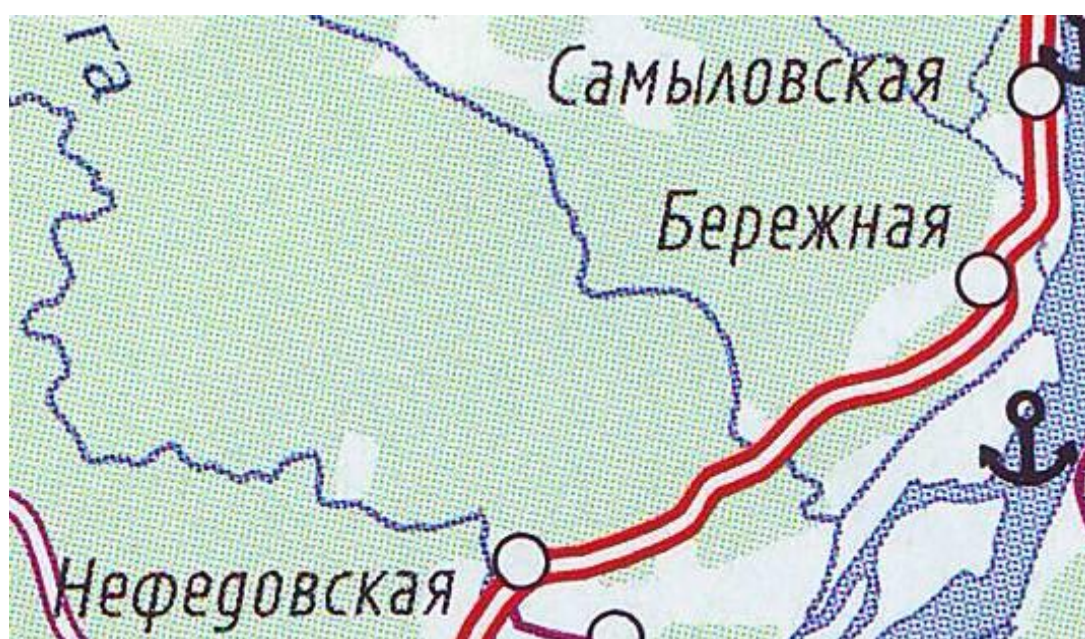


Рисунок 126 – Участок карты местности с трассой прокладки оптического кабеля (вариант 126)



Рисунок 127 – Участок карты местности с трассой прокладки оптического кабеля (вариант 127)



Рисунок 128 – Участок карты местности с трассой прокладки оптического кабеля (вариант 128)

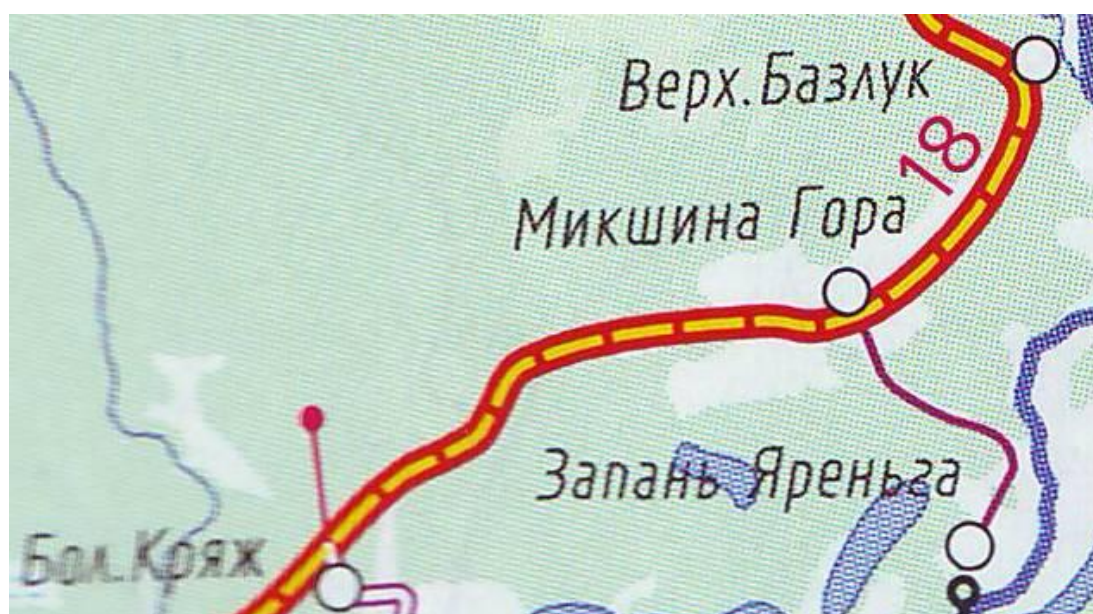


Рисунок 129 – Участок карты местности с трассой прокладки оптического кабеля (вариант 129)

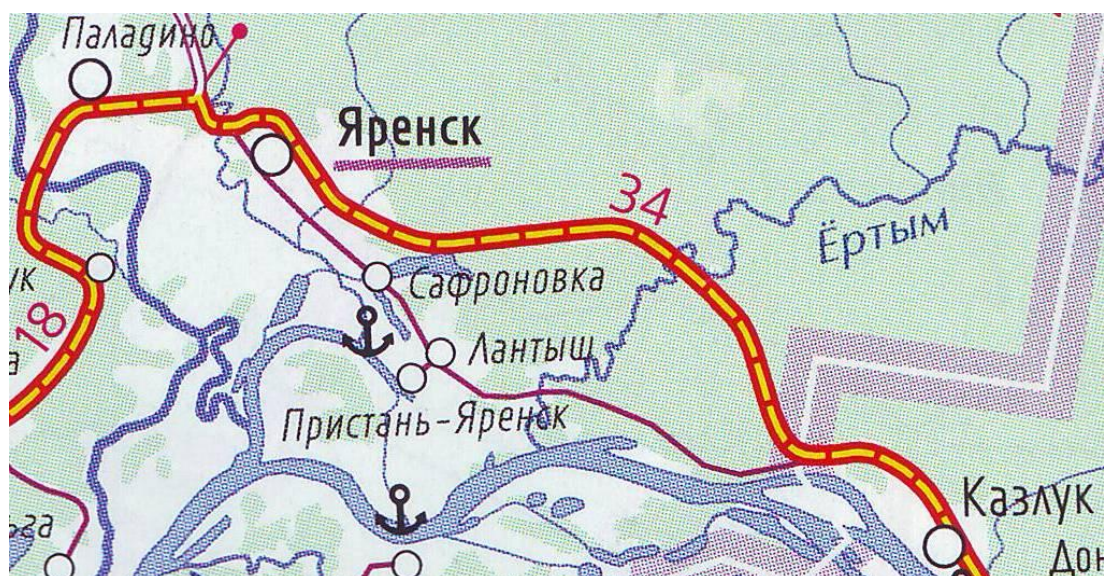


Рисунок 130 – Участок карты местности с трассой прокладки оптического кабеля (вариант 130)

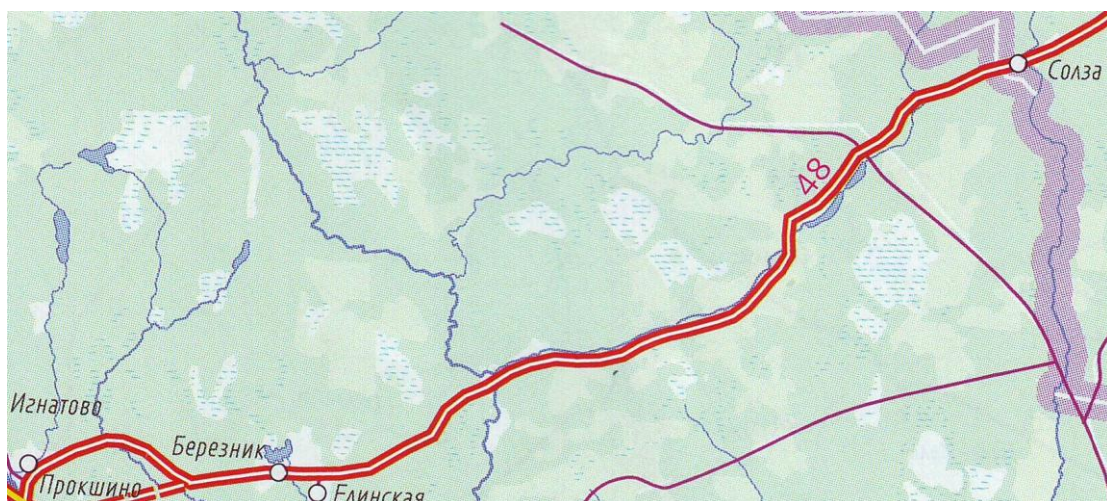


Рисунок 131 – Участок карты местности с трассой прокладки оптического кабеля (вариант 131)

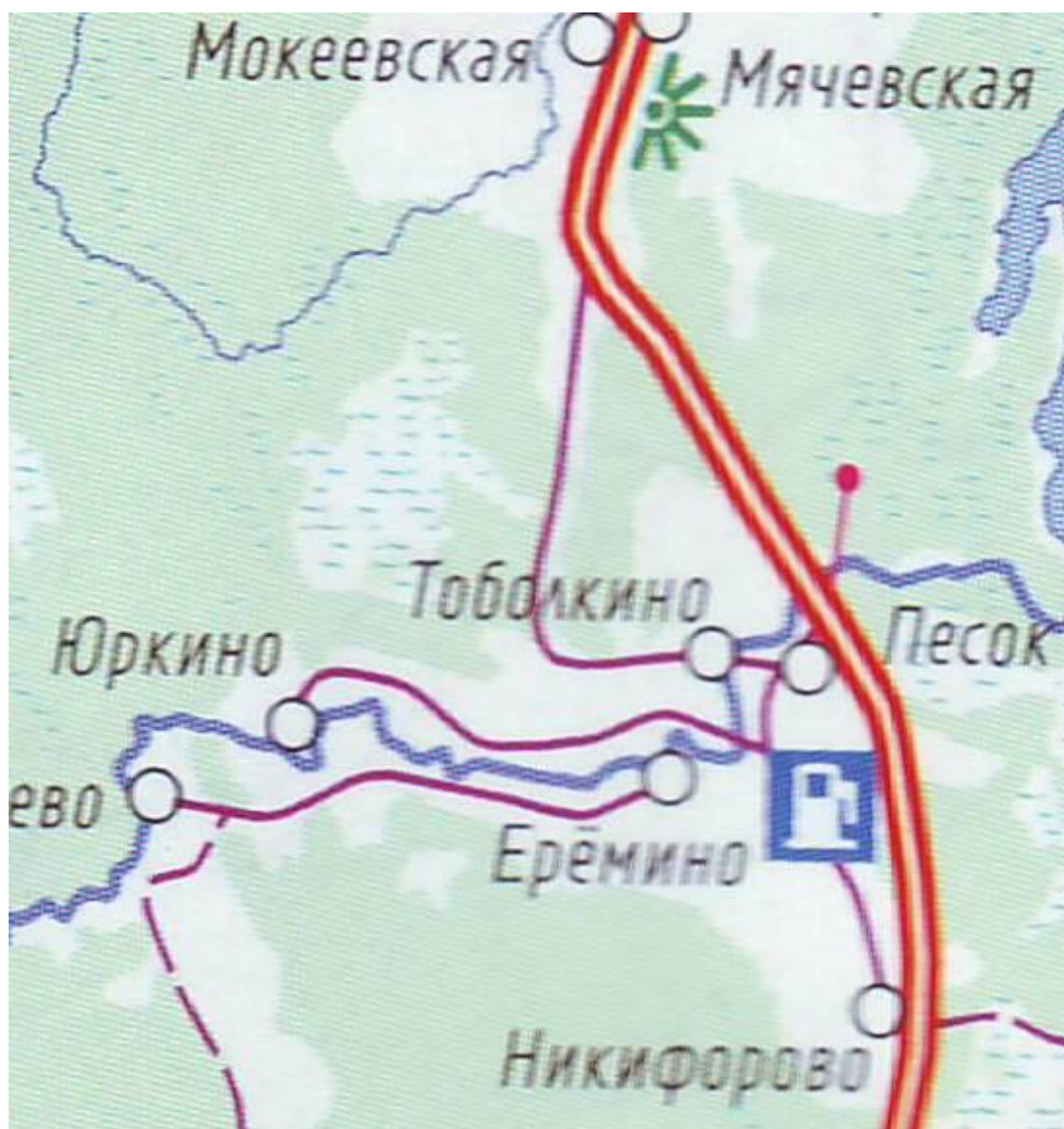


Рисунок 132 – Участок карты местности с трассой прокладки оптического кабеля (вариант 132)



Рисунок 133 – Участок карты местности с трассой прокладки оптического кабеля (вариант 133)

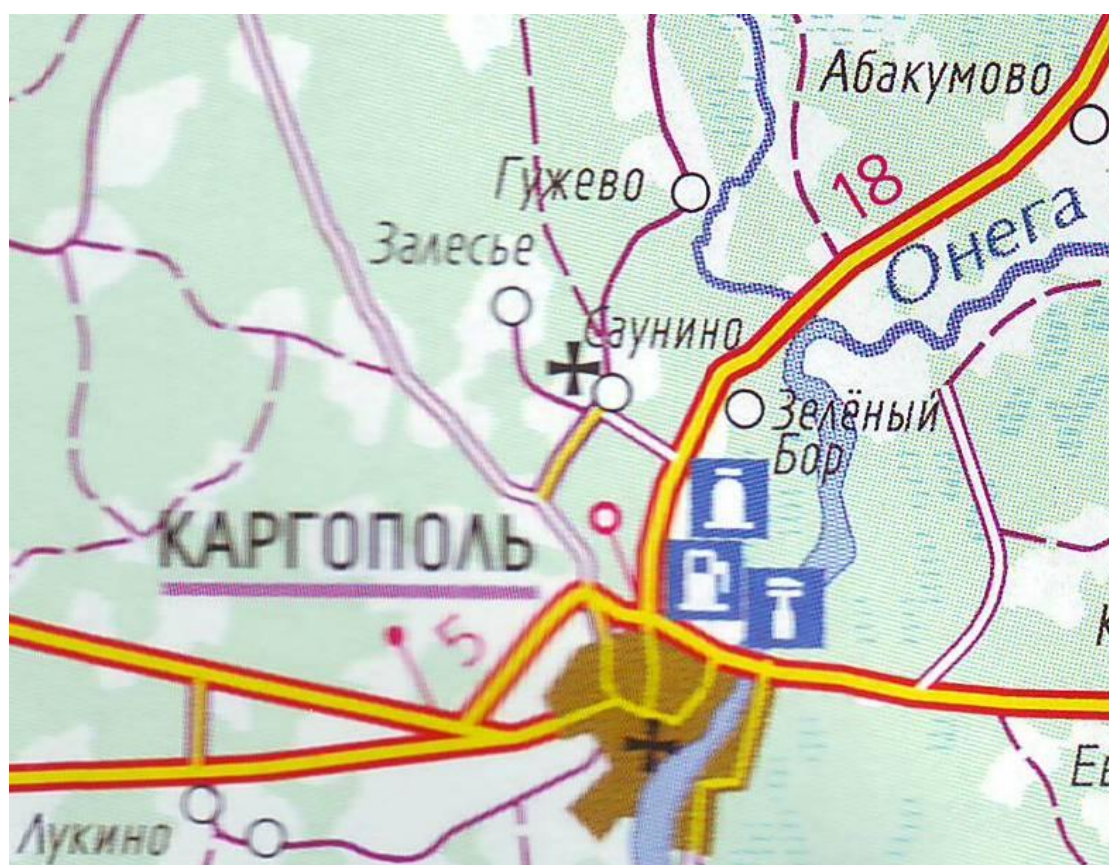


Рисунок 134 – Участок карты местности с трассой прокладки оптического кабеля (вариант 134)

