

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «КубГУ»)

Факультет физико-технический

Кафедра оптоэлектроники

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЙ МЕХАНИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ ПРИ ПРОКЛАДКЕ ОПТИЧЕСКИХ КАБЕЛЕЙ НА ПАРАМЕТРЫ ОПТИЧЕСКОГО ВОЛОКНА

Работу выполнила **Орленко Олеся Михайловна**

Курс 4

Направление подготовки 11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи

Научный руководитель канд. техн. наук, доцент **Ю. Н. Белов**

АКТУАЛЬНОСТЬ, ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ РАБОТЫ

Широкое применение ВОСП обусловило повышенный интерес к сроку службы и надежности оптического волокна. Оптические кабели должны быть выполнены так, чтобы выдерживать механические нагрузки, возникающие при их прокладке. Поэтому при прокладке оптических кабелей важным является контроль прикладываемых к ним механических нагрузок.

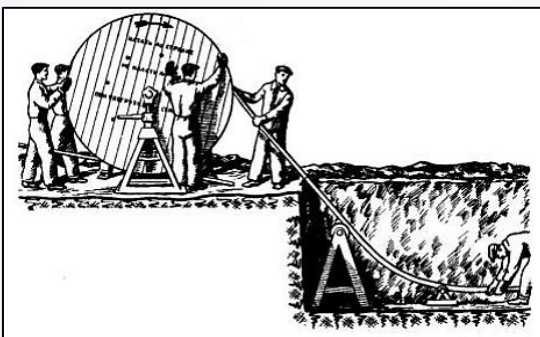
Целью выпускной квалификационной работы является исследование влияния механических воздействий на параметры оптического волокна.

Для ее достижения необходимо рассмотреть ряд вопросов:

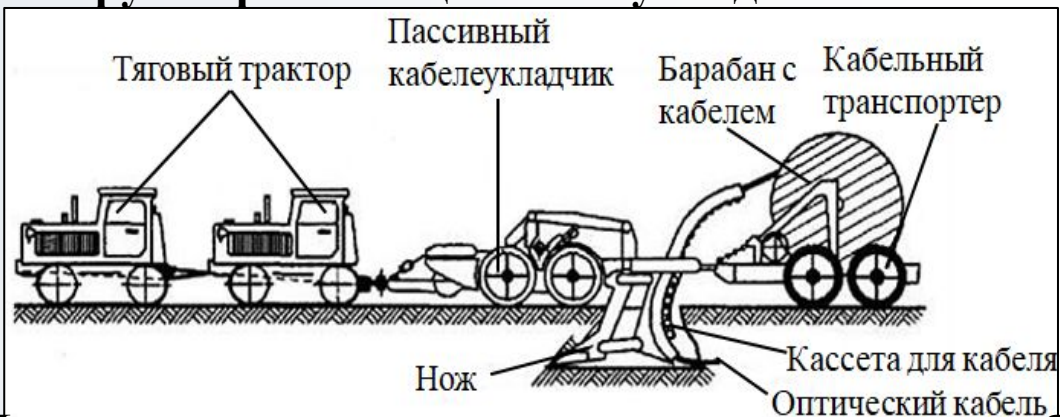
- 1) Анализ появления механических воздействий при строительстве волоконно-оптических линий связи;
- 2) Расчет растягивающих усилий оптических кабелей при прокладке в грунт, в кабельной канализации и подвеске на опорах воздушной линии;
- 3) Расчет изменения оптических параметров в зависимости от величины растягивающих усилий;
- 4) Разработка рекомендаций по уменьшению влияния различных способов прокладки оптических кабелей на оптические характеристики оптического волокна.

