

**Торайгыров Университет**  
**Факультет энергетики и компьютерных наук**  
**Кафедра «Электротехники и автоматизации»**

**Дипломный проект на тему:**

**«Анализ современного уровня технических средств  
физического уровня OSI»**

**Студента гр. ДРЭиТ-302(с)**  
**Тусупова Р.Р.**

# Введение и цель дипломной работы

Известная модель взаимодействия открытых систем

**OSI ISO** (Open Systems Interconnection International Standards Organization) –

это структурная модель сложного процесса коммутации между сетевыми устройствами.

Модель **OSI ISO** содержит **7 уровней**.

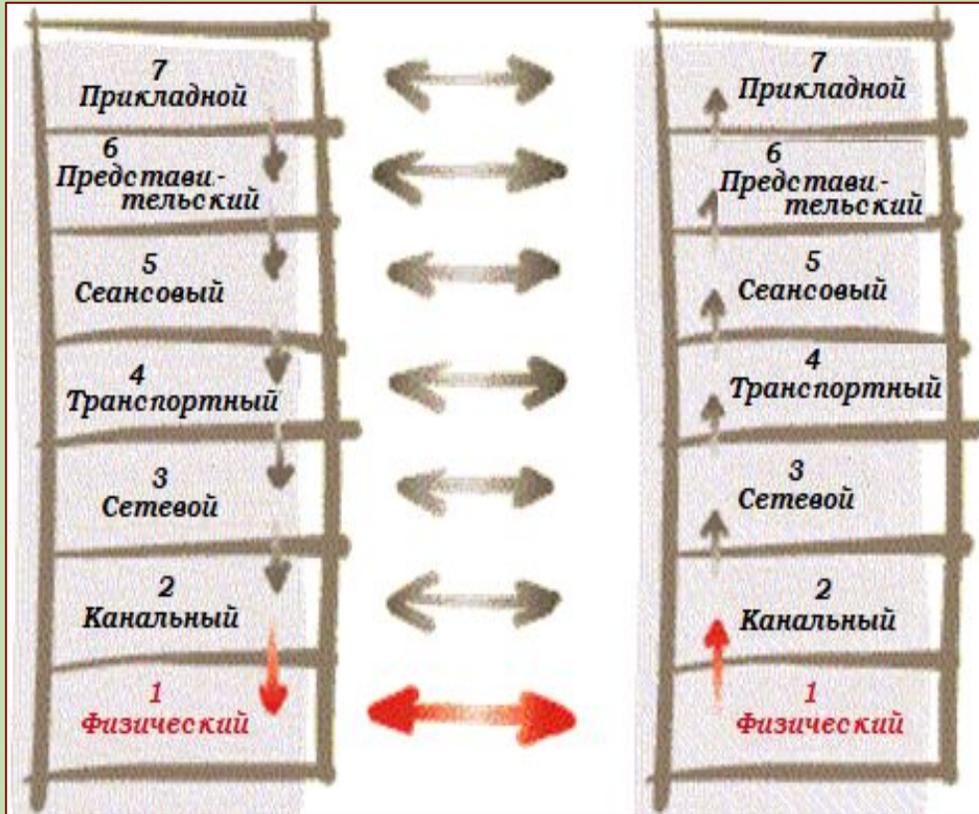
Взаимодействие уровней модели идет в двух направлениях.

Первое – **горизонтальное** – показывает взаимодействие приложением источника и получателя (**горизонтальные стрелки**).

Второе – **вертикальное** – показывает взаимодействие между соседними уровнями модели (**вертикальные стрелки**).

Наш интерес – **физический уровень**, который получает от вышестоящего **канального уровня** данные, преобразует их в оптические или электрические сигналы и перемещает их по физическим средам: **медным** и **оптическим** кабелям, **беспроводной** среде.

Функции **физического уровня** реализуются во всех устройствах, подключенных к сети.



Предметом дипломного проекта являются технические средства **физического уровня** модели **OSI ISO** –

При этом рассматриваются три вида физической среды:

**медные кабели, оптоволокно** и **беспроводная** среда.

# Технические средства медных кабельных сетей

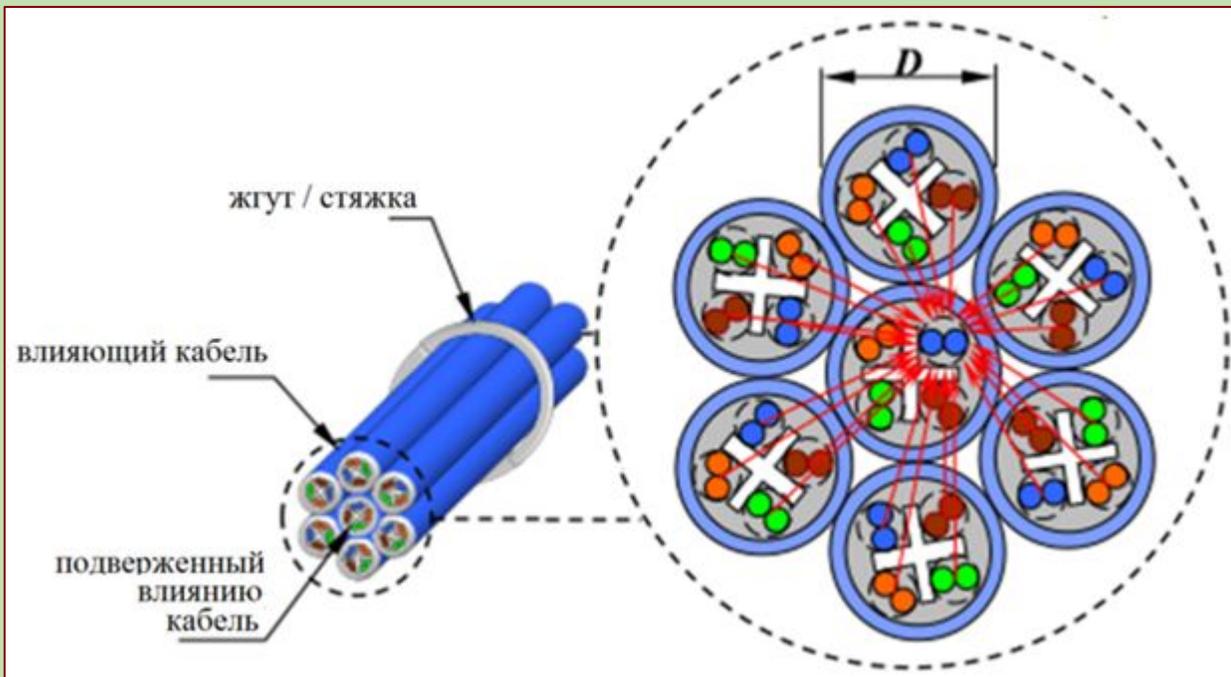
Принято решение рассмотреть два вопроса.

Первый – способ «**экранирования без экрана**» – способ уменьшения или исключения **межкабельных электромагнитных помех**.

Второй – интерфейсы в промышленных сетях **Industrial Ethernet**.

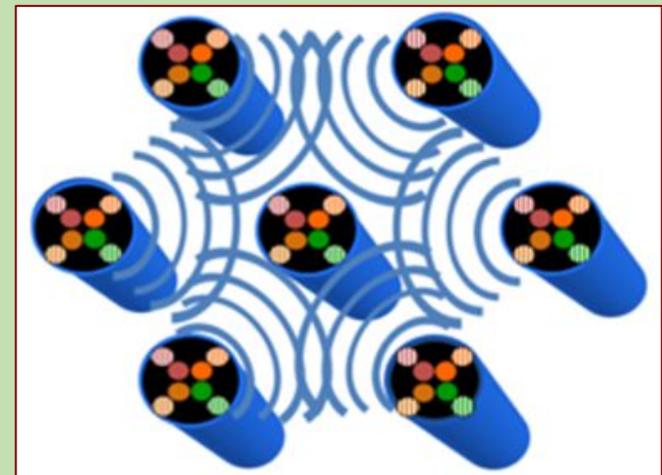
Способ «**экранирования без экрана**» обозначается как **WARP (Wave Reduction Patterns)** – дословно «схемы производства волн».

С увеличением пропускной способности сетей коммутации возникает проблема **межкабельных, перекрестных помех**. «Наводки» от соседних кабелей – это источник помехи, которые называют шумом.



**G-битные Ethernet** кабели более чувствительны к электромагнитным помехам по сравнению с обычными M-битными сетями – называют 100-кратную чувствительность.

Из-за этого неэкранированные кабели **UTP (Unshielded Twisted Pair)** считаются не приемлемы для **G-битных Ethernet**.

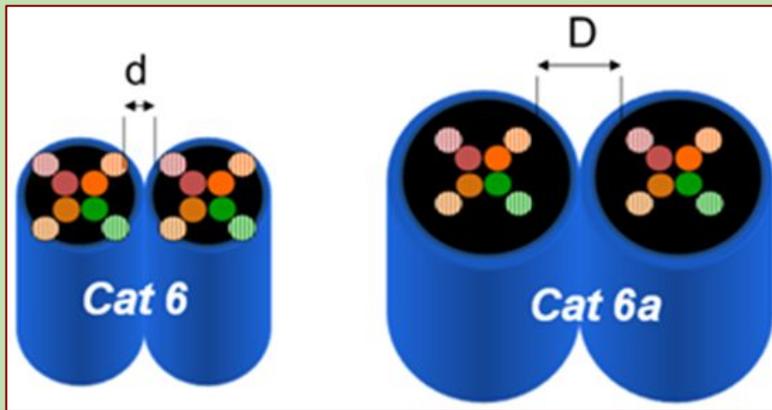


## Технические средства медных кабельных сетей

Какие технические решения можно применить для исключения этих проблем.

Первое что напрашивается – это использование **пространственного разноса** витых пар соседних кабелей: **увеличить толщины оболочек, использовать «некруглые» кабели.**