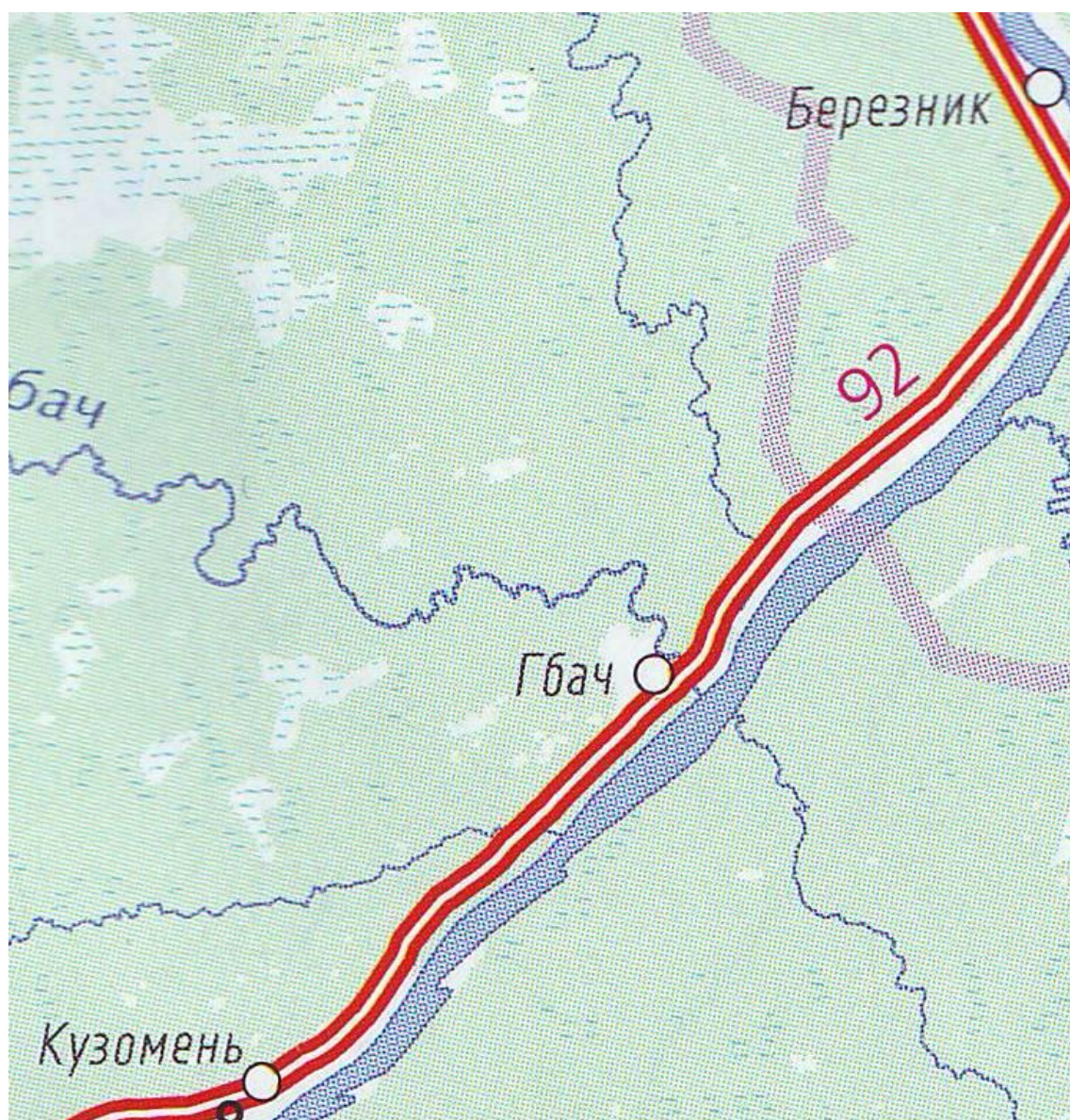


Рисунок 135 – Участок карты местности с трассой прокладки оптического кабеля (вариант 135)

3 Пример выполнения курсового проекта

Пример выполнения курсового проекта по одному из вариантов приведен ниже, исходные данные варианта «Х» приведены в таблице 48.

Таблица 48 – Исходные данные варианта «Х»

	№ вар	E1	E3	E4	SMT-1	Ethernet- 100	Ethernet- 1000	L, км
A-B	х	5	1	-	-	1	-	47
A-C	х	36	-	1	-	-	-	-
B-C	х	71	-	-	1	-	-	57

Участок карты местности варианта «Х» приведен на рисунке 136.

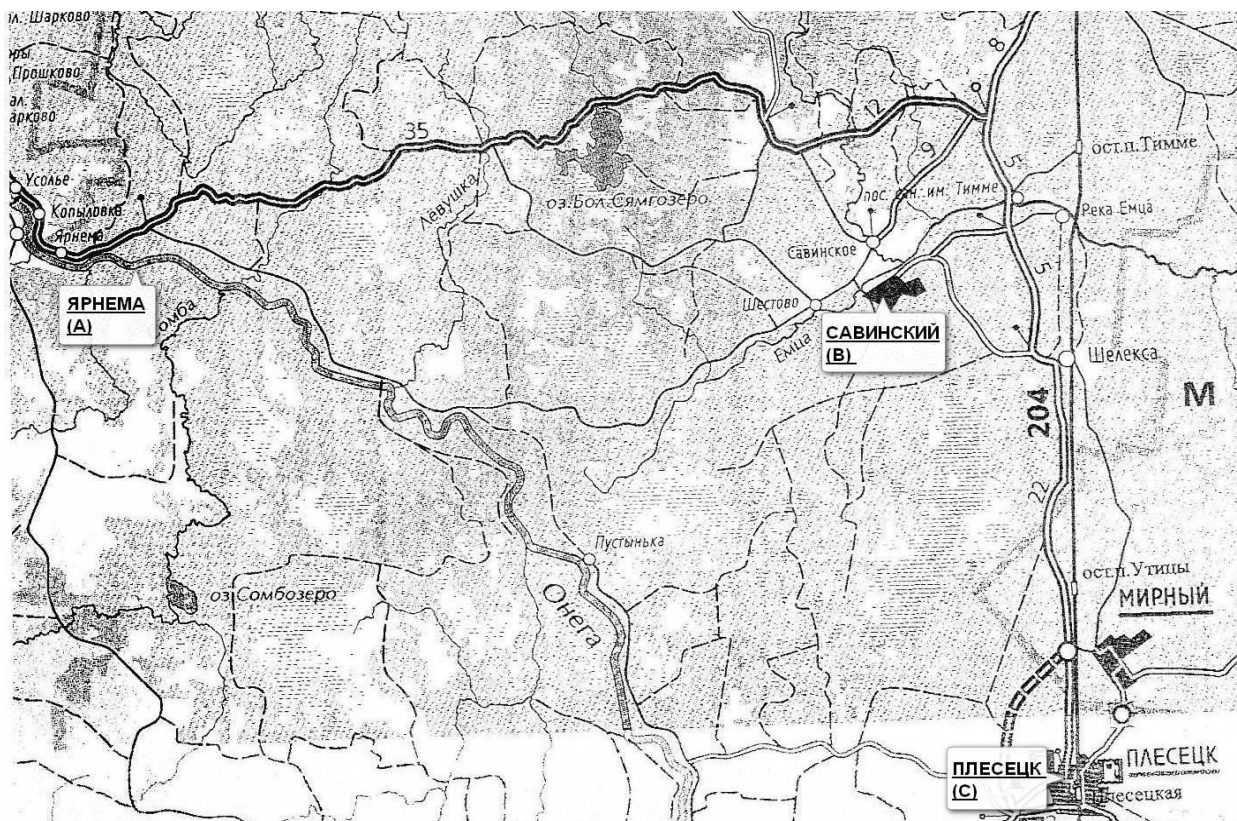


Рисунок 136 - Участок карты местности варианта «Х»

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО СВЯЗИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ ИМ. ПРОФ. М.А. БОНЧ-БРУЕВИЧА»
(СПбГУТ)

АРХАНГЕЛЬСКИЙ КОЛЛЕДЖ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ (ФИЛИАЛ) СПбГУТ
(АКТ (ф) СПбГУТ)

КУРСОВОЙ ПРОЕКТ

НА ТЕМУ

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ

ПРОЕКТИРОВАНИЯ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИХ

СИСТЕМ ПЕРЕДАЧИ НА УЧАСТКЕ

ЯРНЕМА - САВИНСКИЙ - ПЛЕСЕЦК

Л201. 16КП01. 020 ПЗ

обозначение документа

МДК.01.02 Технология монтажа и обслуживания

цифровых и волоконно-оптических систем передачи

Студент	М-41	01.02.2017	П.П. Петров
	группа	подпись	И. О. Ф.
Преподаватель		05.02.2017	И. И. Пахов
		подпись	И. О. Ф.

Архангельск 2017

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	119
1 Выбор трассы прокладки оптического кабеля на участке местности	123
2 Расчет требуемых эквивалентных ресурсов ВОСП	127
3 Варианты топологий транспортной сети	132
4 Определение требуемых видов мультиплексоров SDH и их количества	134
5 Выбор оптического кабеля и кабельной продукции	137
6 Расчет длин регенерационных участков ВОЛП	140
7 Выбор конфигурации мультиплексоров SDH	144
8 Разработка схемы организации связи	150
Заключение	151
Список использованных источников	153
Приложение А (справочное) Диапазоны длин волн	154
Приложение Б (справочное) Взаимосвязь плат	155
Приложение В (справочное) Мультиплексоры SND	157
Приложение Г (справочное) Оптические кабеля связи	165

ВВЕДЕНИЕ

Современные сети связи должны представлять собой единый комплекс технических средств, предназначенный для передачи всех видов сообщений независимо от характера их распределения и объемов. Они должны быть построены на цифровых системах передачи и коммутации, иметь легко управляемую структуру, удобство взаимодействия с сетями связи других операторов. Это возможно реализовать на базе единой отраслевой сети электросвязи, в том числе на базе широкого внедрения современных цифровых коммутационных узлов и за счет строительства волоконно-оптических линий передачи, использования аппаратуры цифровых иерархий SDH и PDH.

В настоящее время первичная сеть ПАО «Ростелеком» протяженностью свыше 200 000 км базируется как на наземных технических средствах, так и спутниковых системах передачи. Протяженность ВОЛП около 25 000 км, за последние несколько лет основные магистрали были оборудованы системами спектрального разделения каналов, что значительно увеличило их пропускную способность.

Цифровые системы связи пришли на смену хорошо послужившим аналоговым сетям, основное применение SDH с момента ее появления - это построение транспортных сетей, предназначенных для передачи цифровых потоков между телефонными узлами коммутации. С развитием компьютерных сетей, интернета, технологий передачи данных, инфраструктуру транспортных сетей по основе SDH все чаще применяют для организации цифровых каналов сетей передачи данных, то есть строят, наложенные сети поверх SDH. Недостатки использования классических SDH для передачи данных стали проявляться при необходимости предоставления широкополосных услуг связи локальным сетям, в частности - небольшой ряд возможных скоростей, который, к тому же, слабо стыкуется со скоростями 10, 100, 1000 Мбит/с сети Ethernet, значительно ограничивает возможности эффективного предоставления услуг.

Для преодоления этих ограничений производители SDH оборудования пошли по пути создания систем SDH следующего поколения - NG SDH. Оборудование NG SDH имеет интегрированные интерфейсы передачи данных, в частности - Ethernet, а также использует новые технологии, которые позволяют эффективно выделять требуемую полосу для передачи данных и обеспечивают низкую стоимость внедрения этих технологий.

В оптических кабелях широко применяются одномодовые волокна, которые в настоящее время выпускаются следующих типов:

- одномодовое ступенчатое (SF);

данное волокно оптимизировано по хроматической дисперсии для работы во втором окне прозрачности; $\lambda_0=1310\pm 10$ Нм, но при этом затухание, вносимое волокном, больше примерно в 2 раза, чем в третьем окне прозрачности - $(0,2\div 0,4)$ дБ/км – 3(ОП); $(0,4\div 0,7)$ дБ/км – 2(ОП);

- одномодовое волокно со смещённой хроматической дисперсией (DSF); $\lambda_0=1550\pm 10$ Нм; у этого ОВ обеспечивается нулевая величина хроматической дисперсии и минимальная величина вносимого затухания на фиксированной длине волны $\lambda_0=1550$ Нм – 3 ОП; но у этого волокна длина волны $\lambda_0=1550$ Нм входит в полосу пропускания эрбиевых волоконно-оптических усилителей, которые являются составной частью оборудования спектрального разделения CP (WDM) и при этом эта λ является главным потенциальным источником нелинейных оптических явлений (смещение четырёх волн, самомодуляция фазы оптической несущей, перекрёстная модуляция), которые проявляются в виде дополнительного шума и таким образом это волокно не оптимизировано для работы оборудования спектрального разделения каналов (WDM);

- одномодовое волокно с минимальной смещённой хроматической дисперсией (NZDSF); λ – смещённое волокно; особенность его в том, что λ_0 вынесена за пределы полосы пропускания ЭВОУ, это уменьшает нелинейные оптические явления, и волокно оптимизировано для работ аппаратуры плотного спектрального разделения (DWDM);

(1350÷1450) Н- одномодовое ОВ с минимальной смещённой выравненной хроматической и поляризационной дисперсией (True Wave) (SVF-LS – фирмы Corning); оптимизировано для работ аппаратуры CP (DWDM);

- ООВ LEAF – с увеличенной эффективной площадью для светового потока; диаметр светового пятна увеличен с 3 мкм до 4 мкм; главной отличительной чертой этого волокна является большая эффективная площадь для светового потока (диаметр модового пятна возрос на 1 мкм);

- ООВ All Wave (всеволновое); в кривой зависимости затухания этого ОВ от длины волны имеются четыре окна прозрачности, которые слились в одно; отсюда – название; по сравнению со стандартным волокном рабочий диапазон длин волн волокна All Wave увеличился на 10 Нм и составляет величину м, что позволяет организовать 120 и более каналов спектрального разделения (WDM);

- ОВ для компенсации хроматической дисперсии ВКР (DCF); это волокно используется в специальных модулях, предназначенных для компенсации хроматической дисперсии, например, DCM;

- ОВ, легированное эрбием ВЛЭ (EDF) – используется в эрбиевых оптических усилителях типа EDFA;

- ОВ, легированное неодимом ВЛН (NDF) – используется в оптических усилителях типа NDFA, работающих во 2 ОП;

- ОВ, сохраняющее состояние поляризации ВСП (PMF) – используется в датчиках, требующих сохранения состояния поляризации;

- ОВ для ультрафиолетовой обработки спектра, например, волокно, используемое в диапазоне (190÷250) Нм, используемое для различных специальных назначений;

- ОВ с большой площадью сечения [примерно (300÷800)мкм] для создания световых потоков большой яркости и мощности, используемое для измерений и специальных назначений.