ТЕХНОЛОГИИ ПРОКЛАДКИ ОПТИЧЕСКИХ КАБЕЛЕЙ

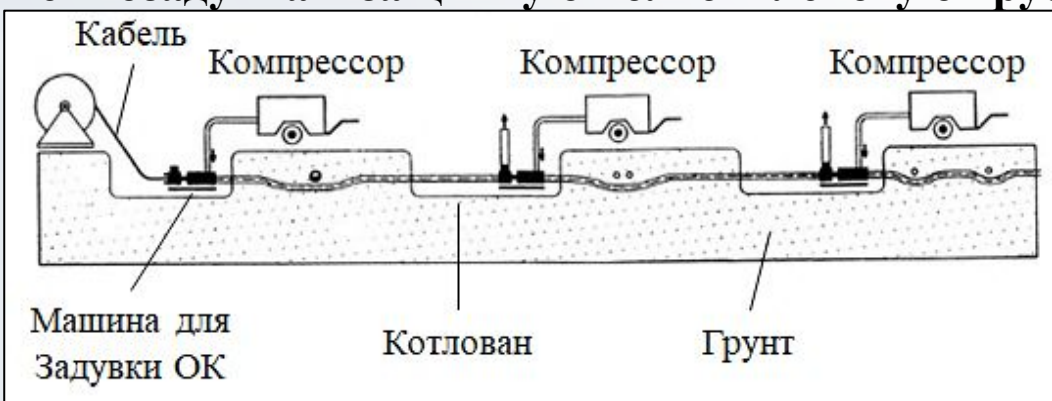
В грунт
в открытую
траншею



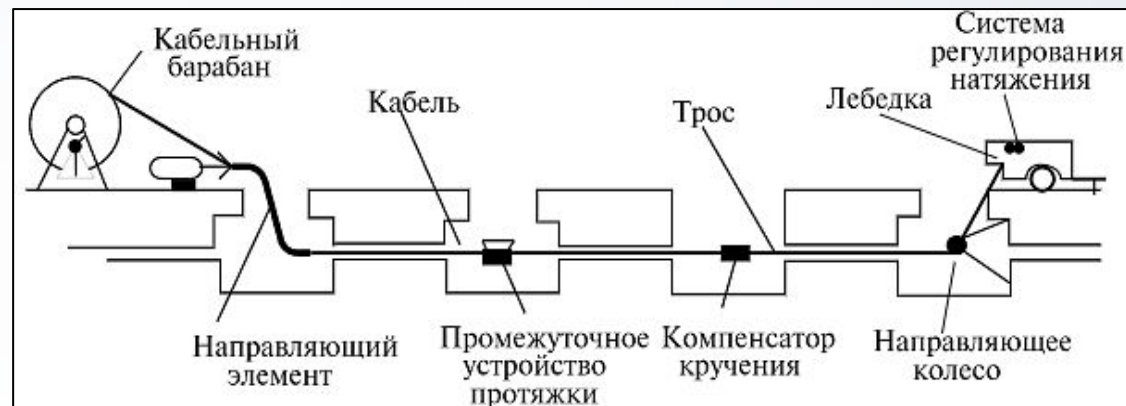
В грунт при помощи кабелеукладчика



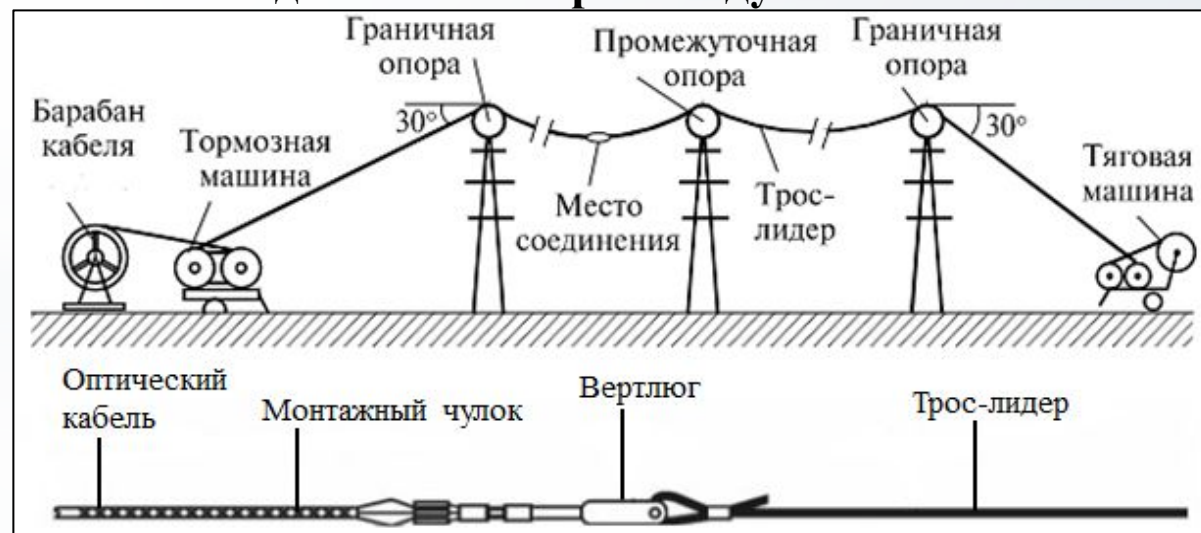
Пневмозадувка в защитную полиэтиленовую трубу



В кабельную канализацию



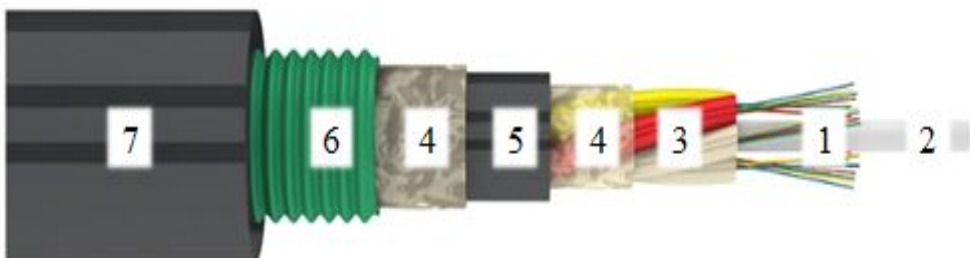
Подвеска на опорах воздушной линии



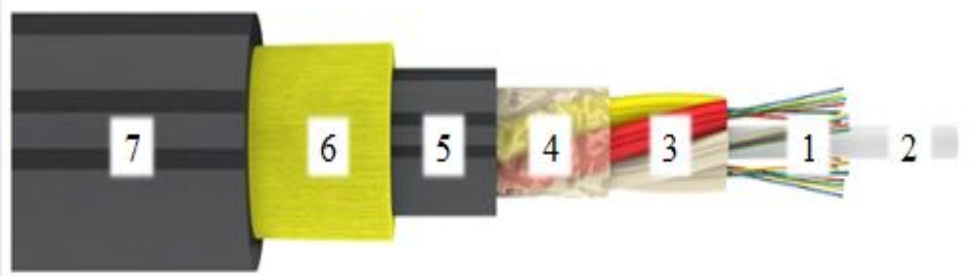
КОНСТРУКЦИИ ОПТИЧЕСКИХ КАБЕЛЕЙ ПРОИЗВОДСТВА ЗАВОДА «ИНКАБ»



В грунт марки ДПС-П-16У(4×4)-7кН



В кабельную канализацию марки ДПЛ-П-48У(6×8)-2,7кН



Для подвески марки ДПТ-П-16У(4×4)-6кН

- 1 – Оптическое волокно
- 2 – Центральный силовой элемент
- 3 – Оптический модуль
- 4 – Гидрофобный наполнитель
- 5 – Промежуточная оболочка
- 6 – Броневого покрова
- 7 – Внешняя оболочка

Технические характеристики ОК

Параметр	ДПС-П-16У (4×4)-7кН	ДПЛ- П-48У (6×8)-2,7 кН	ДПТ- П-16У (4×4)-6кН
Количество ОВ	16	48	16
Диаметр кабеля, мм	11,2	12,4	12,5
Масса кабеля, кг/км	204,8	157,9	115,0
Допустимое растягивающее усилие, кН	7,0	2,7	6,0
Раздавливающая нагрузка, кН/см	0,4	0,3	0,3
Минимальный радиус изгиба	не менее 15 диаметров кабеля		
Рабочая температура, °С	-60...+70		
Срок гарантийной эксплуатации, год	не менее 2		

РАСЧЕТ РАСТЯГИВАЮЩИХ УСИЛИЙ ПРИ ПРОКЛАДКЕ ОК В ГРУНТ КАБЕЛЕУКЛАДЧИКОМ

Динамические:

Статические:

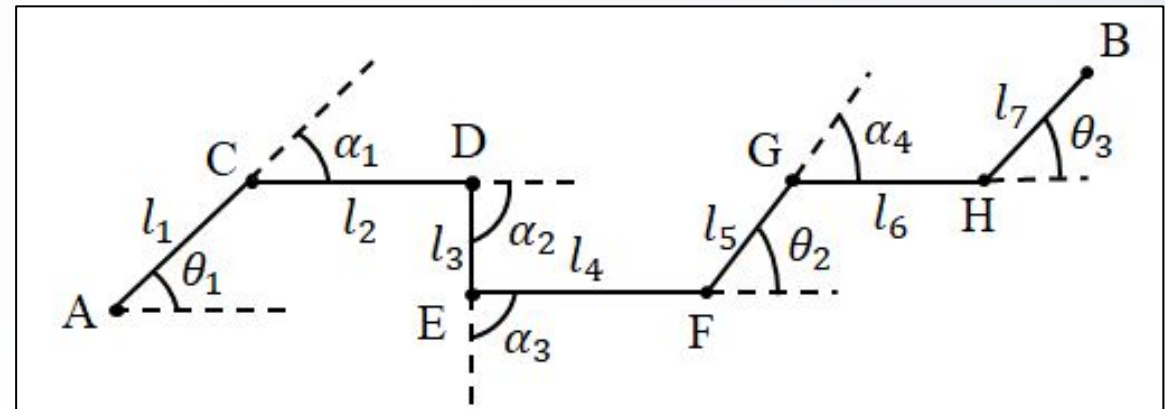
Раздавливающее усилие:

РАСЧЕТ РАСТЯГИВАЮЩИХ УСИЛИЙ ПРИ ПРОКЛАДКЕ ОК В СВОБОДНОМ КАНАЛЕ КАБЕЛЬНОЙ КАНАЛИЗАЦИИ

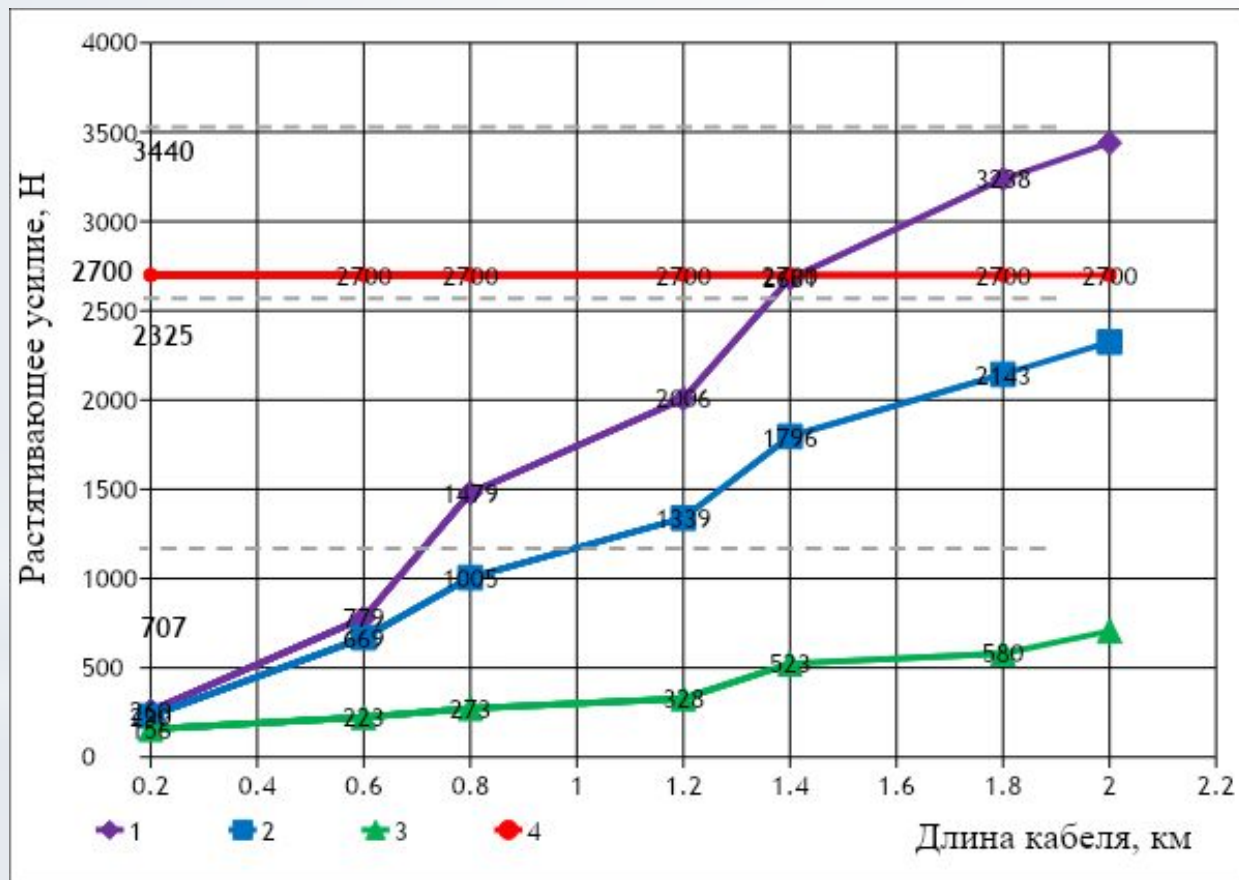
Распределение прикладываемого растягивающего усилия по участкам

Участок	Наклонный участок		Поворот				
	Длина	Угол	Длина	Угол	Длина	Угол	
A-C	0,2	-	0,44	224	-	-	224
C	-	-	-	-	0,44	260	260
C-D	0,4	204	-	-	-	-	464
D	-	-	-	-	1,57	779	779
D-E	0,2	102	-	-	-	-	881
E	-	-	-	-	1,57	1479	1479
E-F	0,4	204	-	-	-	-	1683
F	-	-	-	-	0,53	2006	2006
F-G	0,2	-	0,53	245	-	-	2251
G	-	-	-	-	0,53	2681	2681
G-H	0,4	204	-	-	-	-	2885
H	-	-	-	-	0,35	3238	3238
H-B	0,2	-	0,35	202	-	-	3440

Трасса асбестоцементной кабельной канализации



ЗАВИСИМОСТЬ РАСТЯГИВАЮЩЕГО УСИЛИЯ ОТ ДЛИНЫ ОК ПРИ ПРОКЛАДКЕ В АСБОЦЕМЕНТНОЙ КАБЕЛЬНОЙ КАНАЛИЗАЦИИ



- 1 — без смазки канала, $f_T = 0,33$;
- 2 — со смазкой канала, $f_T = 0,26$;
- 3 — ЗПТ с твердой смазкой, $f_T = 0,07$;
- 4 — допустимое растягивающее усилие, 2700 Н.