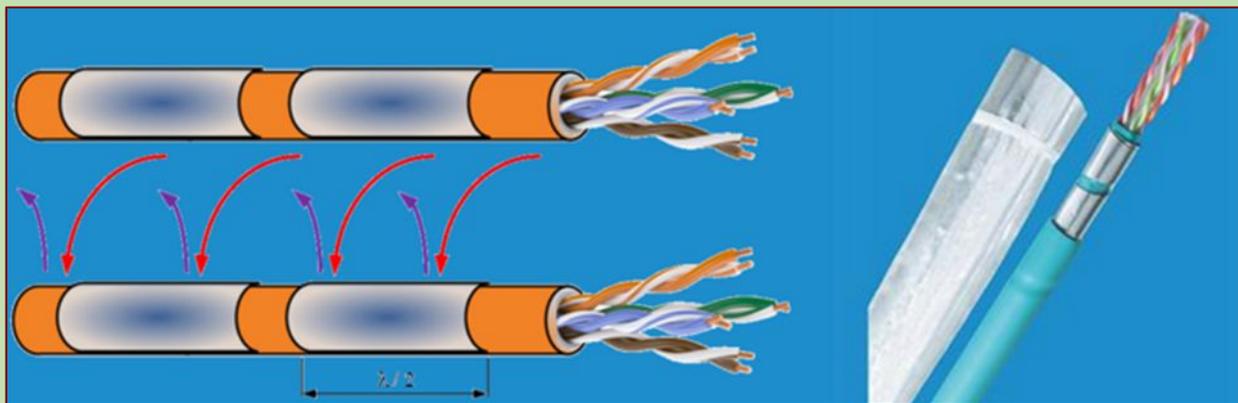
Теоретически это возможно, практически это **неэффективно**: увеличивается стоимость кабелей, проблемы монтажа «толстых» кабелей: прокладка, увеличение расстояний между разъемами и т.п.



Как решение проблемы рассмотрим предложение фирмы **R&M (Швейцария)** – технологию **WARP**.

Суть технологии **WARP** – предотвращение перекрестных наводок, для чего **внутреннее экранирование кабеля** выполняется не сплошным, а **отрезками из алюминиевой фольги.**

Оболочка кабеля покрыта **отрезками алюминиевой фольги**, которые служат резонаторами.



При частоте **до 700 МГц** эти отрезки фольги препятствуют прохождению внешнего **ЭМП** в сердечник кабеля.

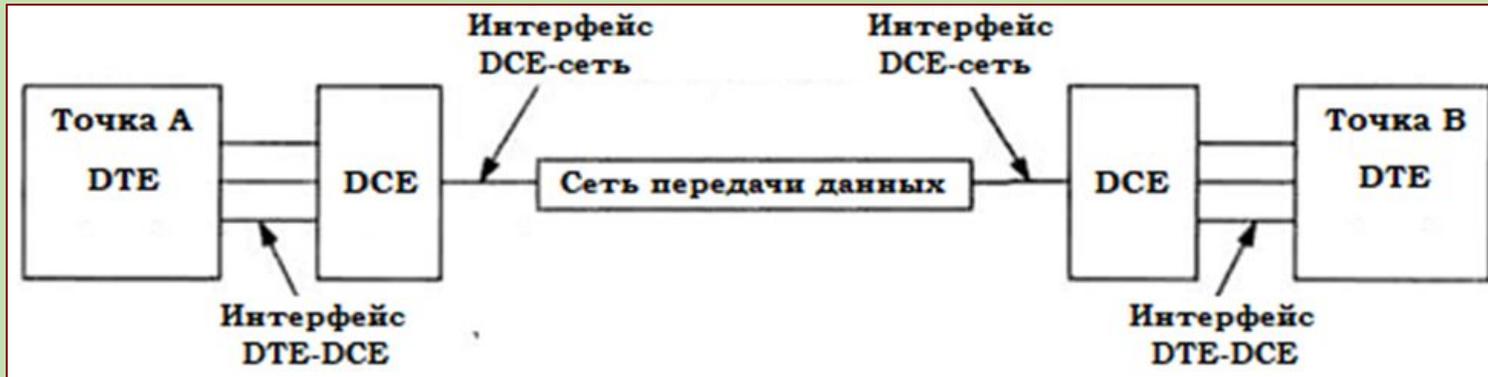
Отрезки алюминиевой фольги в виде кольца изолированы друг с другом и имеют длину примерно **15 см.**

Длина отрезка примерно равна  **$\lambda/2$ .**

Экспериментально доказано, что кабели с **WARP-экранированием** идентичны кабелям с общим экраном (оплёткой) и индивидуальными экранами из фольги каждой витой пары.

# Технические средства медных кабельных сетей

Второй рассматриваемый вопрос – интерфейсы в промышленных сетях **Industrial Ethernet**. Соединения различных компонентов в сетях **Industrial Ethernet** выполняются **интерфейсами**.