Согласно рекомендаций МСЭТ проведено уточнение и изменение числа окон прозрачности от 3 до 6. Данные окон прозрачности приведены в таблице 55 (приложение А).

Потенциальная пропускная способность ОВ G потенц.= 25Тбит/с.

Используя спектральное разделение каналов СР (WDM), получена пропускная способность G получ.≥16Тбит/с.

Количество каналов СР при работе по одному ОВ получено в настоящее время несколько сот (1000- по Э.Л.Портнову при скорости передачи 3,25Гбит/с).

Для коммерческих целей используется не более 100 спектральных каналов при максимальной скорости в каждом 40 Гбит/с.

Ежегодный прирост спроса на ОВ (ОК) составляет 15%.

РФ занимает 12,5 % суши, а население 2% население земного шара. Плотность население составляет 8,1 человека на 1 км².

При 100% замене кабеля на ОК потребуется период до 2065 года. С учетом истечения срока службы ОК этот период продолжится на десятки лет.

По одному ОВ в одном канале достигнута скорость передачи 1Тбит/с.

В данном курсовом проекте рассматриваются основные вопросы проектирования ВОСП на участке: пос.Ярнема, пос. Савинский, г. Плесецк; исходные данные для проектирования приведены в таблице 49.

Таблица 49 - Исходные данные варианта «Х»

Направление	№ вар.	E1	E3	E4	SMT-1	Ethernet-100	L, км
А - В	х	5	1	-	-	1	47
А - С	х	36	-	1	-	-	-
В - С	х	71	-	-	1	-	57

1 Выбор трассы прокладки оптического кабеля на участке местности

В настоящее время ПАО «Ростелеком» является основным оператором междугородной и международной связи России и имеет разветвленную сеть электросвязи. Компания владеет современной цифровой сетью, которая позволяет предоставлять услуги связи в каждом субъекте Российской Федерации.

В зависимости от конкретных условий на загородном участке трасса прокладки оптического кабеля выбирается на различных земельных участках, в том числе полосах отвода автомобильных, железных дорог, охранных и запретных зонах, в коллекторах и тоннелях автомобильных и железных дорог. При отсутствии дорог трасса оптического кабеля при соответствующем обосновании может проходить по землям несельскохозяйственного назначения или по сельскохозяйственным угодьям худшего качества. При этом необходимо обходить места возможных затоплений, обвалов, промоин почвы, а также участков с большой плотностью поселения грызунов. Если возникает необходимость в выборе трассы по пахотным землям, то в проекте организации строительства следует учитывать ограничение времени производства строительно-монтажных работ на период между посевом и уборкой сельскохозяйственных культур. Для проектирования ВОЛП важное значение имеет описание местности, природных и климатических условий рассматриваемых регионов. Выбор трассы под строительство ВОЛП сводится к двум вариантам:

- прокладка в грунт вдоль автомобильной дороги Плесецк – Ярнема, южнее (слева);
- прокладка в грунт вдоль автомобильной дороги Плесецк – Ярнема, севернее (справа).

Участок карты местности приведен на рисунке 137. Схема трассы прокладки оптического кабеля приведена на рисунке 138. Расстояние между

населенными пунктами: Плесецк – Савинский - 57 км, Савинский – Ярнема - 47 км. Выбор 1 варианта трассы предпочтителен, по количеству пересечений с автомобильными дорогами при одинаковом расстоянии по каждому из вариантов. По первому варианту - одно пересечение с автомобильными дорогами. По второму варианту - три пересечения с автомобильными дорогами.

Глубина прокладки подземных оптических кабелей в грунте (1-4) групп должна быть не менее 1,2 м. При пересечениях автомобильных и железных дорог, прокладка оптического кабеля проектируется в асбестоцементных трубах с выводом по обе стороны от подошвы насыпи или полевой бровки на длину не менее 1 метра. В городах и крупных населенных пунктах оптический кабель, как правило, прокладывается в телефонной кабельной канализации или коллекторах.

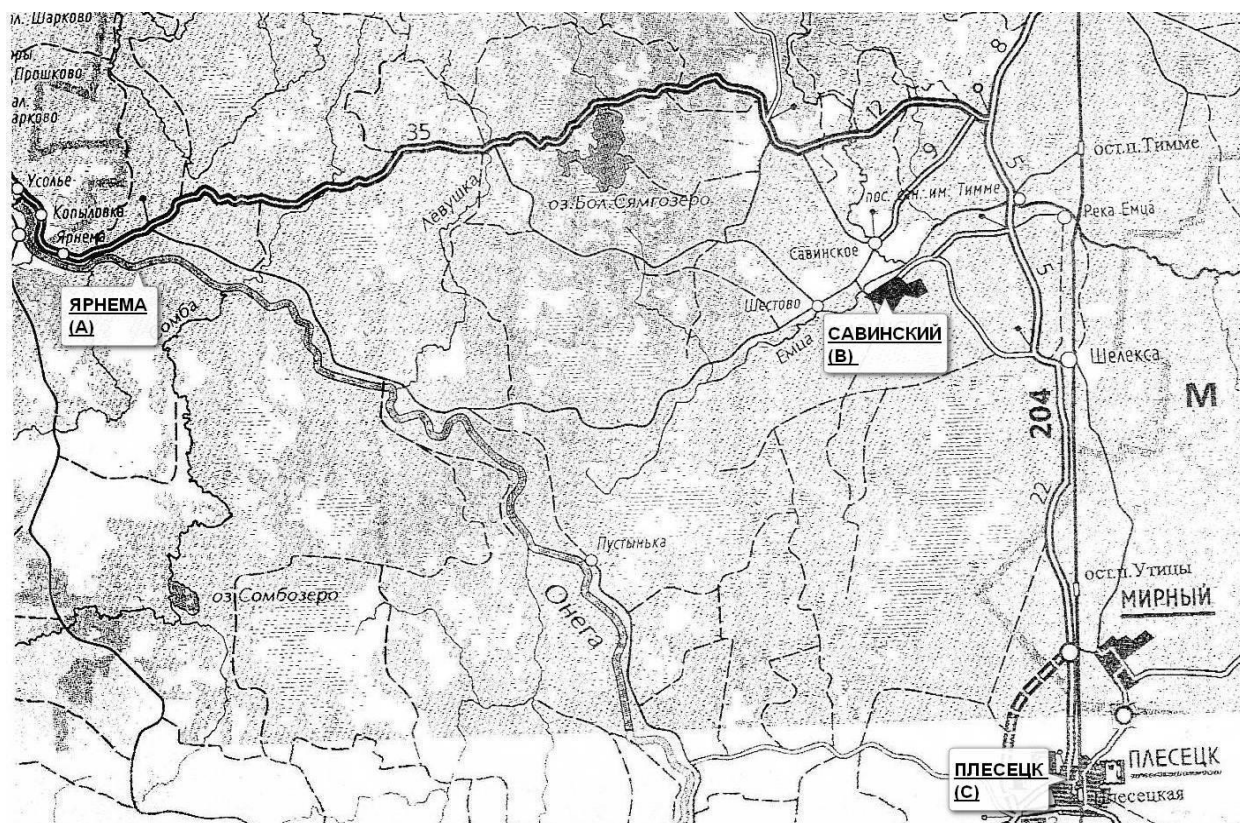


Рисунок 137 – Участок карты местности

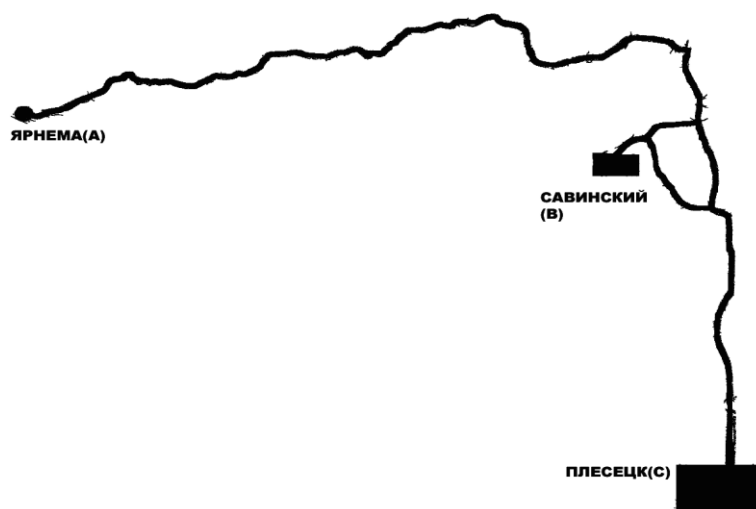


Рисунок 138 - Схема трассы прокладки оптического кабеля

При отсутствии в канализации свободных каналов в проекте нужно предусмотреть строительство новой или докладку каналов в существующей кабельной канализации. При выборе трассы кабельной канализации нужно стремиться к сокращению числа пересечений с уличными проездами, с автомобильными и железными дорогами. Трасса кабельной канализации должна проектироваться на уличных и внутриквартальных проездах с усовершенствованным покрытием, минимально допустимое заглубление трубопроводов кабельной канализации в середине пролета представлено в таблице 50.

Таблица 50 - Минимально допустимое заглубление трубопроводов

Материал труб	Под пешеходной частью, м	Под проезжей частью, м	Под электрифицированной ж/д , трамвайными путями от подошвы рельса, м
Асбоцемент	0,4	0,6	1,0
Полиэтилен	0,4	0,6	1,0
Сталь	0,2	0,4	-

Смотровые устройства (колодцы) кабельной канализации подразделяются на следующие типы:

- проходные - проектируются на прямолинейных участках трассы, в местах поворота трассы не более, чем на 15 градусов, а так же при изменении глубины заложения трубопровода;

- угловые - проектируются в местах поворота трассы более чем на 15 градусов;

- разветвительные - устанавливаются в местах разветвления трассы на (2-3) направления;

- станционные - устанавливаются в местах ввода кабелей в здания телефонного узла коммутации.

Типы смотровых устройств (колодцев) определяются емкостью вводимых труб или блоков с учетом перспективы развития сети. Расстояние между колодцами не должно превышать 150 м.

В проекте предусмотрены типовые железобетонные колодцы. Прокладка оптических кабелей в кабельной канализации проектируется в свободном канале, причем, общее число кабелей в одном канале должно быть не более трех. Практикуется также прокладка кабелей в полиэтиленовых трубах марки ПНД-32-Т, которые предварительно прокладываются в свободный канал. Допускается проектирование прокладки оптического кабеля в занятом электрическими кабелями канале, в трубе ПНД-32-Т.

2 Расчет требуемых эквивалентных ресурсов ВОСП

Для того, чтобы узнать уровень синхронного транспортного модуля (STM) в различных узлах транспортной сети, необходимо рассчитать суммарный эквивалент нагрузки по направлениям, а затем применить полученные результаты на различные топологии с учетом их построения и прохождения по ним информационной нагрузки. Число каналов, связывающих заданные конечные пункты, в основном зависит от численности населения в этих пунктах и от степени заинтересованности отдельных групп населения во взаимосвязях. В зависимости от этих условий производится расчет числа каналов. Для определения уровня STM произведем пересчет заданных цифровых потоков в потоки уровня E1 по формулам:

$$E3 \rightarrow 21 \text{ VC-12}, \quad (1)$$

где E3-цифровой поток ПЦИ уровня E3 (34368 кбит/с);

VC-12 – виртуальный контейнер, предназначенный для размещения цифрового потока уровня E1.

$$\text{Ethernet 100} \rightarrow 2 \text{ VC-3} \rightarrow 42 \text{ VC-12}, \quad (2)$$

где Ethernet 100-цифровой поток 100 Мбит/с, представленный в формате Ethernet;

VC-3 – виртуальный контейнер третьего уровня.

$$E4 \rightarrow \text{VC-4} \rightarrow 3 \text{ VC-3} \rightarrow 63 \text{ VC-12}, \quad (3)$$

где E4-цифровой поток ПЦИ уровня E4 (139264 Кбит/с);

VC-4 – виртуальный контейнер четвертого уровня.

$$\text{STM-1} \rightarrow 63 \text{ VC-12}, \quad (4)$$

где STM-1 – синхронный транспортный модуль первого (основного) уровня.

Необходимое количество VC12 в проектируемой сети разместим в таблице 51.

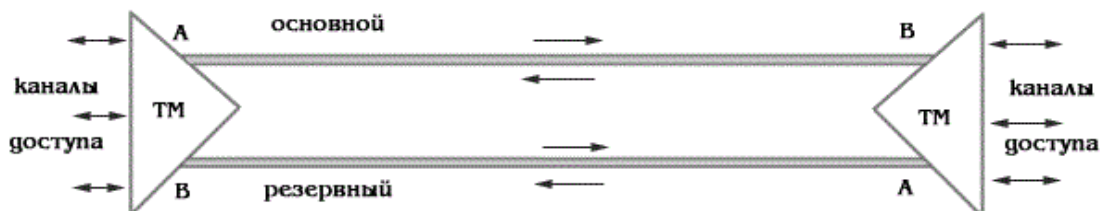
Таблица 51 – Емкость сети по направлениям в потоках E1

Направления	Тип цифрового потока					
	E1	E3	E4	Ethernet - 100	STM-1	Σ VC12
A-B	5	21	-	42	-	68
A-C	36	-	63	-	-	99
B-C	71	-	-	-	63	134

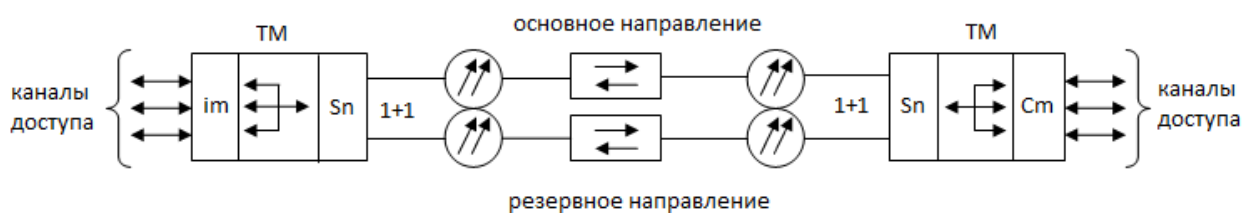
Резервирование в проектируемой сети предполагает резервирование трафика сетевых трактов и каналов с помощью организации соответствующих архитектуры и топологии сети, а также аппаратное резервирование сетевых элементов для обеспечения заданного уровня надежности функционирования сети. Все это достигается с помощью интегрированной системы управления сетью и соответствующей организацией топологии сети.

Мультиплексоры оснащены защитой с автоматическим переключением, управляемым блоком контролера оборудования. Исходя из рисунка 136, можно сделать вывод, что между заданными пунктами можно организовать одну из двух топологий сети - это «точка-точка» и «последовательная линейная цепь», топология «точка-точка» используется для участков сети, когда требуется передать большие объемы информации из первой точки в другую точку без ответвления этой информации в промежуточных пунктах.