Использование смазочного материала позволяет снизить нагрузку на 32%, а прокладка кабеля в ЗПТ достигает уменьшения на 79%.

РАСЧЕТ РАСТЯГИВАЮЩИХ УСИЛИЙ ПРИ ПРОКЛАДКЕ ОК В ЗАНЯТОМ КАНАЛЕ КАБЕЛЬНОЙ КАНАЛИЗАЦИИ

$$* \quad F_3 = P \cdot l_{\text{стр}} \cdot f_T \cdot g \cdot f_3 \leq [F], \text{ Н}$$

P – масса единицы длины кабеля, $157,9 \frac{\text{кг}}{\text{км}}$;

$l_{\text{стр}}$ – строительная длина кабеля, 2 км;

f_T – коэффициент трения, 0,33;

g – ускорение свободного падения, $9,81 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$;

f_3 – коэффициент заклинивания:

$$f_{3\Delta} = \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{d}{D-d}\right)^2}} - \text{«треугольник»}$$

$$f_{3\nabla} = 1 + \frac{4}{3} \cdot \left(\frac{d}{D-d}\right)^2 - \text{«люлька»}$$

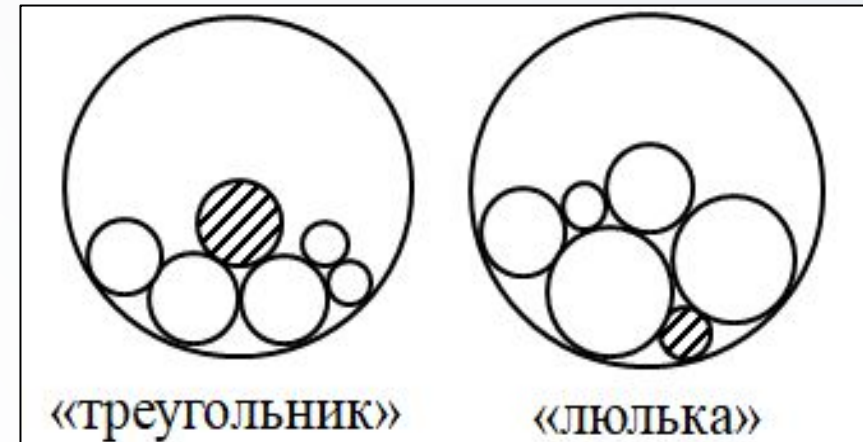
d – наружный диаметр оптического кабеля, 12,4 мм;

D – внутренний диаметр канала трубопровода, 100 мм.

При прокладке кабеля марки ДПЛ-П-48У(6×8)-2,7кН получены значения:

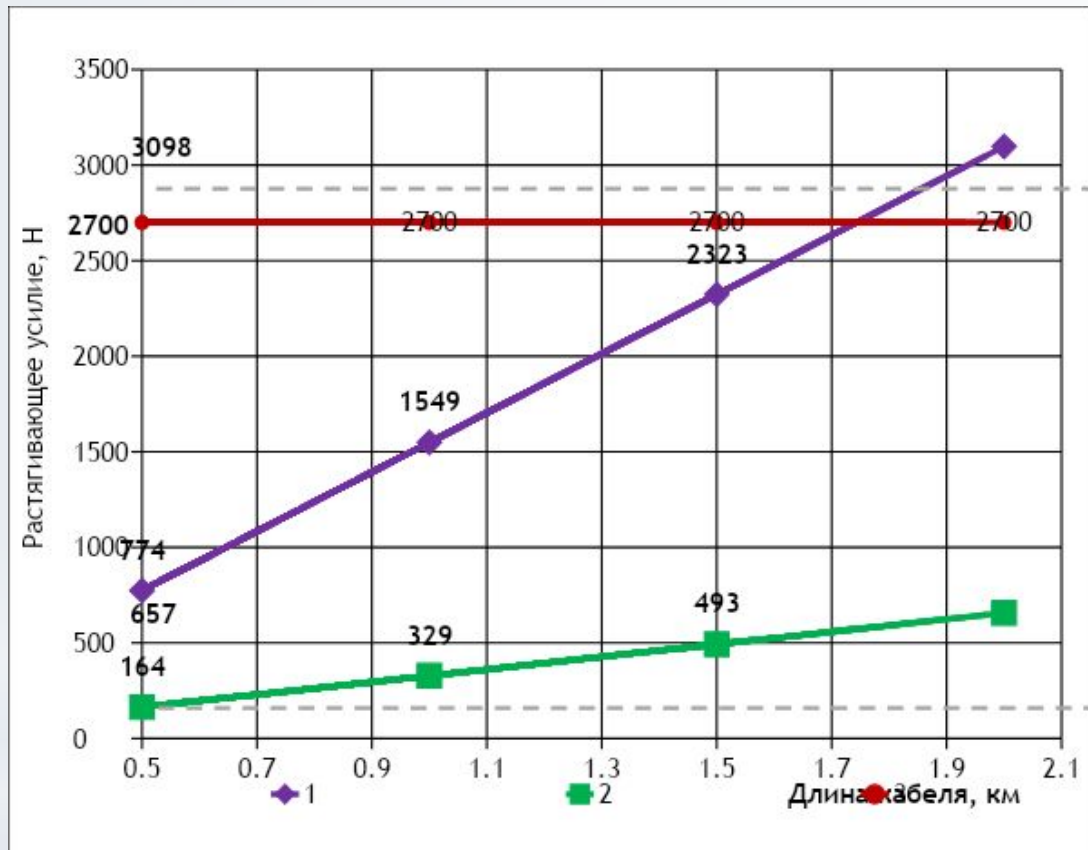
- При расположении «треугольник» **3098 Н > 2700 Н**;
- При расположении «люлька» **3159 Н > 2700 Н**.