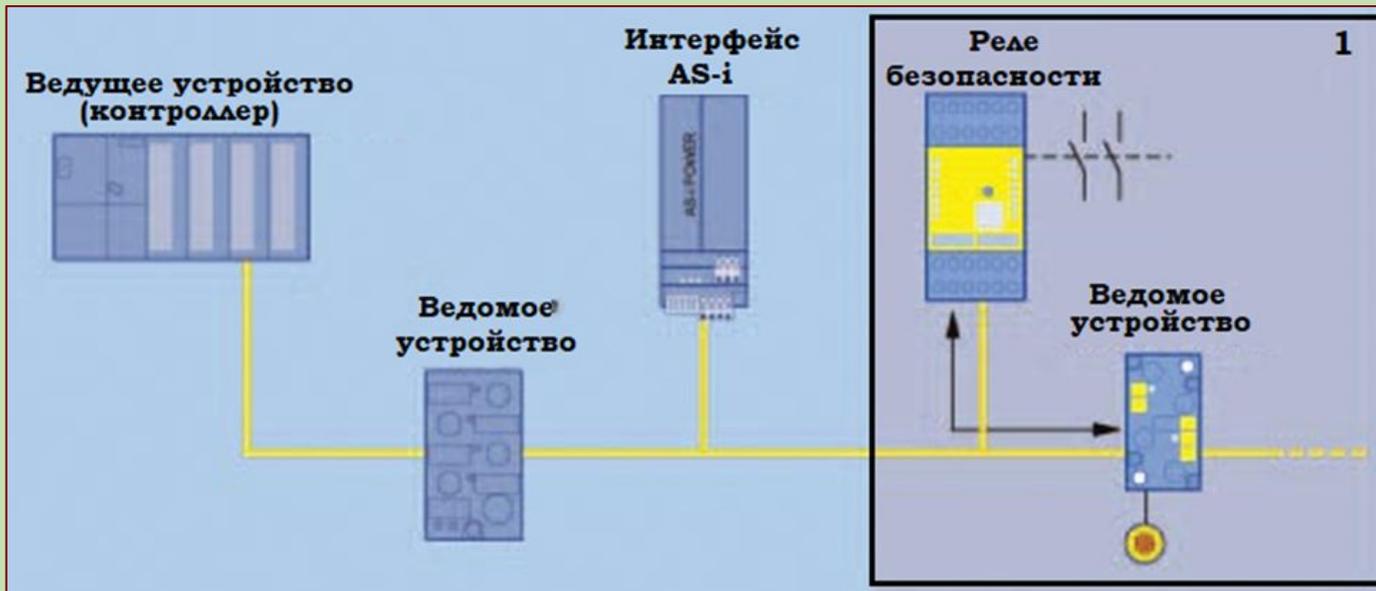


Роль границы между системами сети **Industrial Ethernet** требует от интерфейсов обеспечение:

- пропускной способности;
- гальванической развязки.

Кроме этого важным параметром интерфейса является возможная длина подключаемого кабеля. Этим требованиям отвечают все известные и применяемые в сети **Industrial Ethernet** интерфейсы: **RS-485**,

**RS-232**, **RS-422**, **Ethernet**, **CAN**, **HART**, **AS-интерфейс**.



Всех их рассмотреть не удастся, поэтому остановили выбор на **AS-Interface** (далее – **AS-i**) – интеллектуальный интерфейс для универсального подключения к системе управления в сети **Industrial Ethernet**.

Структурная схема подключения интерфейса AS-i

# Технические средства медных кабельных сетей

**AS-i** – это шинная система сети **Industrial Ethernet**, для соединения датчиков и исполнительных механизмов системы промышленной автоматизации.

Подключается **AS-i** двухжильным кабелем – «**желтым кабелем ASi**» и он многофункционален и может подключать любые устройства.



Существуют цифровые ведомые устройства **AS-i** – модули серии К60 с 8-ю цифровыми входами К45 – с 4-я входами.

По отношению к **AS-i** устройства называются **ведущими** и **ведомыми**. **Ведущими** устройствами **AS-i** являются сигнальными процессоры **CP 243-2, 343-2 Р**. Сигнальный процессор «через» **AS-i** «ведет» программируемые контроллеры серий CPU 2...



**Ведомые** устройства интерфейса **AS-i** – это модули ввода-вывода.

В ДП приведены технические характеристики ведомых устройств **AS-i** – модулей ввода-вывода IP 65 серий К..., которые имеют высокую степень защиты по стандарту **IEC 60529**.

Дан подробный анализ достоинств и недостаткам каждой из модулей ввода-вывода IP 65 серий К...



## Технические средства медных кабельных сетей

**AS-i** с датчиками и исполнительными устройствами служат для объединения в сеть устройств. Соединение производится через кабель **AS-i** – двухжильный кабель с трапецеидальным профилем, который удобен для присоединения методом «пронизывания» и обрезание проводов и четкого определения полярности сети.



Для данных и питания сенсорных датчиков приближения и исполнительных устройств световой сигнализации используется «желтый» кабель **AS-i**. Для исполнительных устройств применяется «черный» кабель **AS-i**.



Повторители предназначены для увеличения протяженности между ведущим устройством и сегментом **AS-i** до 100 м, а максимально до 300 м.



Расширительный штепсель позволяет увеличить максимальную длину сегмента **AS-i** со 100 м до 200 м, а общую протяженность сети – до 600 м.

Модуль развязки с одной или двойной развязкой данных **AS-i**, который питается напряжением 24 или 30 В DC.