Данный вид топологии реализуется с помощью терминальных мультиплексоров, топология приведена на рисунке 139 (а, б).



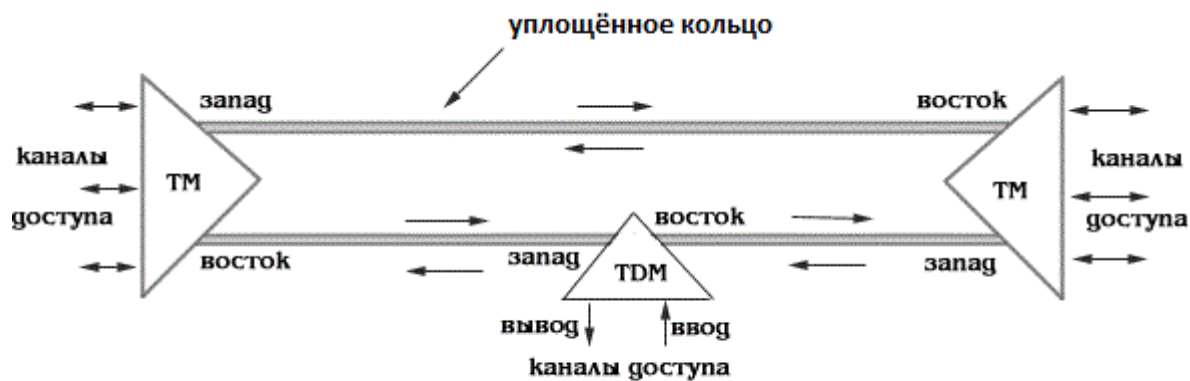
а)



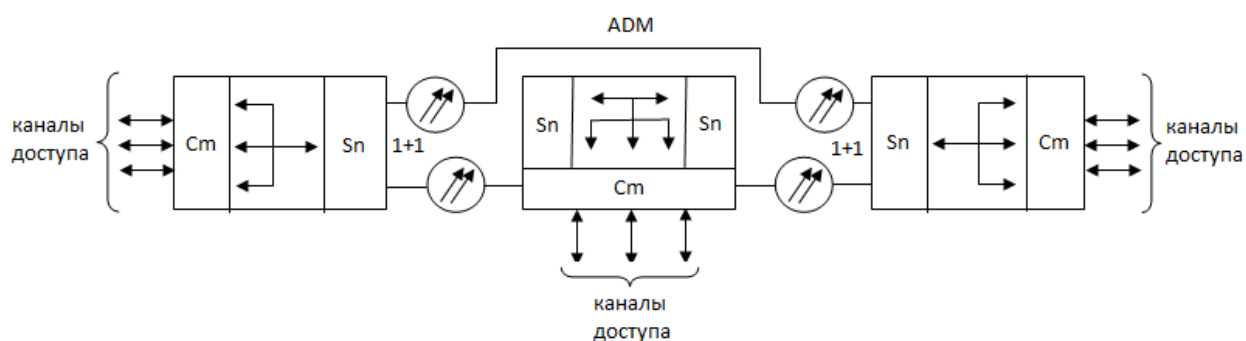
б)

Рисунок 139 (а, б) – Топология «точка - точка», реализованная с использованием терминальных мультиплексоров (ТМ)

«Последовательная линейная цепь» - это цепочка из мультиплексоров ввода/вывода и терминальных мультиплексоров на концах цепи; данная топология применяется, если интенсивность нагрузки в сети невелика и есть необходимость в ответвлении информации в ряде точек по тракту связи. Данная топология приведена на рисунке 140 (а, б).



а)



б)

Рисунок 140 (а, б) – Топология «последовательная линейная цепь» («уплощенное кольцо») с защитой 1+1

Из названных типов топологий сети, выберем топологию «последовательная линейная цепь», так как она даст возможность расположить в поселке Савинский один мультиплексор ввода/вывода, а не два терминальных.

Произведем расчет нагрузки по формулам:

$$N_{A-B} = N_{A-B} + N_{A-C}, \quad (5)$$

где N_{A-B} – суммарная нагрузка на участке А-В;

N_{A-C} – суммарная нагрузка на участке А-С.

$$N_{B-C} = N_{B-C} + N_{A-C}, \quad (6)$$

где N_{B-C} – суммарная нагрузка на участке B-C.

$$N_{A-B} = 68 + 99 = 167 \text{ VC-12}$$

$$N_{B-C} = 134 + 99 = 233 \text{ VC-12}$$

Из произведенных расчетов, а также с учетом перспективы развития сети, делаем вывод: потребуется уровень синхронного транспортного модуля STM-16, который обеспечит передачу до 1008 цифровых потоков уровня E1. На проектируемых участках сети применим защиту цифровых потоков MSP (1+1;1:1), при этом используется 2 альтернативных пути передачи цифровых потоков.

При варианте 1+1, одна рабочая секция мультиплексирования непрерывно дублируется резервной секцией мультиплексирования. При аварии рабочей секции селектор приемной стороны подключает резервную секцию.

При варианте 1:1 одна рабочая секция мультиплексирования может быть продублирована в аварийном состоянии резервной секцией, которая в нормальном режиме переносит дополнительный (резервный) трафик. Этот трафик автоматически забирается мостом и селектором при аварии рабочей секции. Признаками для выполнения защитного переключения в секции мультиплексирования могут быть следующие сигналы:

- потеря сигнала на приеме (LOS),
- потеря цикла (LOF),
- избыточный коэффициент ошибок по битам ($BER > 10^{-10}$).

Виды нагрузки и требуемые ресурсы транспортных сетей определяются таблицей 52.

Таблица 52 – Ресурсы транспортных сетей

Виды нагрузки и скорости		Ресурсы оптических транспортных сетей			
Пользовательская сеть	Скорости, Мбит/с	SDH-CCAT		SDH-VCAT	
		Ресурс	Эффект. Исполыз.	Ресурс	Эффект. Исполыз.
Телефонная сеть ISND	2,048	VC-12	≈ 94%	VC-12	≈ 94%
ПЦИ(PDH), ЕЗ	34,368	VC-3	≈ 70%	VC-3	≈ 70%
100 BASE-FX	100,0	VC-4	≈ 65%	VC-3-2V	≈ 100%
1000 BASE-LX кодирования 8B10B	1250	VC-4-16с	≈ 40%	VC-7V	≈ 96%

3 Варианты топологий транспортной сети

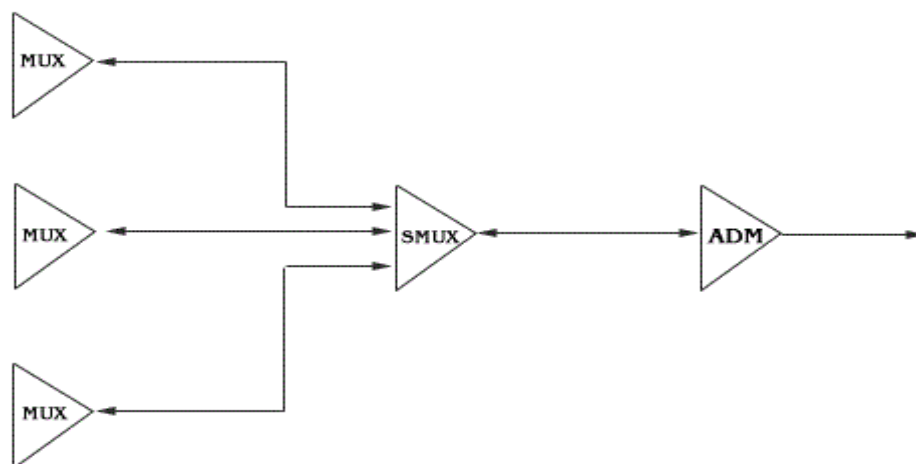
При построении сети SDH применяются следующие варианты топологий:

-топология «точка - точка» - это сегмент сети, связывающий два узла А и В, является наиболее простым примером базовой топологии сети SDH (рисунок 36). Она может быть реализована с помощью терминальных мультиплексоров (ТМ) как по схеме без резервирования потоков приёма/передачи, так и по схеме со стопроцентным резервированием типа 1+1, использующей основной и резервный электрические или оптические агрегатные выходы (каналы приёма/передачи);

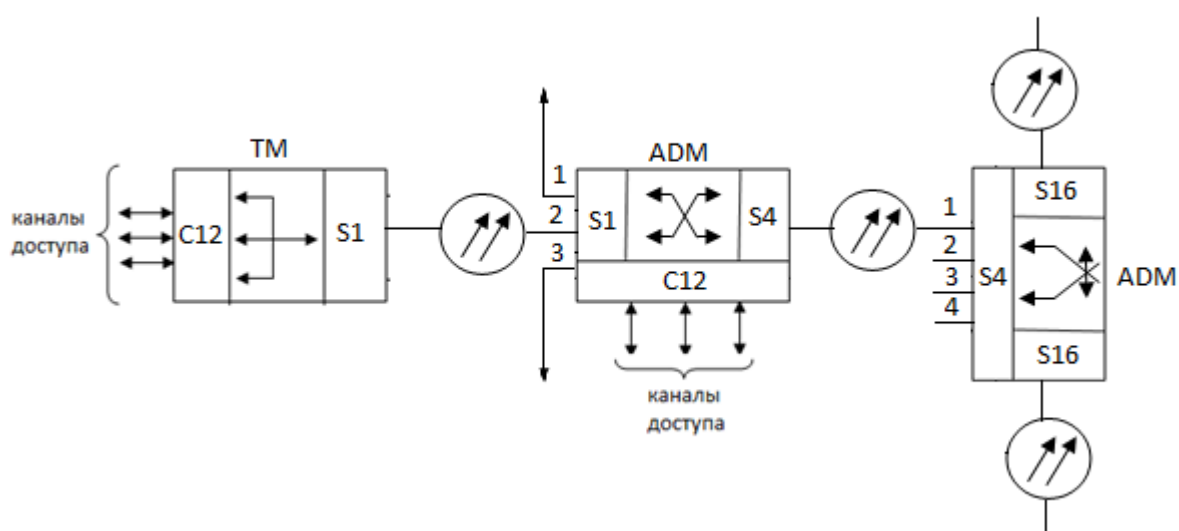
- топология «последовательная линейная цепь» - эта базовая топология, используется тогда, когда интенсивность трафика в сети не так велика и существует необходимость ответвлений в ряде точек линии, где могут вводиться каналы доступа (рисунок 140);

- топология «звезда» - в этой топологии один из удалённых узлов сети, связанный с центром коммутации или узлом сети SDH на центральном кольце, играет роль концентратора (хаба), где часть трафика может быть выведена на терминалы пользователя, тогда как оставшаяся его часть может быть распределена по другим удалённым узлам (рисунок 141);

- топология «кольцо» - эта топология (рисунок 142) широко используется для построения SDH сетей первых двух уровней SDH иерархии (155 и 622 Мбит/с). Основное преимущество этой топологии - лёгкость организации защиты типа 1+1, благодаря наличию в синхронных мультиплексорах (SMUX) двух пар оптических каналов приёма/передачи: восток - запад, дающих возможность формирования двойного кольца со встречными потоками.



а)



б)

Рисунок 141 (а,б) – Топология «звезда» с мультиплексором в качестве концентратора

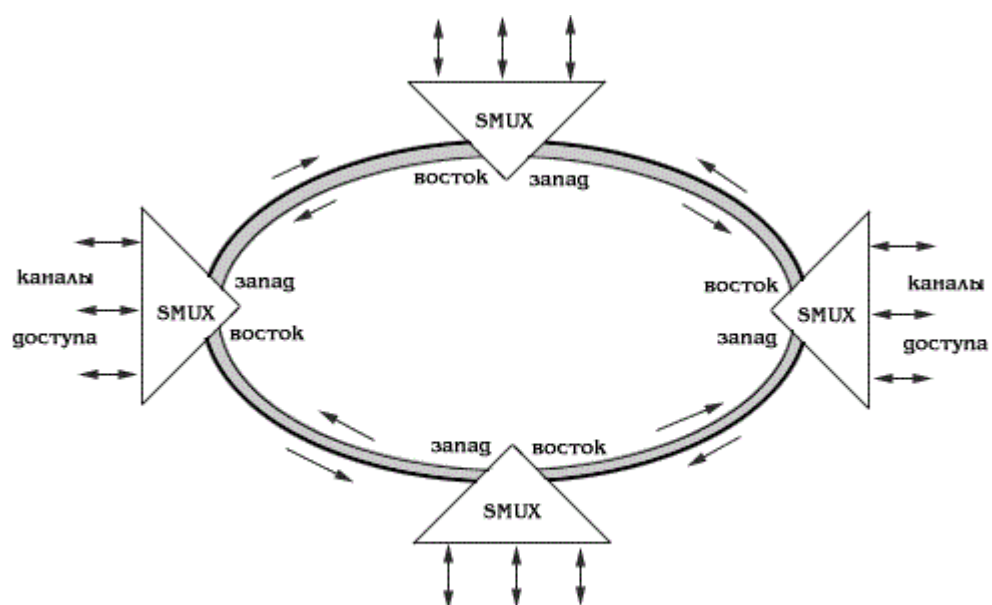


Рисунок 142 – Топология «кольцо» с защитой 1+1

4 Определение требуемых видов мультиплексоров SDH и их количества

Емкость кабеля и систем передачи выбираются в зависимости от необходимого количества цифровых потоков. Они выбираются таким образом, чтобы при соблюдении необходимых качественных показателей проектируемая ВОСП была наиболее экономичной, как по капитальным затратам, так и по эксплуатационным расходам. Система связи предусматривает передачу информации по одному оптоволокну, а прием - по другому, что эквивалентно четырехпроводной однокабельной схеме организации связи, но с учетом защиты цифровых потоков варианта 1+1 схема организации связи будет четырехволоконная, одно или двухкабельная.

В настоящее время оборудование СЦИ выпускается разными фирмами, некоторые из них приведены в приложении В.

Исходя из практических соображений, выберем систему передачи синхронной цифровой иерархии уровня STM-16 1660 SM OPTINEX.

Alcatel OPTINEX – это оптический мультисервисный сетевой узел уровня STM-16, используемый для создания местных (сельских и городских), а также зонных сетей. Его компактная конструкция удобна для размещения в офисных помещениях, внешний вид данного узла приведен на рисунке 143.

В данном оборудовании предусмотрены все интерфейсы PDH и SDH от 1,5 Мбит/с до 10 Гбит/с., оборудование Alcatel OPTINEX™ 1660 SM обеспечивает большой выбор методов защиты цифровых потоков в сети:

- защита линейной мультиплексной секции,
- защита трактов при 100% дублировании их в подсетях,
- защита мультиплексной секции за счет использования общей резервной распределенной емкости в сети с кольцевой конфигурацией.