Расположение ОК в занятом канале

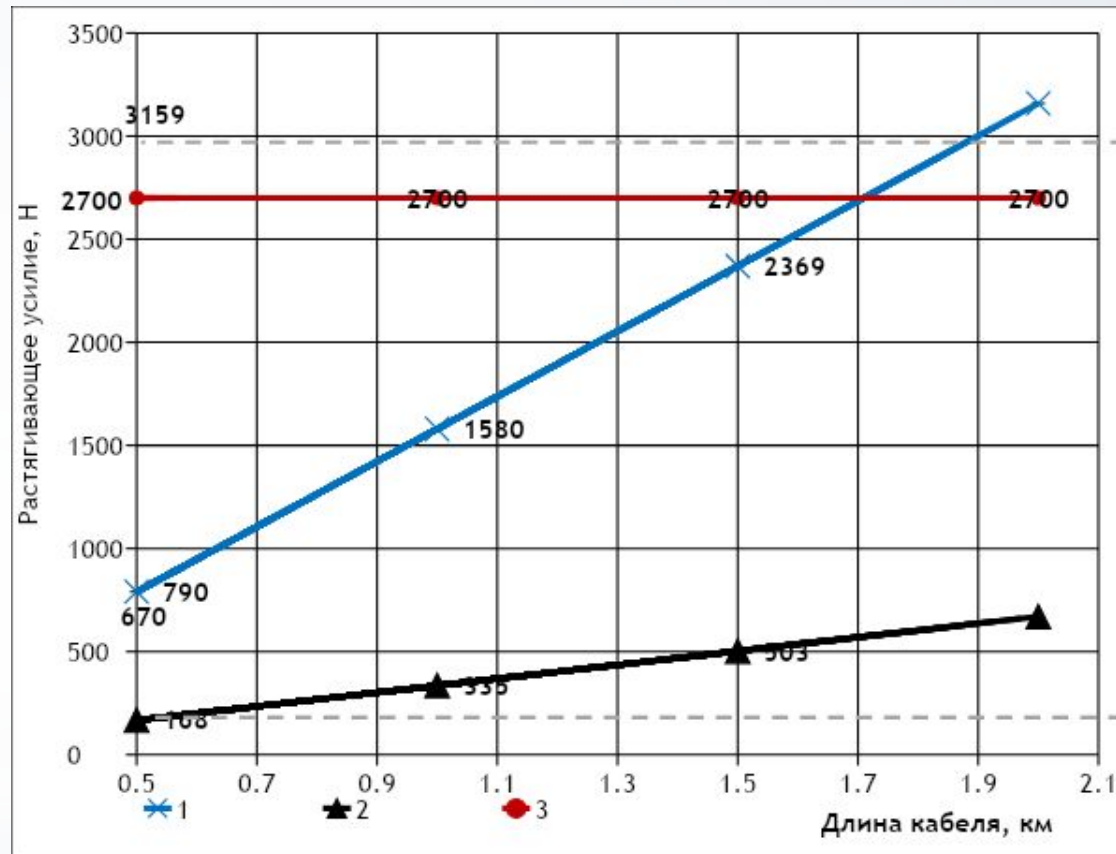


ЗАВИСИМОСТЬ РАСТЯГИВАЮЩЕГО УСИЛИЯ ОТ ДЛИНЫ ОК

Расположение «треугольник»



Расположение «люлька»



1 – без смазки канала, $f_T = 0,33$;

2 – ЗПТ с твердой смазкой, $f_T = 0,07$;

9 3 – допустимое растягивающее усилие

Прокладка кабеля в ЗПТ позволяет снизить нагрузку на 79% при расположении кабелей «треугольник» и «люлька».

РАСЧЕТ РАСТЯГИВАЮЩЕГО УСИЛИЯ ПРИ ПОДВЕСКЕ ОК

Шаг 1 Шаг 2 Шаг 3 Шаг 4 Шаг 5 Шаг 6 Шаг 7 Шаг 8 Шаг 9 Спецификация и смета

Шаг 1. Выбор марки кабеля

[Показать подсказку](#)

Класс напряжения линии:

А) 0,4-20 кВ и опоры связи

Выберите тип кабеля:

ДПТ — рекомендуется для линий 35 кВ и выше. ДОТс — рекомендуется для линий 0,4-10 кВ.

подвесной самонесущий с арамидными нитями (ДПТ)

Количество волокон:

16

Растягивающая нагрузка известна?

Да Нет

Максимально допустимая растягивающая нагрузка:

6кН

Шаг 1 Шаг 2 Шаг 3 Шаг 4 Шаг 5 Шаг 6 Шаг 7 Шаг 8 Шаг 9 Спецификация и смета

Текущий кабель: ДПТ-П-16У(2х8)-6кН

Шаг 2. Ввод климатических характеристик

МДРН рассчитывается исходя из следующих допущений:

- монтажная стрела провеса 1% от длины пролета;
- нет ограничений по максимальной стреле провеса при воздействии гололеда с ветром.

Климатический район по уровню воздействия гололеда и ветра выбирается согласно картам «Правил устройства электроустановок (ПУЭ), 7 ред», п. 2.5.38. Либо воспользуйтесь упрощенным выбором по климатическим зонам крупных городов.

Климатический район Город

Город:

Краснодар

Район по гололёду для выбранного города: 5
Район по ветру для выбранного города: 4

Тип местности:

С - с препятствиями выше опор

Максимальная длина пролета между опорами в кабельной линии, м:

[Показать подсказку](#)

Длина пролета должна не превышать 70 м.

70

РАСЧЕТ РАСТЯГИВАЮЩЕГО УСИЛИЯ ПРИ ПОДВЕСКЕ ОК

Макет трассы:

Длина трассы по опорам, м	180	
Количество опор с натяжным анкерным креплением без муфты и бухты запаса, шт	2	[?]
Количество опор с натяжным анкерным креплением с муфтой и монтажным запасом кабеля, шт	-	
Количество опор с натяжным анкерным креплением с бухтой запаса кабеля (без муфты), шт	-	
Количество опор с промежуточным поддерживающим креплением, шт	2	[?]