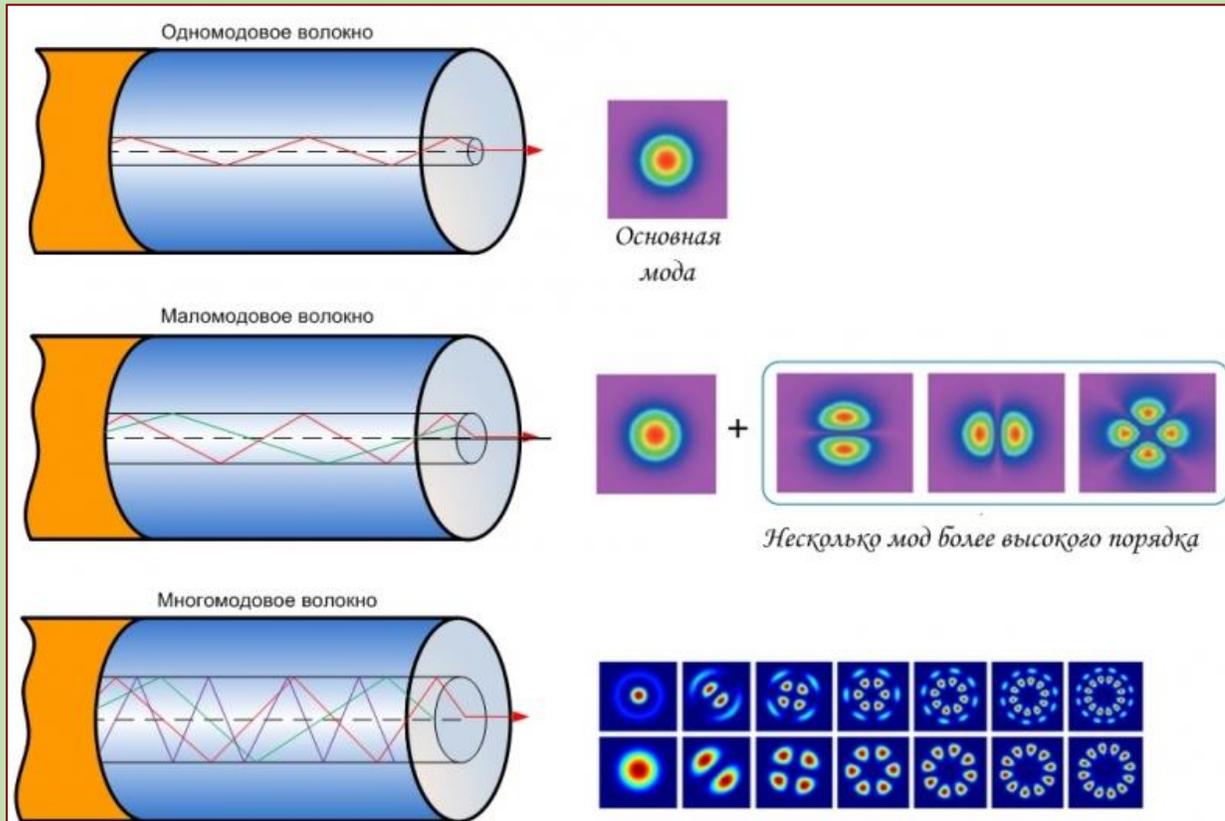
# Технические средства волоконно-оптических сетей

В разделе даны понятия **одномодовое волокно** – single mode fiber (**SM**) и **многомодовое волокно** – multi mode fiber (**MM**).

Существуют и такие виды оптоволокна как **маломодовое волокно** – low mode fiber (**LM**).

Это класс **многосердцевинных волокон**, где каждая сердцевина поддерживает свой режим передачи световой энергии, отличной от других .

Анализируя технические и оптические характеристики **SM**, **LM** и **MM** волокон, можно сделать однозначный вывод: «**много мод – хорошо, но мало – лучше**»



Приведем некоторые достоинства **LM** волокна.

Возможно организация до **50 мод**.

Режима передачи **15 мод** уже продемонстрирован.

Диаметр стандартный в **125 мкм**, как у и **SM** и **MM** волокон:

**удобство совместного монтажа.**

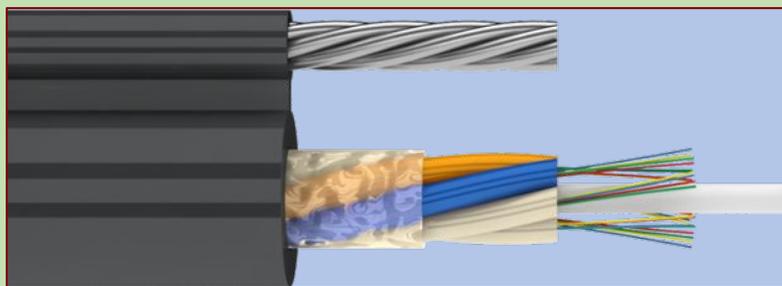
Используются известные сварочные для оптоволокна аппараты – это хорошо при монтажных и наладочных работах.

Используются многие известные и практикуемые оптические компоненты – **совместимость устройств хорошая.**

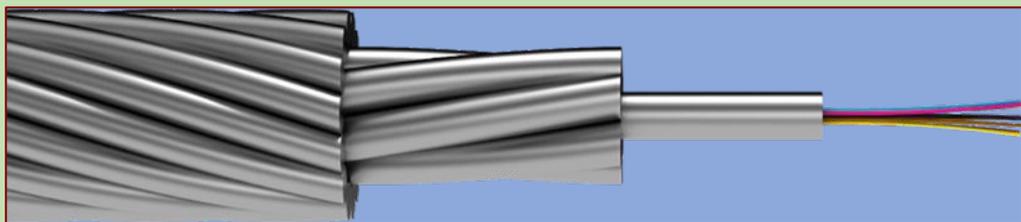
## Технические средства волоконно-оптических сетей

О способах и методах прокладки **волоконно-оптического кабеля (ВОК)** в обычных (офиса, здания) условиях уже много известно. Интереснее вопрос прокладки в нетрадиционных условиях, например, прокладка **по опорам линий электропередачи (ЛЭП)** и в **подводных условиях**.