Рисунок 143 – Узел оборудования Alcatel OPTINEX

По желанию заказчика все сменные блоки могут быть зарезервированы. Защита в системе электропитания обеспечена за счет её распределенной структуры, при которой преобразование по напряжению осуществляется на каждой плате. Естественно, этим не исчерпываются все достоинства оборудования, так как при разработке оборудования Alcatel OPTINEX™ 1660 SM был использован весь опыт, накопленный компанией Alcatel в области разработки систем передачи SDH, благодаря поставке десятков тысяч единиц оборудования по всему миру. Кроме достаточного количества общих блоков, данный мультиплексор имеет 16 установочных мест, предназначенных для создания линейных и компонентных портов, что обеспечивает полную универсальность этого оборудования. В мультиплексоре предусмотрены интерфейсы: 1,5; 2; 34; 45; 140 Мбит/с, STM-1, STM-4, STM-16. Матрица

переключения виртуальных контейнеров VC высокого порядка эквивалентная 96×96 STM-1, матрица переключения VC низкого порядка эквивалентная 64×64 STM-1, что позволяет завести 756 двух мегабитных потоков. Синхронизация предусмотрена как от внутреннего источника, так и от внешнего источника, в качестве которого используется линейный сигнал любого уровня. В оборудовании имеются встроенные оптические усилители, интерфейсы STM-16 с нормированной длиной волны оптического излучения, предназначенные для взаимодействия с оборудованием спектрального разделения каналов (DWDM), предусмотрена местная и дистанционная загрузка ПО, а также дистанционный учет и контроль.

Габариты оборудования: ширина – 600 мм, глубина – 300 мм, высота – 2200 мм. Габариты секции: ширина – 482 мм, высота – 650 мм.

Электропитание предусмотрено от напряжения -48 В или -60 В, потребляемая мощность 200 Вт.

В курсовом проекте предусмотрена установка двух терминальных мультиплексоров в оконечных пунктах (А - пос. Ярнема; С - г. Плесецк), и одного мультиплексора ввода/вывода в промежуточном пункте (В - пос. Савинский). Мультиплексоры проектируются к установке соответствующей конфигурации.

5 Выбор оптического кабеля и кабельной продукции

Оптический кабель в РФ изготавливается более десяти различными фирмами, некоторые из них приведены в приложении Г. В проекте будет использоваться кабель для прокладки в грунт и кабельной канализации марки ОКБ-М8П-10-0,22-24 производства ПАО НФ «Электропровод», который согласно приказу № 2724 от 2002 года ПАО «Связьинвест» рекомендуется применять для строительства транспортной магистральной и внутризоновой сетей.

Количество оптических волокон на основных направлениях должно быть не менее 20 с учетом наличия в нем волокон со смещенной, ненулевой выравненной, хроматической и поляризационной дисперсиями, оптимизированными для работы систем спектрального разделения каналов (WDM). Оптические кабели названной марки предназначены для прокладки в грунт всех категорий, в том числе зараженных грызунами, а также в воде при пересечении неглубоких болот, водных преград, несудоходных рек, а также в кабельной канализации, трубах, блоках, по мостам и эксплуатации при температуре окружающей. При необходимости прокладки кабеля внутри зданий и сооружений кабель может быть изготовлен на основе полимера, не поддерживающего горение. Основные характеристики кабеля названной марки приведены в таблице 53.

Конструкция кабеля приведена на рисунке 144.

Таблица 53 - Характеристики оптического кабеля ОКБ-М8П-10-0,22-24

Характеристики	SM 10/125	NZDS 8/125
Коэффициент затухания, дБ, не более: на длине волны 1310 нм на длине волны 1550 нм	0.35 0.22	0.4 0.25
Хроматическая дисперсия, пс/(км*нм), не более: на длине волны 1310 нм на длине волны 1550 нм	3.5 18	1.3...5.8 5.8...7.3
Полоса пропускания на длине волны 1310 нм МГц*км.	500-1000	500-1000
Количество модулей	6/8	6/8
Количество оптических волокон в модуле	1-6	1-6
Допустимое растягивание, кН	10-20	10-20
Допустимое раздавливающее усилие, Н/см	1000	1000
Масса кабеля, кг/км Номинальный внешний диаметр кабеля (D), мм - 6 модулей - 8 модулей	436-560 15 18	436-560 15 18
Минимальный радиус изгиба, мм	20* D	20* D
Срок службы, лет, не менее	25	25
Строительная длина, км	4.0	4.0

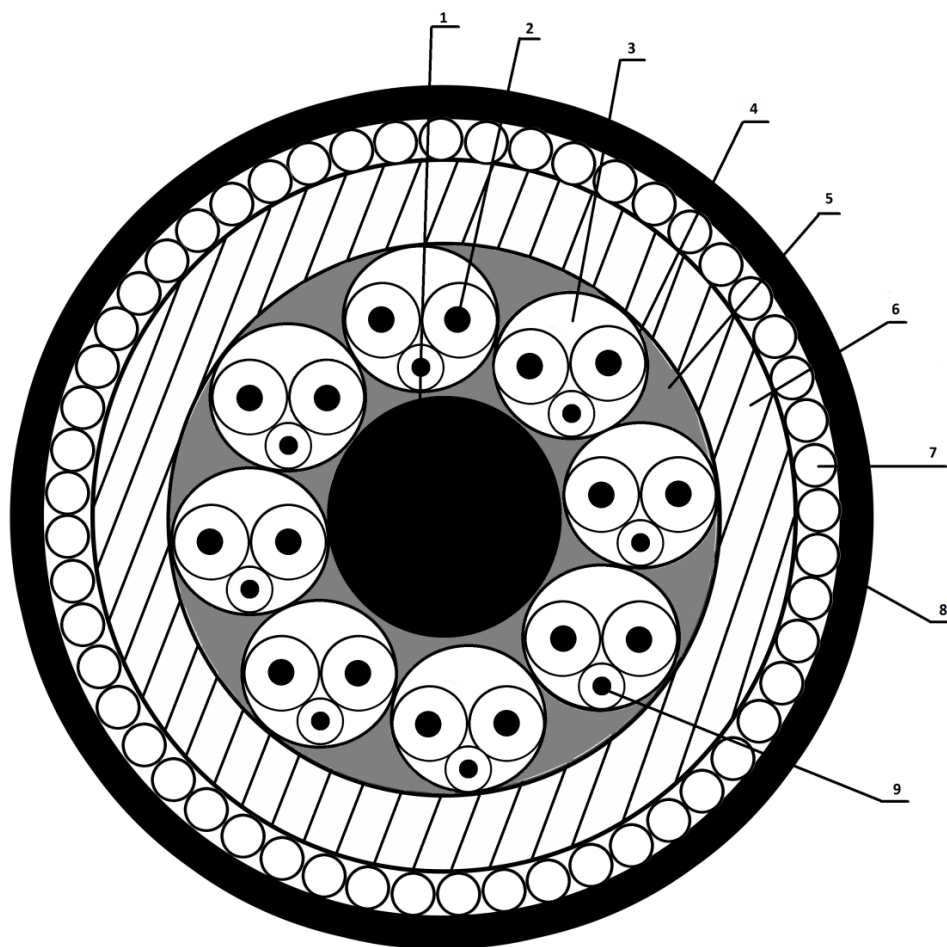


Рисунок 144 - Конструкция кабеля ОКБ-М8П-10-0,22-24

- 1 Центральный силовой элемент;
- 2 Оптическое волокно;
- 3 Внутримодульный гидрофобный наполнитель;
- 4 Оптический модуль;
- 5 Межмодульный гидрофобный наполнитель;
- 6 Промежуточная оболочка;
- 7 Броня из стальной оцинкованной проволоки;
- 8 Защитная оболочка;
- 9 Волокно NZDS.

6 Расчет длин регенерационных участков ВОЛП

Длина регенерационного участка определяется передаточными характеристиками волокна оптического кабеля – это коэффициент затухания и дисперсия, а также энергетическими параметрами волоконно-оптических систем передачи, которые работают по данному кабелю.

Затухание, вносимое оптическим волокном кабеля, приводит к уменьшению передаваемой мощности, и это ограничивает длину регенерационного участка.

Дисперсия приводит к уширению передаваемых импульсов, чем длиннее линия, тем больше вносимые искажения импульсов, при этом, имеет место межсимвольная интерференция, которая может привести к неверной регистрации значащих интервалов, то есть к росту коэффициента ошибок (BER), что также ограничивает длину регенерационного участка.

Необходимо рассчитать две величины длины участка регенерации по затуханию:

$L_{\max}$ – максимальная длина регенерационного участка, рассчитанная с учетом вносимого затухания;

$L_{\min}$ – минимальная длина регенерационного участка, рассчитанная с учетом вносимого затухания.

Согласно рисунка 136 расстояние между пунктами:

А-С: (пос. Ярнема - пос. Савинский) – 47 км, расстояние между пунктами;

В-С: (пос. Савинский - г. Плесецк) – 57 км.

Исходя из названных расстояний, выберем интерфейс L- 16.2 STM-16. Технические данные интерфейса приведены в таблице 54.

Таблица 54 – Технические данные линейного интерфейса STM-16

Цифровой сигнал	STM-16 в соответствии с рекомендациями ITU-T G.707 и G.958		
Номинальная скорость передачи	2488,32 Мбит/с		
Код приложения	Дальнее (Таблица 1/G.957 ITU-T)		
	L-16.1	L-16.2	L-16.3
Диапазон рабочих длин волн, нм	1280-1335	1530-1570	1530-1570
Допустимые потери в кабеле	21 дБ	20 дБ	19 дБ
Расстояние передачи (типичное)	42,0 км	66,6 км	63,3 км
Передатчик в опорной точке S: -средняя введенная мощность: -максимум -минимум;	2 дБм -3 дБм	1 дБм -4 дБм	0дБм -5 дБм
- тип источника	SLM	SLM	SLM

Продолжение таблицы 54

Цифровой сигнал	STM-16 в соответствии с рекомендациями ITU-T G.707 и G.958		
Спектральные характеристики: -максимальная ширина по уровню -20 дБ; -минимальный коэффициент затухания	1 нм 10 дБ	≤ 1 нм 10 дБ	≤ 1 нм 10 дБ
Приемник в опорной точке R: - минимальная чувствительность, -минимальная перегрузка, -максимальный дефект оптического пути, -максимальная отражающая способность приемников, измеренная в точке R	-28 дБм 1 дБ -27 дБ	-28 дБм 1 дБ -27 дБ	-28 дБм 1 дБ -27 дБ

Определение максимальной длины регенерационного участка производится по формуле:

$$L_{\alpha_{\text{мак.}}} = \mathcal{E}_{\text{мак.}} - M - n \times \alpha_{\text{р.с.}} / \alpha_{\text{о.в.}} + \alpha_{\text{н.с.}} \times n_{\text{стр.дл.}}, \quad (7)$$

где $\mathcal{E}_{\text{мак.}}$ – максимальная величина энергетического потенциала интерфейса L - 16.2;

M – системный запас на старение аппаратуры и кабеля;

n – число разъемных оптических соединителей на участке регенерации;

$\alpha_{\text{р.с.}}$ – затухание, вносимое разъемным оптическим соединителем;

$\alpha_{\text{о.в.}}$ – километрическое затухание выбранного оптического волокна;

$\alpha_{\text{н.с.}}$ – среднее значение затухания, вносимого неразъемным соединителем;

$n_{\text{стр.дл.}}$ – количество строительных длин на участке регенерации.

$$\text{А-В (47 км): } L_{\alpha_{\text{мак.}}} = (29 - 3 - 4 \times 0,3) / (0,22 + 0,05 \times 13) = 30,24 \text{ км.}$$

$$\text{В-С (57 км): } L_{\alpha_{\text{мак.}}} = (29 - 3 - 4 \times 0,3) / (0,22 + 0,05 \times 16) = 26,95 \text{ км.}$$

Минимальная длина регенерационного участка определяется по формуле:

$$L_{\alpha_{\text{мин.}}} = \mathcal{E}_{\text{мин.}} - M - n \times \alpha_{\text{р.с.}} / \alpha_{\text{о.в.}} + \alpha_{\text{н.с.}} \times n_{\text{стр.дл.}}, \quad (8)$$

где $\mathcal{E}_{\text{мин.}}$ – минимальная величина энергетического потенциала интерфейса L - 16.2.

$$\text{А-В (47 км): } L_{\alpha_{\text{мин.}}} = (24 - 3 - 4 \times 0,3) / (0,22 + 0,05 \times 13) = 24,15 \text{ км.,}$$

$$\text{В-С (57 км): } L_{\alpha\text{мин.}} = (24 - 3 - 4 \times 0,3) / (0,22 + 0,05 \times 16) = 21,52 \text{ км.}$$

На длине волны третьего окна прозрачности ($\lambda = 1550$ нм.) величина дисперсии не должна превышать 2500 пс/нм (таблица 53).

Для стандартного одномодового волокна на длине волны 1550 нм значение хроматической дисперсии составляет величину 18 пс/нм*км (таблица 53).

На длине регенерационного участка величина хроматической дисперсии определяется по формуле:

$$\tau_{\text{хр.}} = \tau_{\text{хр.1км.}} \times L_{\alpha\text{мак.}}, \quad (9)$$

где $\tau_{\text{хр.1 км.}}$ — величина хроматической дисперсии вносимой одним километром оптического волокна;

$L_{\alpha\text{мак.}}$ максимальная длина регенерационного участка рассчитанная по внесенному затуханию.

$$\text{А-В (47 км): } \tau_{\text{хр.}} = 18 \times 25,57 = 544,32 \text{ пс/нм.,}$$

$$\text{В-С (57 км): } \tau_{\text{хр.}} = 18 \times 24,31 = 485,1 \text{ пс/нм.}$$

Из результатов расчетов по формуле 9 видим, что норматив на хроматическую дисперсию выполняется при ширине спектра излучения полупроводникового лазера типа DFB не более 1 нм, установка регенераторов не требуется.

7 Выбор конфигурации мультиплексоров

Мультиплексор содержит основные узлы, которые устанавливаются обязательно, и сменные, установка которых зависит от функций, выполняемых мультиплексором. К основным узлам можно отнести: блоки источников питания опорного синхрогенератора, контролера оборудования, управляемой матрицы и другие узлы. Во всех пунктах проектируемой сети в составе мультиплексора устанавливаются следующие обязательные блоки: посадочное место № 22 - EQUIO (контроллер), посадочное место № 23 - MATRIX A, посадочное место № 40 - MATRIX B, посадочное место № 10 - CONGI A, посадочное место № 12 - CONGI B, посадочное место № 11 – SERVICE.

Во всех пунктах сети на посадочное место № 32 устанавливается резервная плата P63E1, посадочное место № 35 устанавливается плата резерва ISA-PR-EA.

Полка мультиплексора 1660 SM состоит из двух полей (конструктивов): основного поля и поля доступа. Расположение плат на полках мультиплексора приведено на рисунке 144.

В основном поле размещаются следующие платы: № 22 – EQUIO - контролер оборудования, она управляет:

- диалогом с установленными в поле платами через интерфейс S, предназначенным для сбора аварийных сигналов и слежения за рабочими характеристиками, а также выполнением и проверкой программных параметров,
- локальным диалогом с компьютером через интерфейс F,
- диалогом с ОС для выполнения операции сетевого управления через интерфейс Q3

Платы MATRIX A / MATRIX B - основная/резервная. Размер каждой составляет 96x96 STM-1 для потоков 155/140 Мбит/с или 64x64 STM-1 для всех цифровых SDH и PDH потоков, вплоть до 2 Мбит/с, кроме того она объединена

с платой опорного сигнала тактовой синхронизации - CRU. Данная плата CRU распределяет синхронные сигналы и подает их на внешний источник для синхронизации другого оборудования. Данная плата может:

- выбирать предлагаемый опорный сигнал,
- изменять опорный сигнал или режим при потере синхронизма.
- фиксировать другой имеющийся опорный сигнал или использовать локальный генератор синхронизмов.