Номер пролета	Длина пролета	Номер опоры	Тип крепления кабеля [?]	Высота подвеса кабеля, м	Муфта [?] Схема соединений	Запас кабеля [?]	Монтажный запас кабеля для муфты (для одного конца кабеля), м	Длина запаса кабеля в бухте, м	Тип опоры по исполнению [?]	Размер углового профиля в точке подвеса [?]	Диаметр опоры в точке крепления ВОК (ближайшее большее значение) [?]	Монтажный запас кабеля на конце трассы, м	Строительный участок кабеля, м [?] (макс. длина - 10860 м)
Ввести значения для всех опор "за раз"				12		16	35	Кругл.	63-125 мм	350 мм			
1	70	0 [?]	П А	12	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	16	35	Кругл.	63-125 мм	350 мм	16	221
2	60	1 [?]	П А	12	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	16	35	Кругл.	63-125 мм	350 мм		
3	50	2 [?]	П А	12	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	16	35	Кругл.	63-125 мм	350 мм		
		3 [?]	П А	12	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	16	35	Кругл.	63-125 мм	350 мм	16	

Шаг 1 Шаг 2 Шаг 3 Шаг 4 Шаг 5 **Шаг 6** Шаг 7 Шаг 8 Шаг 9 Спецификация и смета

Текущий кабель: ДПТ-П-16У(2х8)-6кН

Шаг 6. Расчёт тяжений и стрел провеса

Не считать тяжения и стрелы провеса. Пропустить данный шаг.

Средняя эксплуатационная температура:

Введите значение средней эксплуатационной температуры (из задания на проектирование или из «Википедии»), °С.

2

Начальная (монтажная) нагрузка:

Установить начальную нагрузку по умолчанию

Анкерный участок	Номера опор, ограничивающих анкерный участок	Длина анкерного участка, м	Начальная (монтажная) нагрузка, Н [?]	Стрела провеса начальная в максимальном пролёте анкерного участка, м	Стрела провеса начальная в максимальном пролёте анкерного участка, % от длины пролёта
1	0-3	180	986	0.7	1

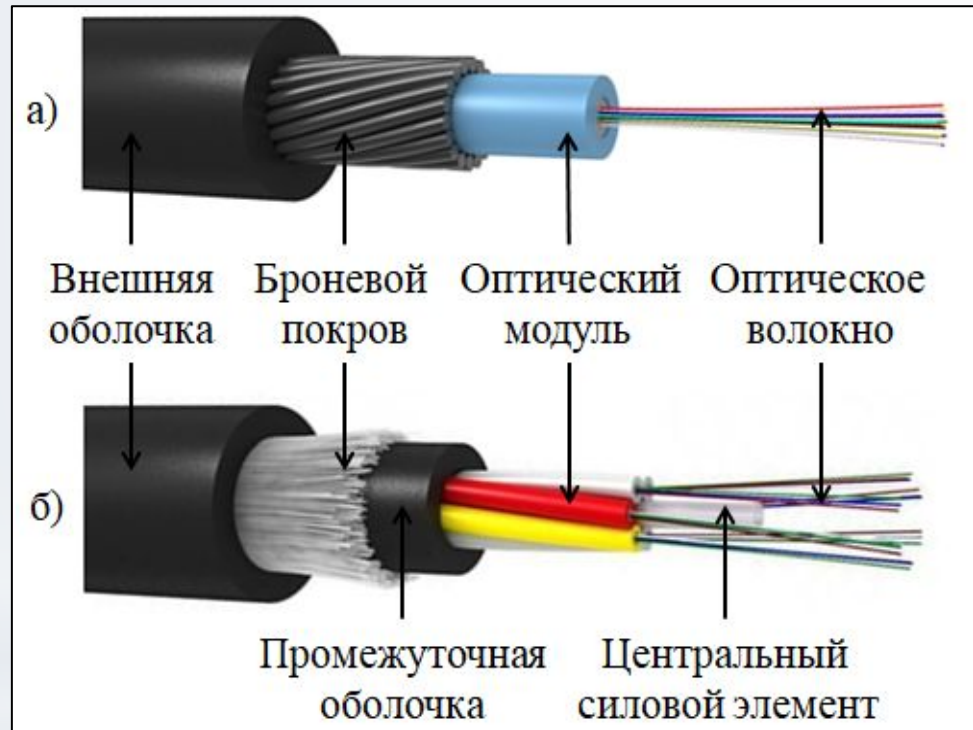
РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА РАСТЯГИВАЮЩЕГО УСИЛИЯ ПРИ ПОДВЕСКЕ ОК

Номера опор	0-1	1-2	2-3
Длина пролета, м	70	60	50
Максимальная растягивающая нагрузка (гололед + ветер), Н	5504	5011	4494
Стрела провеса максимальная (гололед + ветер), м	3,98	3,21	2,49
Стрела провеса горизонтальная максимальная (ветер), м	2,15	1,72	1,31
Стрела провеса вертикальная максимальная (гололед), м	3,95	3,19	2,48

Допустимое растягивающее усилие 6000 Н.

При подвеске кабеля марки ДПТ-П-16У(6×8)-6кН
получено значение: **5504 Н < 6000 Н**

РАСЧЕТ ИЗМЕНЕНИЯ ОПТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ОК В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ВЕЛИЧИНЫ РАСТЯГИВАЮЩИХ УСИЛИЙ