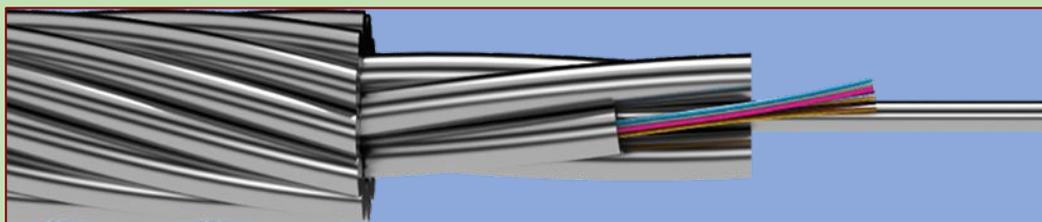
Для магистральных волоконно-оптических линий связи (**ВОЛС**) на открытом воздухе известна технология прокладки **ВОК** размещением их на опорах **ЛЭП** способом **подвеса**.



Выносной силовой элемент



Встроенный в грозовой трос с центральным модулем



Встроенный в грозовой трос с модулем в «повиве»

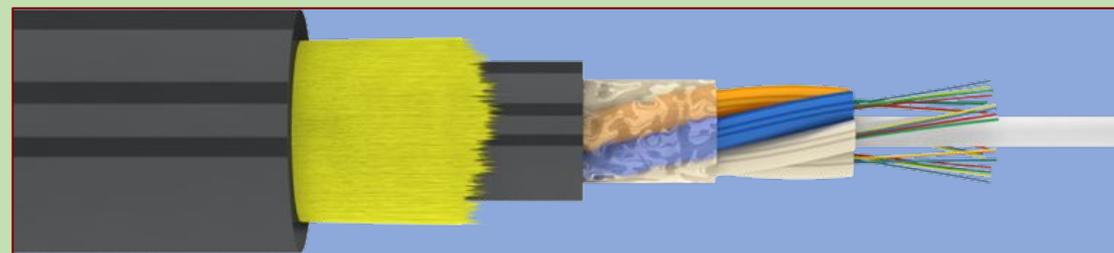
Способ применим при прокладке и на других электрических опорах: контактной сети, осветительных и силовых сетей и пр.

По статистике более **60 % ВОЛС** подвесные.

**ВОК** может быть «подвешен» с помощью различных силовых элементов («нитей») и разными способами:

- выносной силовой элемент;
- встроенный в грозовой трос .

Существуют **ВОК** самонесущие



Самонесущие **ВОК**

# Технические средства волоконно-оптических сетей

Существуют типы ВОК:

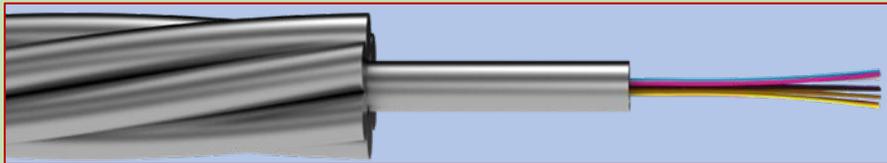
**ОКСН** - оптический кабель, самонесущий;

**ОКГТ** - оптический кабель, встроенный в грозотрос;

**ОКФП** - оптический кабель, совмещенный с фазным проводом;

**ОКСМ** - металлический самонесущий оптический кабель.

Рассмотрим для примера **ОКСМ**.



Оптические волокна разного цвета. Цветовая гамма волокон - это идентификация номерам, т.е. понятно, что на волокна не поставишь номер.

Силовой элемент - стальная оцинкованная проволока, наложенные «повивом» вокруг, опять стального, оптического модуля. Кабель **ОКСМ** довольно тяжеловесный.



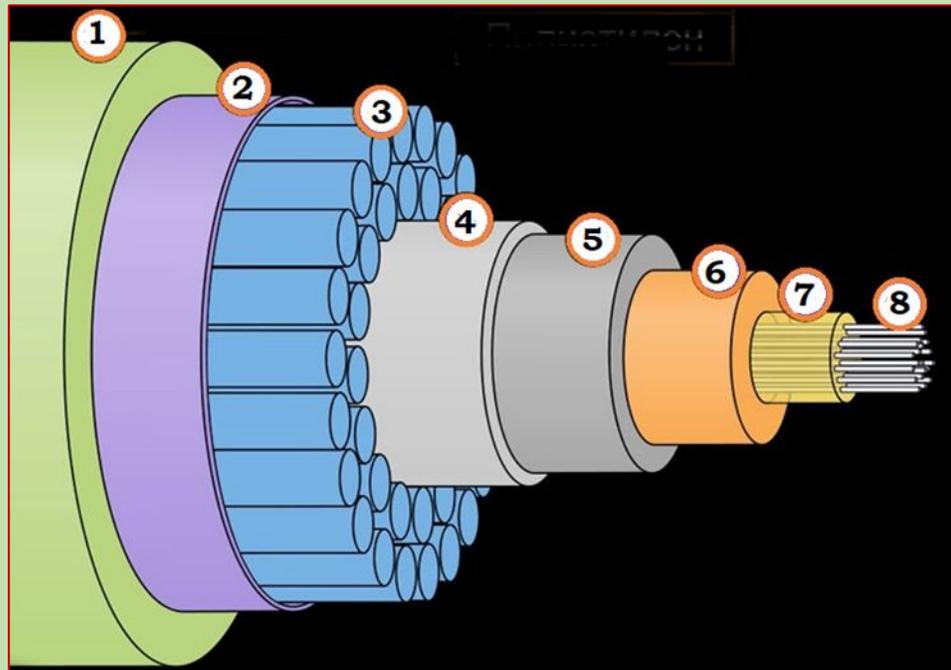
№ волокна	Цвет волокна
1	Синий
2	Оранжевый
3	Зеленый
4	Коричневый
5	Серый
6	Белый
7	Красный
8	Черный
9	Желтый
10	Фиолетовый
11	Розовый
12	Бирюзовый