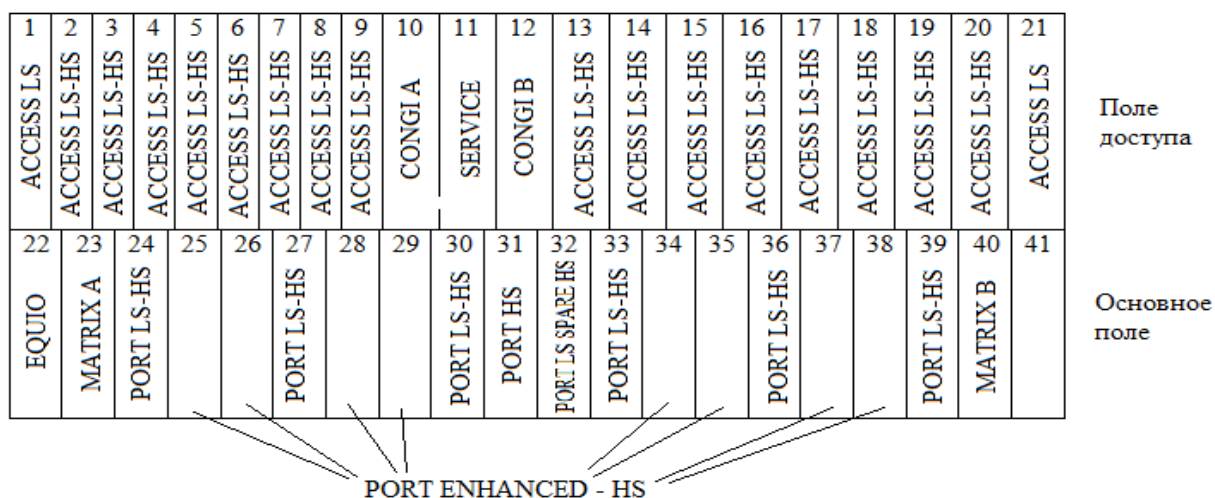


Рисунок 145 – Расположение плат на полке мультиплексора OPTINEX 1660

PORTLS-HS – плата для доступа как низкоскоростных (2Мбит/с), так и высокоскоростных потоков (34/45Мбит/с, 140Мбит/с, STM-1). Здесь могут устанавливаться платы: P63E1 (63x2 Мбит/с), P3E3 (3x34/45 Мбит/с), P4E4 (4x140 Мбит/с) и P4S1 (4xSTM-1), Ethernet 100, Ethernet 1000.

PORT -ENHANCED – плата для доступа компонентных сигналов STM-4 и STM-16, причем, одна такая плата занимает два установочных места.

PORT-HS – плата для доступа высокоскоростных потоков (34/45Мбит/с, 140 Мбит/с, STM-1). Здесь могут устанавливаться платы: P63E1 (63x2 Мбит/с),

P3E3 (3x34/45 Мбит/с), P4E4 (4x140 Мбит/с) и P4S1 (4xSTM-1), Ethernet 100, Ethernet 1000.

PORTLSSPARE – HS – резервная плата как низкоскоростных (2Мбит/с), так и высокоскоростных потоков (34/45Мбит/с, 140Мбит/с,STM-1). Здесь могут состояниях выведена на переднюю панель платы устанавливаться платы: P63E1 (63x2 Мбит/с), P3E3 (3x34/45 Мбит/с), P4E4 (4x140 Мбит/с) и P4S1 (4xSTM-1), Ethernet 100, Ethernet 1000.

Каждой плате в основном поле соответствует определенное число плат в поле доступа.

Поле доступа:

ACCESSLS – плата для низкоскоростного потока (2Мбит/с), при необходимости здесь устанавливается плата A21E1 (21x2Мбит/с);

ACCESSLS – HS - плата для доступа как низкоскоростных (2Мбит/с), так и высокоскоростных потоков (34/45 Мбит/с, 140 Мбит/с, STM-1); здесь могут устанавливаться платы: A3E3 (3x34/45 Мбит/с), A2E4 (2x140 Мбит/с), A2S1 (2xSTM-1);

CONGI (A/B) – плата питания и сигнализации, преобразует напряжение --48/-60 В постоянного тока, поступающее от аккумуляторной батареи в напряжения постоянного тока: +5,3 В; -5,5 В; +12 В - стабилизированные и гальванически изолированные от аккумуляторной батареи; сигнализация об аварийных;

SERVICE – плата служебной связи и интерфейсы сигнализации; обрабатываются все служебные потоки цикла STM-N.

Ниже приводятся служебные цифровые потоки:

агрегатный SOH (западной или восточной стороны),

SOH выходного сигнала,

РОН контейнера VC-3,

РОН агрегатного сигнала (западной или восточной стороны) и входного сигнала контейнера VC-4, над перечисленными потоками выполняются

операции по передаче и закрытию байтов. Потоки и байты обрабатываются в зависимости от ПО.

Сменные блоки:

63x2Мбит/с,

63x1,5 Мбит/с,

3x34/45 Мбит/с – переключаемые,

4x140 Мбит/с / STM-1 – электрические переключаемые,

2xEthernet 100,

1xEthernet 1000,

4xSTM-1электрические/оптические,

4xOC-3/STS-3,

1xSTM-4 оптические,

1xSTM-16 оптические,

матрица кроссового переключения SDH(кроссовое переключение VC и тактовый генератор),

контроллер оборудования,

плата коммутации/маршрутизации АТМ/ІР.

Комплектации мультиплексоров платами для пунктов:

пункт А (пос. Ярнема), пункт В (пос. Савинский), пункт С (г. Плесецк) приведены на рисунке 146, рисунке 147, рисунке 148 соответственно. Для подбора комплектаций мультиплексоров нужно использовать дополнительно данные таблиц 56 и 57 приложения Б.

1	A21E1(21x2Mбит/с)	22	EQUIO
2	A21E1(21x2Mбит/с)	23	MATRIX A
3		24	P63E1(63x2Mбит/с)
4		25	STM-16
5		26	STM-16
6		27	P3E3(1x34Mбит/с)
7		28	
8		29	
9		30	P4E4(1x140Mбит/с)
10	CONGI A	31	100BASE(1xEth100)
11	SERVICE	32	
12	CONGI B	33	
13	A3E3(1x34Mбит/с)	34	
14	A2E4(1x140Mбит/с)	35	
15		36	
16		37	
17		38	
18		39	
19		40	MATRIX B
20		41	

Рисунок 146 – Конфигурация мультиплексора в пункте А
(пос. Ярнема)

1	A21E1(21x2Mбит/с)	22	EQUIO
2	A21E1(21x2Mбит/с)	23	MATRIX A
3	A21E1(21x2Mбит/с)	24	P63E1(63x2Mбит/с)
4	A21E1(21x2Mбит/с)	25	STM-16
5		26	STM-16
6		27	P63E1(63x2Mбит/с)
7		28	STM-16
8		29	STM-16
9		30	P4S1(1xSTM-1)
10	CONGI A	31	
11	SERVICE	32	
12	CONGI B	33	
13	A4S1(1xSTM-1)	34	
14		35	
15		36	
16		37	
17		38	
18		39	
19		40	MATRIX B
20		41	

Рисунок 147 – Конфигурация мультиплексора в пункте В
(пос. Савинский)

1	A21E1(21x2Mбит/с)
2	A21E1(21x2Mбит/с)
3	A21E1(21x2Mбит/с)
4	A21E1(21x2Mбит/с)
5	A21E1(21x2Mбит/с)
6	A21E1(21x2Mбит/с)
7	
8	
9	
10	CONGI A
11	SERVICE
12	CONGI B
13	A3E3(1x34Mбит/с)
14	A2S1(2x140/155)
15	
16	
17	
18	
19	
20	
21	
22	EQUIO
23	MATRIX A
24	P63E1(63x2Mбит/с)
25	STM-16
26	STM-16
27	P63E1(63x2Mбит/с)
28	
29	
30	P4S1(1xSTM-1)
31	
32	P63E1(63x2Mбит/с)
33	P3E3(1x34Mбит/с)
34	
35	
36	
37	
38	
39	
40	MATRIX B
41	

Рисунок 148 – Конфигурация мультиплексора в пункте С (г. Плесецк)

8 Разработка схемы организации связи

В схеме организации связи проектируемой сети используются мультиплексоры SDH уровня STM-16, включенные в четырех волоконном режиме с учетом защиты цифровых потоков варианта 1+1.

Мультиплексор ввода/вывода устанавливается в пункте В (пос. Савинский), терминальные мультиплексоры в пунктах: А (пос. Ярнема) и С (г. Плесецк).

Схема организации связи приведена на рисунке 150.

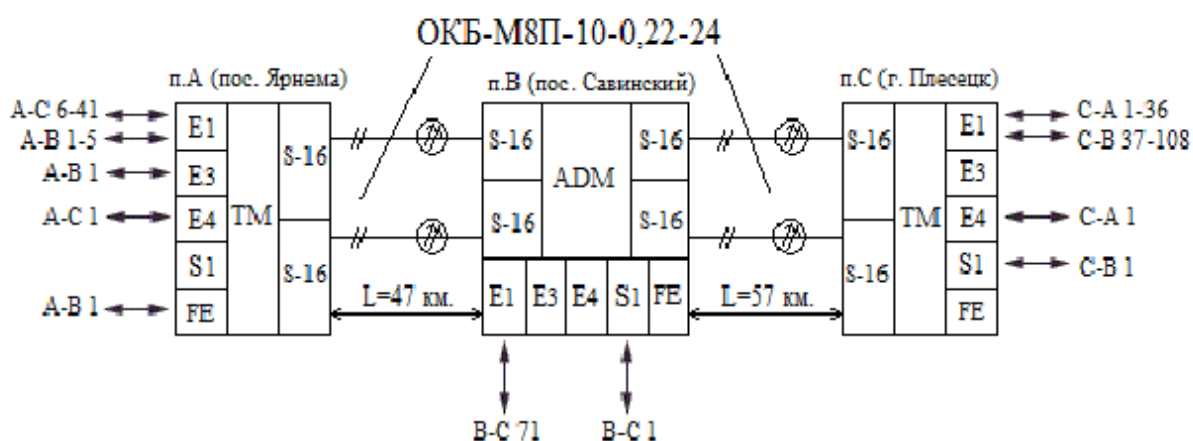


Рисунок 150 – Схема организации связи

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Курсовой проект посвящен вопросам проектирования строительства ВОСП на участке: п. Ярнема - п. Савинский – г. Плесецк.

В ходе проектирования было выбрано два варианта прохождения трассы оптического кабеля и оптимальный реализован в проекте.

При работе над курсовым проектом проведено:

- обоснование выбора топологии транспортной сети,
- проведен расчет эквивалентной нагрузки ВОСП и выбран уровень синхронного транспортного модуля,
- выбрано оборудование SDH и приведена его характеристика,
- рассчитаны длины регенерационных участков с привязкой к параметрам линейного интерфейса,
- выбран тип оптического кабеля и его емкость,
- разработана схема организации связи.

Для предоставления возможности технико-экономического анализа проекта определена комплектация оборудования ВОСП в каждом населенном пункте.

Учитывая преимущества использования ОК:

- отсутствие электромагнитных влияний (внутренних и внешних);
- большие длины регенерационных участков;
- использование недефицитных материалов;
- огромную пропускную способность ОВ.

Достоинства оборудования СЦИ(SDH):

- поддержание скоростей ПЦИ(PDH) и развитие их в большую сторону;
- отсутствие согласования скоростей;
- достаточное количество служебных каналов,
- наличие средств маршрутизации цифровых потоков,

- возможность организации защиты вариантов 1+1 и 1:1.

Приходим к выводу о целесообразности проектирования ВОСП на участке: Ярнема – Савинский – Плесецк.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Гордиенко, В.Н. Многоканальные телекоммуникационные системы / В.Н. Гордиенко, М.С. Тверецкий. - Москва: Горячая линия – Телеком, 2012.
2. Пахов, И. И. Синхронизация в ЦСП: учебное пособие – Архангельск: АКТ (ф) СПбГУТ, 2009.
3. Пахов, И.И. Спектральное разделение каналов. Волоконно-оптические усилители: учебное пособие - Архангельск: АКТ (ф) СПбГУТ, 2009.
4. Пахов, И.И. Конспект лекций по ВОСП – Архангельск: АКТ (ф) СПбГУТ, 2015.
5. Пахов, И.И. Конспект лекций, ЦСП, ч.1 - Архангельск: АКТ (ф) СПбГУТ, 2014.
6. Проектирование и техническая эксплуатация цифровых телекоммуникационных систем и сетей / Е.Б. Алексеев, В.Н. Гордиенко, В.В. Крухмалев, А.Д. Моченов, М.С. Тверецкий. - Москва: Горячая линия – Телеком, 2012.
7. Скляр, О.К. Современные волоконно-оптические системы передачи. – Москва: СОЛОН-Р, 2010.
8. СТО 1.01-2015 Работы и проекты курсовые и дипломные, отчеты технические. Правила оформления. – Введ. 2016-11-01. – Архангельск: АКТ (ф) СПбГУТ, 2015.