Конструкции ОК производства завода «Еврокабель-1»: а) ОГЦ-8А-7; б) ОСД-4×4А-10

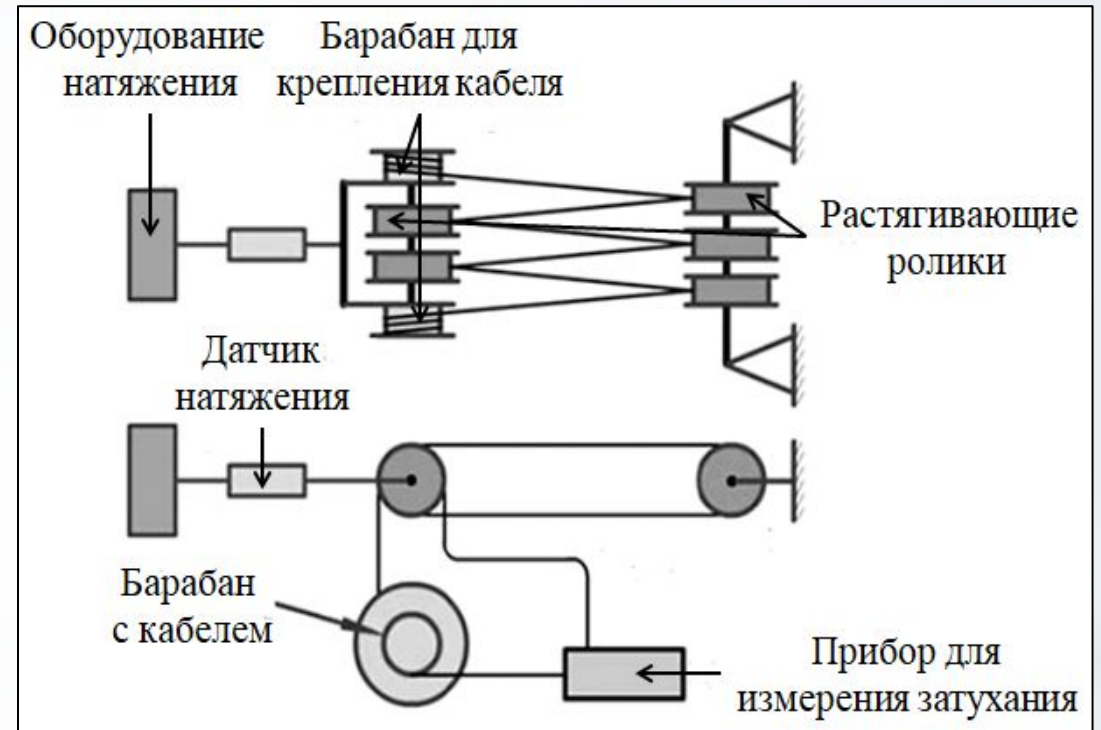
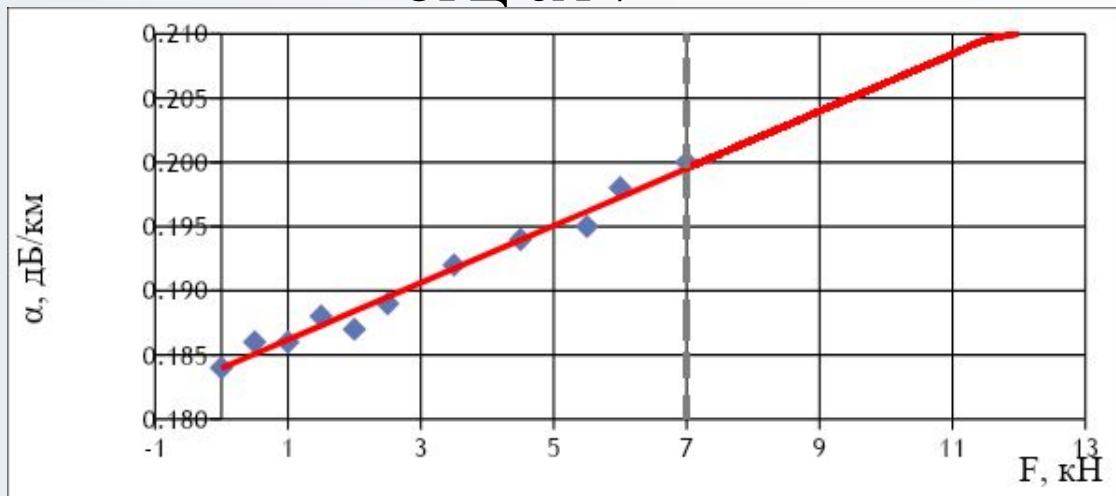