## Технические средства волоконно-оптических сетей

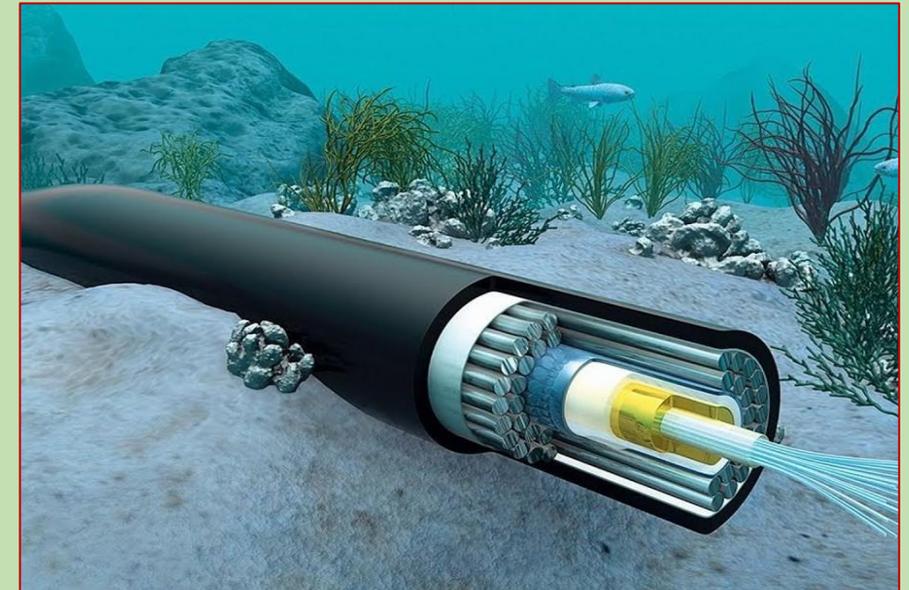
Трансокеанические подводные кабели связи имеют свою историю. В **1858 г.** США и Великобритания, были соединены **телеграфным кабелем**, через **Атлантический океан**. Проект прослужил всего один месяц: коррозии в соленой морской среде начал разрушать кабель. Восстановлен в **1866 г.**

В **1870 г.** был проложен подводный тракт: **Бомбей и Лондон – Индия и Великобритания**.

В **1956 г.** в США установили уже **телефонную связь**, которую громко назвали «**голосом через океан**».



Но нас интересует подводный кабель связи на основе оптоволоконна. Рассмотрим подводный кабель, протяженностью в **10 000 км** и скоростью передачи **60 Тб/с**. Конструкция имеет следующий вид.

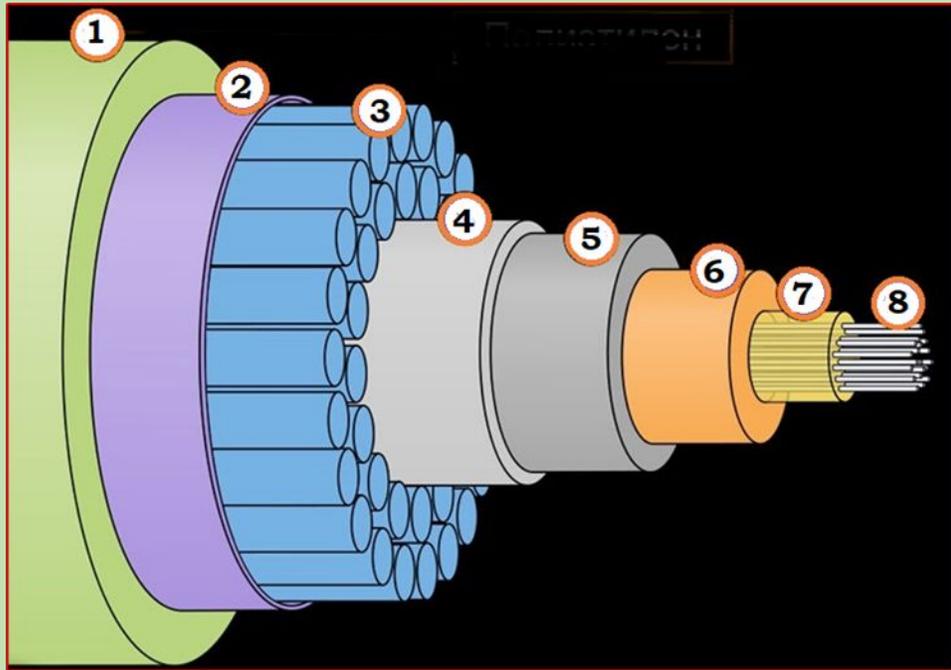


Внешняя оболочка (**1**) – **полиэтилен**. Под ней **майларовая пленка (2)** или просто **майлар (mylar)**, нам известный как **лавсан** - для усиления защитных свойств полиэтилена (**1**).

Под **майларовой пленкой** располагается стальная проволока (**3**), выполняющая роль арматуры.

Внешне выглядит как стальная оплетка.

## Технические средства волоконно-оптических сетей



Защитные свойства **стальной арматуры** от попыток акул перегрызть кабель или «зацепа» кабеля рыболоводскими сетями. **Оцинковый** характер его позволяет прокладку кабеля просто в воде, без каких-либо траншей.