Приложение А

(справочное)

Диапазоны длин волн

Таблица А.1 – Данные окон прозрачности (диапазонов длин волн) оптических волокон

Обозначение	Назначение	Диапазон длин волн, нм	Ширина полосы, ТГц
Q-диапазон	Основной	1260÷1360	17,5
E-диапазон	Расширенный	1360÷1460	15,1
S-диапазон	Коротковолновой	1460÷1530	9,4
C-диапазон	Стандартный	1530÷1565	4,4
L-диапазон	Длинноволновый	1565÷1625	7,1
U-диапазон	Сверхдлинноволновый	1625÷1675	5,5
	Итого:	(1260÷1675)= 415 нм	59,0

Приложение Б

(справочное)

Взаимосвязь плат

Таблица Б.1 - Взаимосвязь плат Р63Е1 и плат А21Е1 доступа

Обозначение порта платы	Слот порта платы	Обозначение платы доступа	Слот платы доступа
Р63Е1, Р63Е1	24	А21Е1	1(СН.1-21)
		А21Е1	2(СН.22-42)
		А21Е1	3(СН.43-63)
Р63Е1, Р63Е1	27	А21Е1	4(СН.1-21)
		А21Е1	5(СН.22-43)
		А21Е1	6(СН.43-63)
Р63Е1, Р63Е1	30	А21Е1	7(СН.1-21)
		А21Е1	8(СН.22-43)
		А21Е1	9(СН.43-63)
Р63Е1, Р63Е1	32 (Резервная)	-	-
Р63Е1, Р63Е1	33	А21Е1	13(СН.1-21)
		А21Е1	14(СН.22-43)
		А21Е1	15(СН.43-63)
Р63Е1, Р63Е1	36	А21Е1	16(СН.1-21)
		А21Е1	17(СН.22-43)
		А21Е1	18(СН.43-63)
Р63Е1, Р63Е1	39	А21Е1	19(СН.1-21)
		А21Е1	20(СН.22-43)
		А21Е1	21(СН.43-63)

Таблица Б.2 – Платы портов

Порт 63×2 Мбит/с	P63E1	6	24, 27, 30, 36, 39
Порт 63×2 Мбит/с	P63E1	6	24, 27, 30, 36, 39
Порт 3×34/45 Мбит/с	P3E3	15	24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 34, 35, 36, 37, 38, 39
Порт 10×10/100 Мбит/с Ethernet	ISA- PR-EA	15	24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 34, 35, 36, 37, 38, 39
Опт./Эл. порт 14×140/STM1	P4E4	15	24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 34, 35, 36, 37, 38, 39
Электрический порт 4×STM1	P4ES1	15	24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 34, 35, 36, 37, 38, 39
Порт 21×2 Мбит/с 75 Ом	A21E1	18	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 13, 14,15, 16, 17, 18, 19, 20, 21
Порт 21×2 Мбит/с 120 Ом	A21E1	18	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 13, 14,15, 16, 17, 18, 19, 20, 21
Порт 21×2 Мбит/с 120 Ом	A21E1	18	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 13, 14,15, 16, 17, 18, 19, 20, 21
3×34 Мбит/с 75 Ом	A3E3	16	2,3,4,5,6,7,8,9,13,14,15,16,17,18,19,20
3×34 Мбит/с 75 Ом	A3E3	16	2,3,4,5,6,7,8,9,13,14,15,16,17,18,19,20
Оптический/ Электрический адаптер 23×34 Мбит/с 75 Ом 140/STM1	A2S1	16	2,3,4,5,6,7,8,9,13,14,15,16,17,18,19,20
4×STM1 Электрический 75 Ом	A4S1	16	2,3,4,5,6,7,8,9,13,14,15,16,17,18,19,20

Приложение В

(справочное)

Мультиплексоры SDH

В нашей стране и за рубежом изготавливают довольно большое количество мультиплексоров SDH. Некоторые из них рассмотрены в этом приложении.

QBM-7400 3U - модульный SDH мультиплексор операторского класса STM-1/STM-4/STM-16 с обеспечением предоставления мультисервисных услуг. Производство «Русская телефонная компания».

Конструкция: мультиплексор высотой 3U устанавливается в стойку 19” и имеет 19 слотов расширения:

- 2 для установки блоков питания с возможностью резервирования 1+1;
- 1 слот для установки карты управления;
- 2 слота для карты агрегации STM-1/4/16;
- 14 слотов для сервисных карт (STM-1/STM-4, Ethernet, E1, E3/DS3, V.35).

Функциональные возможности SDH-мультиплексора QBM-7400-3U:

- поддержка STM-1, STM-4, STM-16;
- поддержка резервирования 1+1 MSP, SNCP;
- поддержка Ethernet сервисов с инкапсуляцией GFP, VCAT, VCG (1-46VC12 на VCG) и LCAS;
- канал управления DCC или E1 (VC12);
- совместимость с SDH-мультиплексорами других производителей;
- легкость настройки и эксплуатации;
- высокая надежность.

Внешний вид мультиплексора представлен на рисунке В.1.



Рисунок В.1 – Внешний вид мультиплексора QBM-7400 3U

Мультиплексор FlexGain FG-A2500 Extra, предназначен для построения транспортных сетей SDH уровней STM-1/4/16 кольцевых и линейных структур. Может применяться в качестве кроссового коммутатора, поддерживающего 32 направления STM-1 и 8 направлений STM-4. Мультиплексор оптимизирован для строительства высокоскоростных волоконно-оптических сетей связи большой протяженности с конвергенцией TDM- и Ethernet-трафика.

Для централизованного управления сетью мультиплексоров серии FlexGain FG-A2500 и другого оборудования используется система централизованного сетевого управления FlexGain View V2.0. Основными функциями мониторинга и управления сетью мультиплексоров являются:

- картография сети;
- сигнализация аварийных сообщений;
- конфигурирование сетевых элементов;
- тестирование оборудования;
- ведение журналов происшедших и текущих событий;
- автоматическая маршрутизация контейнеров VC4/VC3/VC12 в сети SDH;
- автоматическая установка защиты MS-SPRing;
- прокладка Ethernet-трактов.

Особенности FlexGain FG-A2500 Extra:

- компактное конструктивное исполнение;
- низкое энергопотребление;
- аппаратное резервирование всех блоков мультиплексора;
- резервирование трафика MSP, SNC-P, MS-SPRing;
- матрица Cross-Connect 4032*4032 VC12 или 2016*2016 VC12;
- поддержка DWDM (спектральное уплотнение 4*STM16 в диапазоне 1547,72 - 1552,52 нм);
- интерфейсы компонентных потоков E1, E3, STM-10/e, STM-4, STM-16,

Gigabit Ethernet (поддержка VLAN IEEE 801.2D/Q с QoS);

- интерфейс обслуживания стационарного помещения;
- интерфейс канала служебной связи (EOW);
- интерфейс доступа к заголовку STM-N (AUX);
- интерфейс ввода/вывода синхросигнала 2,048 МГц;
- встроенный HTTP-сервер и SNMP-агент для локального сетевого управления;
- поддержка протокола GFP для передачи данных.

Производство: «Русская телефонная компания».

Внешний вид мультиплексора представлен на рисунке В.2.



Рисунок В.2 – Внешний вид мультиплексора FlexGain FG-A2500 Extra

Благодаря поддержке механизма GFP, мультиплексор STM-16 FlexGain FOM2,5GL2 легко интегрируется в SDH-сети и мультисервисные транспортные платформы, построенные на оборудовании, а механизм LCAS позволяет оптимизировать пропускную способность мультиплексора.

Для централизованного управления сетью мультиплексоров FlexGain используется система централизованного управления FlexGain View.

Производство: «Русская телефонная компания».

Внешний вид мультиплексора представлен на рисунке В.3.



Рисунок В.3 – Внешний вид мультиплексора STM-16 FlexGain FOM2,5GL2

FlexGain A2500 eXtra - полнофункциональный мультиплексор выделения/добавления уровня STM-16, который может быть использован для создания сетей кольцевой и линейной («точка-точка») топологии с интерфейсами E1, E3, DS3, STM-1, STM4/STM-4с, STM-16/STM-16с и Gigabit Ethernet. FlexGain A2500 eXtra использует все преимущества технологии СЦИ (SDH). Данное оборудование представляет собой многофункциональный мультиплексор добавления\выделения и обладает многообразными интерфейсами (включая передачу сигналов на скоростях 2 Мбит\с, 34 Мбит\с, 45 Мбит\с, 155 и 622 Мбит\с, скорость может быть увеличена до 2,48 Гбит\с). Используя интерфейсы STM-4с, STM- 16с и Gigabit Ethernet, FlexGain A2500 eXtra позволяет объединить локальные\корпоративные\глобальные сети и обеспечить высокий уровень защиты трафика.

Основные платы мультиплексора – платы агрегатных и компонентных потоков, чьи сбои в работе могли бы повлиять на передачу трафика,

резервируются на аппаратном уровне по схемам 1+1 или 1:4, что повышает общую надежность в сети.

Узел оборудования FlexGain A2500 eXtra приведен на рисунке В.4.

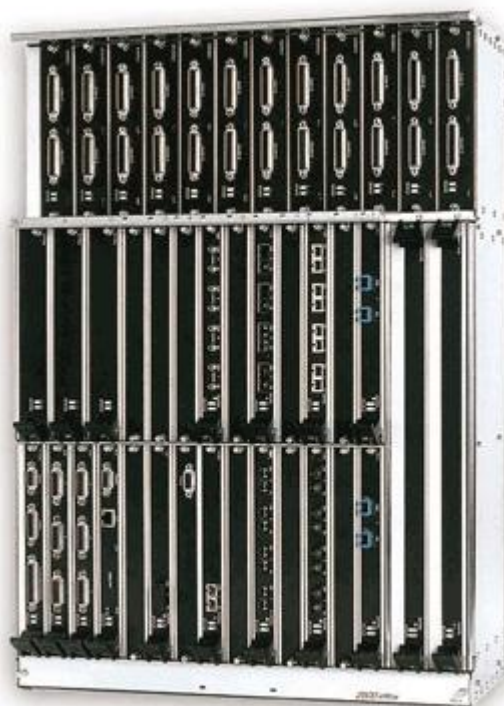


Рисунок В.4 - Узел оборудования FlexGain A2500 eXtra

Alcatel OPTINEX™ 1660SM является мультисервисным элементом для создания местных, городских и зональных сетей. Его компактная конструкция удобна для размещения в офисных помещениях. В данном оборудовании предусмотрены все интерфейсы ПЦИ (PDH) и СЦИ (SDH) от 1,5 Мбит/с до 2,5 Гбит/с. Alcatel OPTINEX™ 1660SM обеспечивает большой выбор методов защиты сети: защита линейной мультиплексорной секции (MSP), защита трактов при 100% дублировании их в подсетях (SNC-P), защита мультиплексорных секций за счет использования общей резервной распределенной емкости в сети с кольцевой конфигурацией (MS-SPRing).

Узел оборудования Alcatel OPTINEX 1660 SM приведен на рисунке В.5.



Рисунок В.5 - Узел оборудования Alcatel OPTINEX 1660 SM

Ericsson-Marconi OMS 1200. Семейство оборудования Marconi OMS 1200 (SMA UC & EX) обеспечивает предоставление Ethernet, СЦИ (SDH) и ПЦИ (PDH) услуг на платформе SDH, с использованием протоколов GFP, VCAT, LCAS. Это устройства операторского класса выпускающиеся в двух вариантах: 1240 (5G) и 1240 (10G). Модели отличаются друг от друга емкостью матрицы коммутации (5 и 10 Гбит/с соответственно) и поддержкой SFP STM-16 у модели 1240 (10G). Гибкость и масштабируемость конфигурации делают возможным совместную работу Marconi OMS 1200 с оборудованием других типов, таких как цифровые кросс-коммутаторы, маршрутизаторы IP/Ethernet или DWDM. Marconi OMS 1200 предлагает различные значения ёмкости агрегируемого трафика от STM-1 до STM-16. Скорость передачи данных трибутарных интерфейсов также может быть различной: интерфейс STM-1 может быть переконфигурирован в 4 x STM-1 и до 22 x STM-1; интерфейс 10/100 Ethernet может быть преобразован с 8 до 32 и 2 Mbit/s с 32 до 252.

Узел оборудования Ericsson-Marconi OMS 1200 приведен на рисунке В.6.



Рисунок В.6 - Узел оборудования Ericsson-Marconi OMS 1200

Приложение Г

(справочное)

Оптические кабели связи

Оптические кабели от различных производителей:

Оптический кабель ОКЗБ-Т производства ПАО «Электрокабель» Кольчугинский завод». Конструкция кабеля представлена на рисунке Г.1.



Рисунок Г.1 – Конструкция кабеля ОКЗБ - Т

Описание и расшифровка оптического кабеля ОКЗБ-Т:

ОК - Оптический кабель;

З - Для подземной прокладки (в том числе в канализации, в трубах, в блоках, коллекторах, в грунтах всех категорий, в воде при пересечении болот, озер и рек с максимальной глубиной не более 10 м);

Б - Броня в виде гофрированной продольно наложенной стальной гофрированной ленты;

Т - Трубчатый сердечник.

Элементы конструкции оптического кабеля ОКЗБ-Т:

Оптическое волокно;

Трубчатый сердечник - оптический модуль из полимерных композиций, заполненный гидрофобным компаундом;

Заполнение – из гидрофобного компаунда или водоблокирующих нитей и лент;

Внутренняя оболочка – из полимерного материала.

Внешний покров:

- водоблокирующий материал;
- стальная гофрированная лента с полиэтиленовым покрытием;
- оболочка из полиэтилена или из композитных полимерных материалов.

Назначение оптического кабеля ОКЗБ-Т.

Кабели предназначены для прокладки в кабельной канализации, блоках, специальных (защитных пластмассовых) трубах, по мостам и эстакадам, при повышенных требованиях по защите от проникновения воды и при опасности повреждения грызунами.

Условия эксплуатации и монтажа оптического кабеля ОКЗБ-Т:

Количество оптических волокон в сердечнике: (1-96) шт.

Стойкость к воздействию пониженной рабочей температуры среды:

- для кабелей, эксплуатируемых на открытом воздухе – минус 60 °С;
- для кабелей для внутренней прокладки – минус 10 °С;

Стойкость к воздействию повышенной рабочей температуры среды:

- для кабелей, прокладываемых в земле – 50 °С;
- для кабелей, эксплуатируемых на открытом воздухе;
- 70 °С - для кабелей для внутренней прокладки;
- 50 °С Стойкость к воздействию повышенной относительной влажности

воздуха до 98% при температуре 35 °С.

Минимальный радиус изгиба- 20 номинальных диаметров кабеля.

Срок службы кабелей не менее 25 лет.

Оптический кабель ОКЛСт-нг(А)-HF производства ЗАО «Самарская оптическая кабельная компания». Конструкция кабеля представлена на рисунке Г.2.



Рисунок Г.2 – Конструкция кабеля ОКЛСт-нг(А)-HF

Характеристики:

Конструкция кабеля с центральной трубкой, броней из стальной гофрированной ленты с количеством оптических волокон от 2 до 288 и допустимой растягивающей нагрузкой от 1,0 до 5,0 кН, для групповой прокладки в кабельную канализацию

Преимущества:

- не распространяет горение при групповой прокладке;
- компактный дизайн;
- минимальный вес;
- отличные механические свойства;
- стойкость к грызунам;
- удобство прокладки и монтажа;
- большой срок службы;
- использование материалов лучших зарубежных и отечественных изготовителей;
- минимальный коэффициент трения.

ОКБС производства ООО "САРАНСКАБЕЛЬ-ОПТИКА".

Конструкция кабеля представлена на рисунке Г.3.