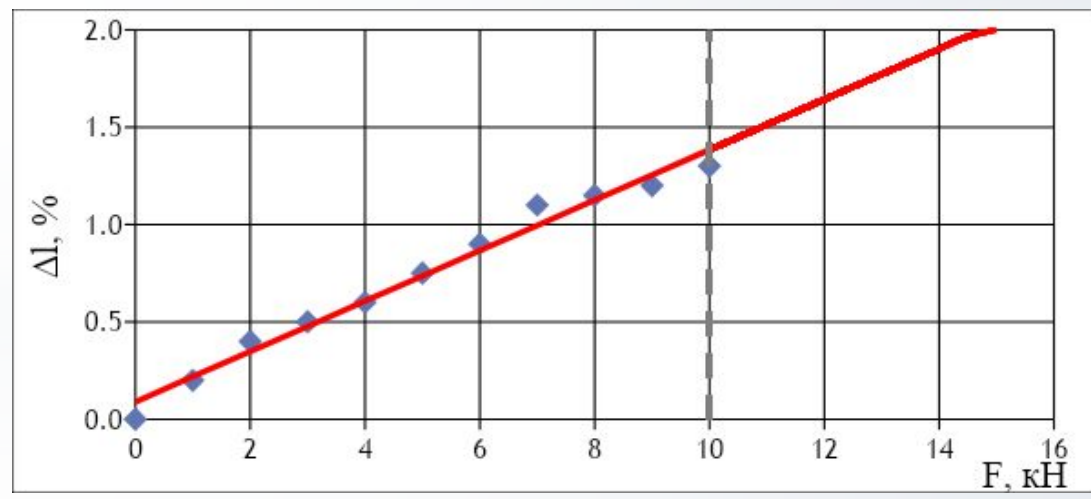
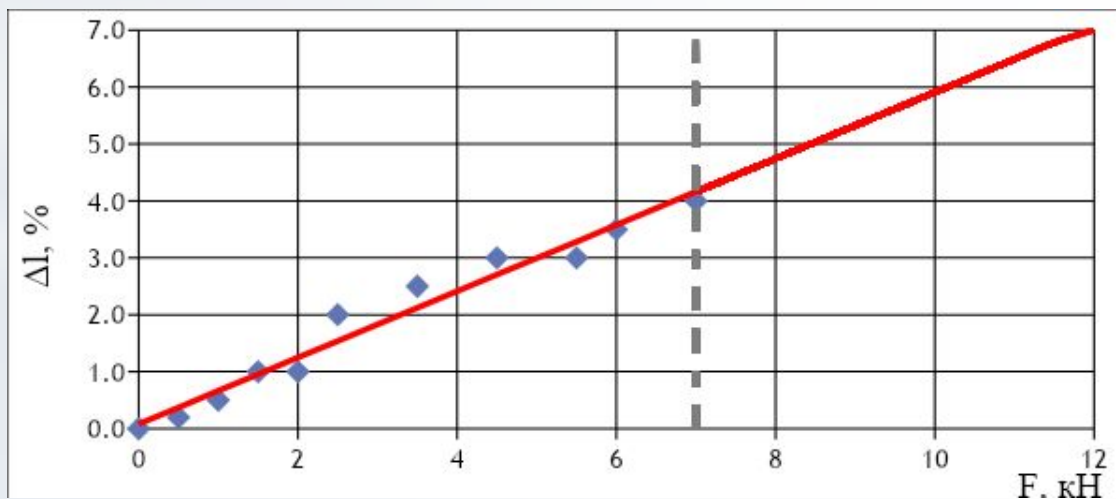
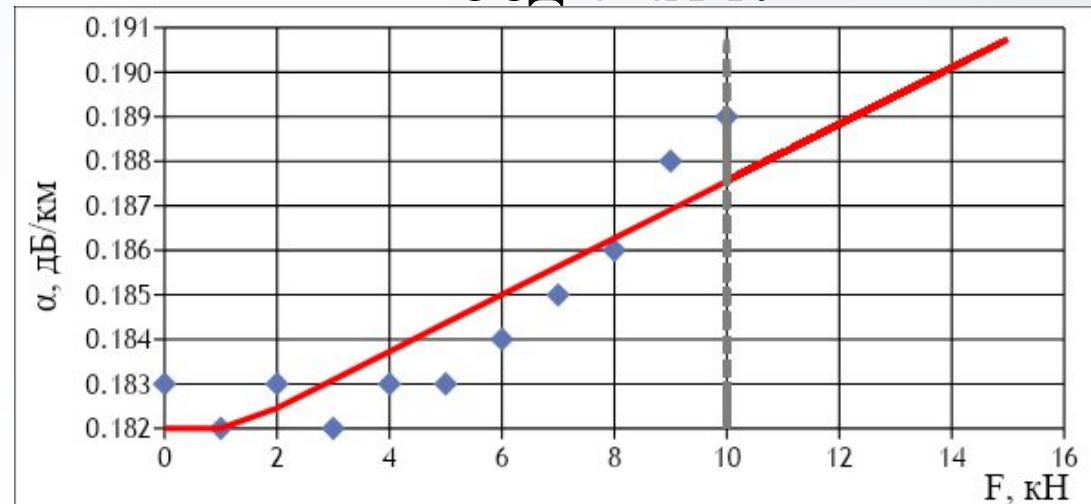
Схема установки при испытании ОК на стойкость к растягивающему усилию

ЗАВИСИМОСТЬ КОЭФФИЦИЕНТА ЗАТУХАНИЯ α И УДЛИНЕНИЯ Δl ОТ РАСТЯГИВАЮЩЕЙ НАГРУЗКИ

ОГЦ-8А-7



ОСД-4×4А-10



◆ Экспериментальные значения
 — Аппроксимация

— Допустимое растягивающее усилие

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО УМЕНЬШЕНИЮ ВЛИЯНИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ ПРИ ПРОКЛАДКЕ ОК

При прокладке ОК в грунт:

- Предварительная пропорка грунта;
- Прокладка кабеля в защитной полиэтиленовой трубе методом задувки;
- Выбор другой конструкции ОК.

**При прокладке ОК в кабельную
канализацию:**

- Уменьшение коэффициента трения между оболочкой ОК и каналом трубопровода;
- Разделение растягивающего усилия;
- Выбор другой конструкции ОК.

**При подвеске ОК на опорах воздушной
линии связи:**

- Правильный расчет механических нагрузок с заранее определенными условиями;
- Уменьшение расстояния между опорами;
- Выбор другой конструкции ОК.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

- 1) Дан анализ появления механических воздействий во время строительства ВОЛС.
- 2) Исследовано влияние конструктивных элементов на прочностные характеристики ОК и даны рекомендации по выбору кабелей для строительства ВОЛС.
- 3) Произведены расчеты растягивающего усилия, испытываемого ОК, которые составили:
 - При прокладке в грунт кабелеукладчиком кабеля марки ДПС-П-16У(4×4)-7кН динамическое и статическое растягивающее усилие составило 2735 Н и 2459 Н соответственно. Раздавляющее усилие – $2503 \frac{\text{Н}}{\text{см}}$, даны рекомендации по снижению данной нагрузки.
 - При прокладке в кабельной канализации кабеля марки ДПЛ-П-48У(6×8)-2,7кН в свободном канале значение нагрузки составило 3440 Н, а занятом другими кабелями при расположении прокладываемых ОК «треугольник» – 3098 Н и «люлька» – 3159 Н.
 - При подвесе на опорах воздушной линии связи растягивающее усилие кабеля марки ДПТ-П-16У(4×4)-6кН составило 5504 Н.

При применении рекомендованных мероприятий нагрузка на оптические кабели в свободном канале кабельной канализации может снижаться на 32% и 79%, в занятом канале на 79% при расположении кабелей «треугольник» и «люлька».
- 4) Произведенные расчеты изменения оптических параметров ОК марок ОГЦ-16А-7 и ОСД-4×4А-10 показали, что рассмотренные механические воздействия на оптические кабели не вызывают значительного увеличения рабочего затухания волокна, а также не увеличивают длину волокна поскольку в конструкции волокно укладывается в свободно скрученном виде.

Предлагаемые методы уменьшения влияния механических воздействий служат рекомендацией для организаций, занимающихся проектированием и строительством ВОЛС с целью выбора оптимальных конструкций оптических кабелей.