Под стальной арматурой располагается оболочка **алюмополиэтилена (4)** для экранирования от **ЭМП**.

Под **алюмополиэтиленом** располагается **поликарбоната (5)** - защита от механических воздействий и тепловых излучений. Под поликарбонатом располагается **медные трубки (6)**, между которыми находится **гидрофобная гель (7)** для исключения водопроницаемости.

**Оптические волокна** обозначены цифрой (8).

Производство подводного кабеля производят на предприятиях, близко расположенных к морю.

По возможности выпускают цельный продукт - длинные кабели **до 4 - 5 км**.

Кабель не просто сбрасываются в воду, а укладывают. Вытягиванием из больших катушек.

Перед укладкой выполняют ряд мероприятий и работ в последовательности действий - это:

- разрешение использовать прибрежные воды ряда стран;
- геологическая разведка;
- рельеф, характер дна,
- загрузка кабелей на корабль;
- укладка кабеля.

Кабель укладывают непрерывно.

## **Технические средства волоконно-оптических сетей**

В разделе «Охрана труда» рассмотрены мероприятия техника безопасности при монтаже и эксплуатации **ВОЛС**.

По **общим вопросам** проанализированы допуски к работам, допуски к самостоятельной работе, определения опасных зон - зон, отстоящей от контактной сети (КС) или оси воздушной линии (ВЛ), по которым проложена линейно-кабельные сооружения ВОЛС, охранных зон наведенного напряжения.

По вопросам безопасности работ при **прокладке подвесных ВОК** проанализированы работы на высоте (1,3 м и выше) и верхолазные работы (более 5 м), расстояния от кабеля до проводов ВЛ, при обрыве ВЛ под напряжением, определены условия, при которых нельзя проводить работы по прокладке ВОЛС: дождь, туман, ветер (> 12 м/с), гололед и низкие температуры.

По вопросам безопасности работ при **прокладке ВОК в траншеях** укрепление их стенок при глубине траншеи при сыпучих грунтах и остальных случаях вида грунта, работы без укрепления при отсутствии грунтовых вод до определенной глубины, прокладка землеройными машинами и другими механизмами (трактор с ковшом и т.п.).

**Рассмотрены мероприятия техника безопасности при монтаже и эксплуатации ВОК на ВЛ 0,4 - 35 кВ.**

Монтаж и обслуживание ВОК типа ОКСН на ВЛ должны **проводиться при устойчивой радиосвязи.**

Работы по монтажу ВОК типа ОКСН на ВЛ с отключением ВЛ (со снятием напряжения) производятся согласно **Правилам устройств электроустановок (ПУЭ), Правилам техники безопасности (ПТБ) и технической эксплуатации (ПТЭ) в электроустановках.**

## Экономическая часть

В данном разделе ДП принято решение провести расчет от внедрения интерфейса **AS-i** и двух сопровождающих его устройств с «**обоих концов**», т.е. **ведущее** и **ведомое** устройства. Все три устройства объединены в технологии передачи информации автоматизированной системы как единый логический блок.

Назовем группу устройств «**Интерфейс-Ведущее устройство-Ведомые устройства**» условно «**Блоком интерфейса AS-i**».

При расчетах экономических показателей выполнены расчеты:

- капитальных затрат  $K_{AS-i}$ ;
- эксплуатационных затрат  $\mathcal{E}_{AS-i}$ ;
- доходов от основной деятельности  $D_{AS-i}$ ;
- срока окупаемости  $T_{\text{окуп. AS-i}}$ .

Результаты расчета экономической эффективности и срока окупаемости в итоговую таблицу.

Наименование показателя	Значения показателя
Капитальные затраты, тенге	1 153 970
Эксплуатационные расходы, тенге	122 661
Годовой доход, тенге	530 826
Срок окупаемости, лет.	2,2

## **Заключение**

В дипломном проекте была поставлена цель проанализировать **технические средства физического уровня**, которые несут в некоторый степень инновационный характер.

В области **технических средств, относящихся к медным проводникам и кабелям** рассмотрен способ экранирования, получивший наименование **WARP-экранирования** и заключается в использовании свойств отрезков фольги, размещённых на внешней оболочке медного кабеля.

В области сетей **Industrial Ethernet** рассмотрены современные **интерфейсы AS-i** и устройства, непосредственно взаимодействующие с ним: **кабель, ведущие и ведомые** устройства.

В области **технических средств, относящихся к оптоволоконным проводникам и кабелям** рассмотрены вопросы прокладки волоконно-оптических кабелей на **опорах ЛЭП и подводные кабели**.

Волоконно-оптические кабели рассмотрены двух типов **ОКСН и ОКСМ**.

Дан сравнительный анализ этих кабелей по достоинствам, недостаткам, области применения.

В вопросах прокладки волоконно-оптических кабелей под водой подробно рассмотрена структура такого кабеля с описанием все ее элементов.

В **экономической части** произведен **расчет экономических показателей** и, на основе их, срок окупаемости интерфейса AS-i и его ведущих и ведомых устройств.

В разделе «**Охрана труда**» проанализированы **технические и организационные мероприятия** при выполнении монтажных работ по прокладке волоконно-оптического кабеля на опорах линий электропередач.

Все поставленные в дипломной работе цели выполнены полностью

**Доклад окончен.  
Спасибо за внимание.**