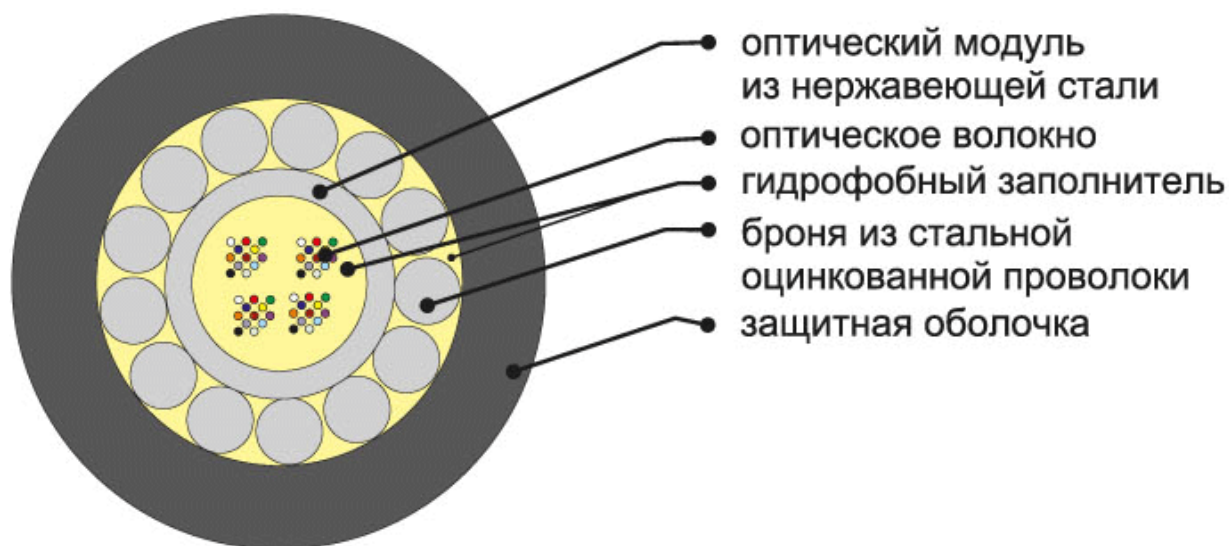


Рисунок Г.3 – Конструкция кабеля ОКБс

Волоконно-оптический кабель марки ОКБс для прокладки в грунт, с броней из стальной оцинкованной проволоки, со стальной центральной модульной трубкой.

Назначение:

Кабель марки ОКБс предназначен для прокладки в грунтах 1-5 групп (в зависимости от исполнения кабеля), кабельной канализации, трубах, коллекторах, туннелях при наличии высоких требований по механической прочности. Кабель марки ОКБс в негорючем исполнении предназначен для прокладки при повышенных требованиях по пожарной безопасности.

Описание конструкции кабеля:

Кабель состоит из сердечника – модуля из нержавеющей стали. Внутри оптического модуля свободно уложены оптические волокна. Свободное пространство внутри оптического модуля заполнено гидрофобным заполнителем. Поверх сердечника– модуля накладывается броня из стальных оцинкованных проволок. Свободное пространство между модулем и элементами бронепокрова заполняется гидрофобным компаундом. Поверх проволочной брони накладывается полиэтилен высокой плотности. В случае изготовления кабеля с повышенными требованиями по пожарной безопасности

оболочка кабеля выполняется из безгалогенного негорючего компаунда. При количестве волокон более 12 для идентификации используется кольцевая покраска и/или группирование в пучки с помощью идентификационных нитей.

Оптический кабель ОКГМ (н) производства ЗАО "МОСКАБЕЛЬ-ФУДЖИКУРА". Конструкция кабеля представлена на рисунке Г.4.

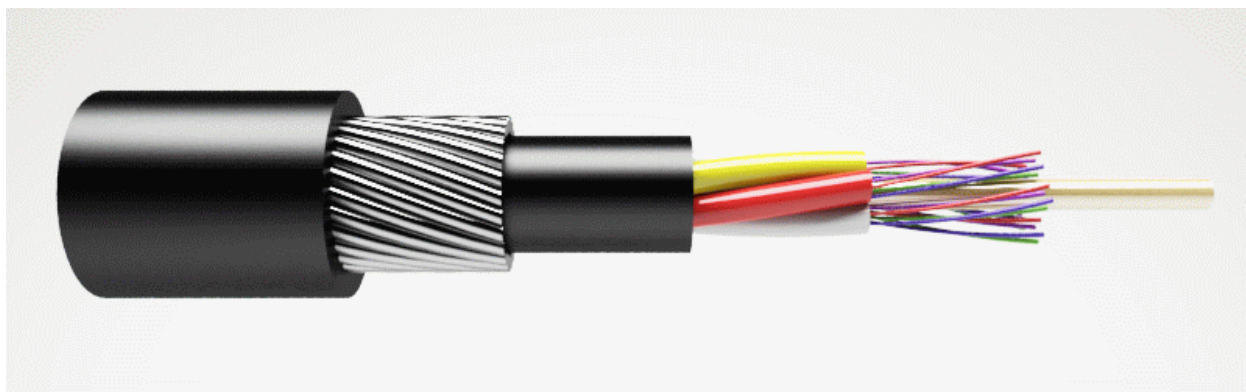


Рисунок Г.4 – Конструкция кабеля ОКГМ (н)

Оптический кабель магистральный с центральным силовым элементом из стеклопластикового стржня, стального троса или стальной проволоки в полиэтиленовой оболочке (или без нее), вокруг которого скручены оптические модули, содержащие до 24 оптических волокон каждый, и (при необходимости) кордели заполнения, в промежуточной оболочке из полиэтилена, бронепокровом из круглых стальных оцинкованных проволок и внешней оболочкой из полиэтилена.

По требованию заказчика кабели изготавливаются с внешней оболочкой из полиэтилена, не распространяющего горение (типа н), и из полимерных композиций, не содержащих галогенов (типа HF), с пониженным дымо- и газовыделением (типа LS).

Применение:

Кабель используется для прокладки в грунтах всех категорий, кроме подверженных мерзлотным деформациям, в кабельной канализации, трубах,

блоках, коллекторах, тоннелях, на мостах и в шахтах, в воде при пересечении болот, озер и рек с максимальной глубиной не более 10м.

Температура эксплуатации кабеля- от – 40 °С до 70 °С.

Минимально допустимая температура прокладки -30 °С.

Оптический кабель ОАрБПн-С производства ЗАО "ВИКТАН" – ПРЕДСТАВИТЕЛЬ В РФ ПАО "ЗАВОД "ЮЖКАБЕЛЬ". Конструкция кабеля представлена на рисунке Г.5.

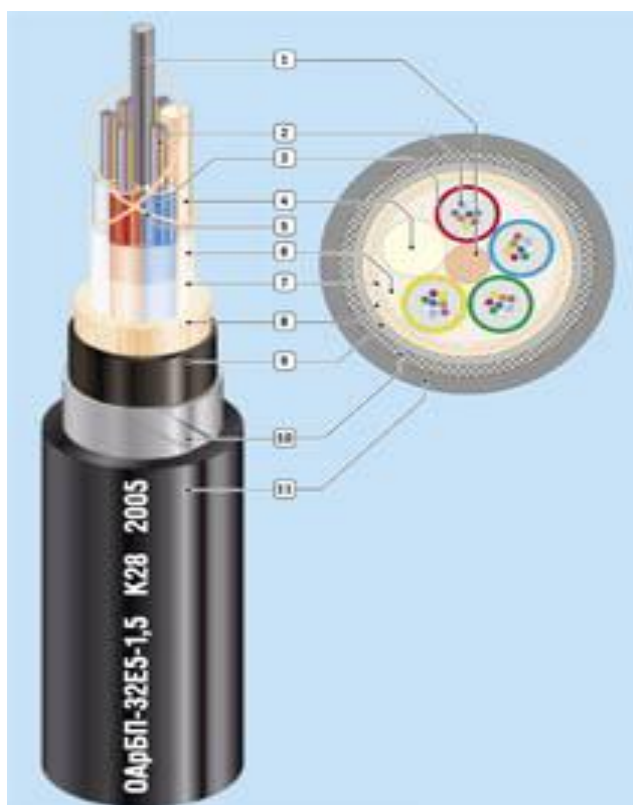


Рисунок Г.5– Конструкция кабеля ОАрБПн-С

- 1 - центральный силовой элемент (стеклопластиковый или стальной);
- 2 - оптическое волокно;
- 3 - оптический модуль с заполнением гидрофобным гелем;
- 4 - кордельное заполнение и/или изолированные медные жилы;
- 5 - скрепляющая нить;
- 6 - заполнение гидрофобным компаундом;
- 7 - полиэтилентерефталатная плёнка;

8 - слой арамидных нитей;
 9 - внутренняя полимерная оболочка (может отсутствовать);
 10 - броня из двух оцинкованных стальных лент;
 11 - наружная оболочка (полиэтиленовая или из полимерной композиции, не распространяющей горение).

Область применения:

Кабели предназначены для прокладки в грунтах всех групп, в том числе в грунтах с низкой, средней и высокой коррозионной агрессивностью и на территориях, зараженных грызунами, кроме грунтов, подвергаемых мерзлотным и другим деформациям.

Технические характеристики представлены в таблице Г.1.

Таблица Г.1- Технические характеристики оптического кабеля ОАрБПн-С

Количество оптических волокон	от 2 до 144
Температура окружающей среды при эксплуатации, °С	от минус 40 до 60 от минус 60 до 60 в исполнении ХЛ
Допустимое растягивающее усилие, кН (указывается в заказе)	от 1,5 до 2,5 для ОБП, ОБПн от 1,5 до 3,5 для ОБП-С, ОБПн-С
Допустимое раздавливающее усилие, Н/10 см	не менее 5000
Срок службы	не менее 35 лет
Срок хранения: в помещении под навесом	не более 15 лет не более 10 лет
Наружный диаметр $D_{\text{нар}}$, мм	14,3
Масса кабеля, кг/км	275
Минимальный радиус изгиба, мм	20 $D_{\text{нар}}$

Оптический кабель марки ДПО производства «Инкаб» предназначен для применения на единой сети электросвязи России в кабельной канализации, в специальных защитных пластмассовых трубах, а также для подвески на воздушных линиях связи с креплением к внешним несущим силовым элементам (тросам, проводам и т.п.), внутри зданий, в тоннелях. Допускается прокладка в коллекторах, тоннелях метрополитена, в лотках.

Характеристики:

- количество оптических волокон в кабеле - до 576-и,
- стойкость к статическим растягивающим усилиям - от 1,5 кН до 5,0 кН,
- стойкость к раздавливающим усилиям - от 0,4 кН/см до 0,7 кН/см,
- стойкость к ударным воздействиям - 20 Дж,
- допустимый радиус изгиба – от 215 мм до 525 мм,
- диаметр кабеля – от 10,1 мм до 26,1 мм,
- масса кабеля – 90 кг/км до 435 кг/км,
- строительная длина кабеля на барабане – до 12 км.

При условиях прокладки кабеля внутри зданий и помещений, в коллекторах и тоннелях, в том числе тоннелях метрополитена, по требованию заказчика, наружная оболочка может быть изготовлена из галогенонесодержащей полимерной композиции, не распространяющей горение.

Структура кабеля:

- центральный силовой элемент - стеклопластиковый пруток,
- оптические волокна различной окраски,
- пластиковая трубка из полибутилентерефталатной композиции, заполненная - гидрофобным компаундом,
- кордельный наполнитель (при необходимости),
- наружная полиэтиленовая оболочка.

Количество элементов в скрутке сердечника (оптические модули и кордели при необходимости), кабеля марки ДПО составляет не менее 6-ти шт.

Свободное пространство скрутки оптических модулей и корделей заполнено гидрофобным компаундом.

Внешний вид кабеля представлен на рисунке Г.6.

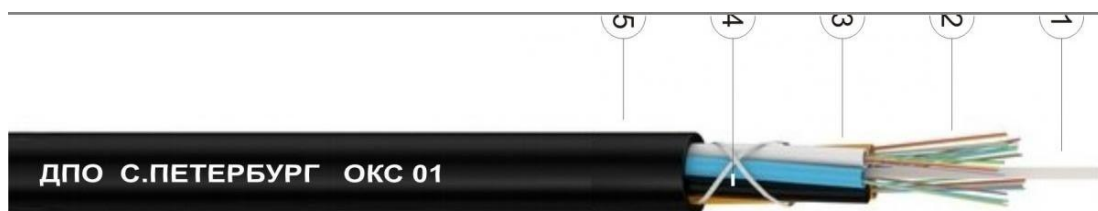


Рисунок Г.6– Внешний вид кабеля ДПО

Оптический кабель марки ДПС производства «Инкаб» предназначен для применения на единой сети электросвязи России для прокладки в грунт, по мостам и эстакадам, в кабельной канализации, в коллекторах, в тоннелях, в лотках, внутри зданий. Допускается прокладка в грунтах, подверженных мерзлотным деформациям при стойкости ОК к растягивающим усилиям не менее 20 кН.

Характеристики:

- количество оптических волокон в кабеле - до 384-х,
- стойкость к статическим растягивающим усилиям - от 7 кН до 90 кН,
- стойкость к раздавливающим усилиям - от 0,4 кН/см до 1,0 кН/см,
- стойкость к ударным воздействиям - 30 Дж,
- допустимый радиус изгиба от 240 мм до 530 мм,
- диаметр кабеля от 12,0 мм до 26,5 мм,
- масса кабеля 210 кг/км до 1515 кг/км,
- сопротивление изоляции наружной оболочки по цепи «броня земля (вода)» - 4000 МОм*км,
- строительная длина кабеля на барабане до 12 км.

Структура кабеля:

- центральный элемент - стеклопластиковый прут,
- оптические волокна различной окраски,

- кордель,
- пластиковая трубка из полибутилентерефталатной композиции, заполненная гидрофобным компаундом,
- внутренняя (промежуточная) полиэтиленовая оболочка,
- бронепокров из стальных оцинкованных проволок, в том числе высокопрочных с временным сопротивлением разрыву не менее 1670 Мпа, наружная полиэтиленовая оболочка.

Свободное пространство скрутки оптических модулей, корделей и бронепокровов заполнено гидрофобным компаундом.

Внешний вид кабеля представлен на рисунке Г.7.



Рисунок Г.7– Внешний вид кабеля ДПС

Оптический кабель марки ДПТ производства «Инкаб» предназначен для применения на единой сети электросвязи России для подвески на опорах воздушных линий связи, опорах линий электропередач, опорах контактной сети и автоблокировки электрифицированных железных дорог, а также для прокладки в кабельной канализации, специальных трубах, при повышенных требованиях по стойкости к внешним электромагнитным воздействиям. Допускается прокладка в коллекторах, в тоннелях, в лотках, внутри зданий.

Характеристики кабеля:

- количество оптических волокон в кабеле - до 144-х,
- стойкость к статическим растягивающим усилиям - от 5 кН до 100 кН,
- стойкость к раздавливающим усилиям – от 0,2 кН/см до 0,4 кН/см,
- стойкость к ударным воздействиям - 20 Дж,
- допустимый радиус изгиба – от 230 мм до 360 мм,

- диаметр кабеля – от 11,5 мм до 18,0 мм,
- масса кабеля – 110 кг/км до 250 кг/км,
- строительная длина кабеля на барабане – не менее 4 км

При условиях прокладки кабеля внутри зданий и помещений, в коллекторах и тоннелях, в том числе тоннелях метрополитена, по требованию заказчика, наружная оболочка может быть изготовлена из галогенонесодержащей полимерной композиции, не распространяющей горение.

При наличии специальных требований по стойкости к медленной электрокоррозии кабель может быть изготовлен с наружной оболочкой из дугостойкого материала.

Структура кабеля:

- центральный элемент - стеклопластиковый пруток,
- оптические волокна различной окраски,
- пластиковая трубка из полибутилентерефталатной композиции, заполненная гидрофобным компаундом,
- кордель,
- внутренняя (промежуточная) полиэтиленовая оболочка,
- повив арамидных нитей,
- наружная полиэтиленовая оболочка.

Свободное пространство скрутки оптических модулей и корделей заполнено гидрофобным компаундом.

Внешний вид кабеля представлен на рисунке Г.8



Рисунок Г.8 – Внешний вид кабеля ДПТ