

ЭЛЕКТРООПТИЧЕСКИЕ И ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ КАБЕЛИ ПРОИЗВОДСТВА ООО «НПП СТАРЛИНК»



МАЛАЙ В. А.,
к.в.н., ген. директор
ООО «НПП Старлинк»



СМИРНОВ Ю. В.,
к.т.н., заместитель
ген. директора
ООО «НПП Старлинк»



Наше предприятие три года назад начало применять свою технологию бронирования при создании оптических кабелей (ОК) для нефтяной промышленности. Первые кабели использовали наш серийный ОК типа СЛ ОКМБ –02 и СЛ-ОКМБ-03. Конструкции показаны на рис. 1 и рис. 2. Эти кабели встраивались под броневое покрытие плоского электрического кабеля для питания погружных насосов типа КПВТВП. Такая конструкция электрооптического кабеля (ЭОК) представлена на рис. 3.

В качестве полимерной оболочки в ОК вместо шлангового полиэтилена применялись термостойкие полимерные материалы, при этом использовалось серийное волокно с максимальной рабочей температурой 90 °С. Как видно, в этой конструкции ЭОК оптическое волокно (ОВ) защищено проволоочной бро-

ней, термостойкой полимерной оболочкой и общей бронёй из стальной оцинкованной ленты.

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ПОКАЗАЛ:

— В процессе изготовления ОК оптическое волокно не имеет прироста затухания и надёжно защищено от внешних механических воздействий, имеющих место как при изготовлении внешнего броневое повива на электрооптический кабель в процессе монтажа муфт, перемотки готового кабеля, его спуска в нефтяную скважину, так и при проведении испытаний с помощью ОК в скважине, см. рис. 4. Кабель на большом барабане перед проведением испытания.

— Результаты испытаний такого ЭОК с помощью оптического анализатора рамановского рассеивания показали достоверность полученных измерений распределения температуры по длине ОК

вплоть до температуры 150 °С, которая имела место в нижней части ЭОК, рис. 5.

— Оптическое волокно сохраняет работоспособность после годового использования в скважине, прироста затухания не наблюдалось.

— Наилучшие практические результаты получены с конструкцией кабеля по рис. 2, в которой применена броня из 6 жёстких канатных проволок диаметром 0,9 мм.

Таким образом, данная конструкция ОК вполне пригодна для использования при исследовании параметров нефтяных скважин.

На втором этапе нами изготовлен опытный образец оптического кабеля с броней из двух повивов стальных канатных проволок и полимерной оболочки из аналогичного полимерного материала, который мы использова-

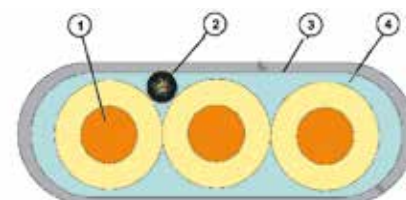
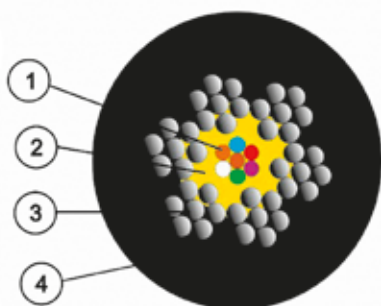


Рис. 3. Электрооптический кабель для питания погружных насосов

1- электрические жилы $S=16 \text{ мм}^2$, 2- оптический кабель; 3-броневое покрытие - стальная лента; 4- нетканое заполнение (буфер под броню)

Такой ОК достаточно прост в изготовлении. ОК диаметром 3.5 мм вставляется под броневое покрытие непосредственно в процессе нанесения броневое покрытия. В дальнейшем ОК выдерживает транспортировку и технологические, и монтажные операции при установке в нефтяную скважину

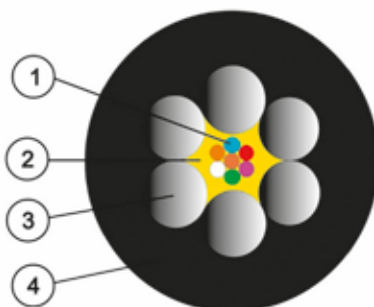
СЛ-ОКМБ-01,02



1. Оптическое волокно
2. Гидрофоб
3. Броня из стальной оцинкованной проволоки
4. Защитная полимерная оболочка

Рис. 1. Оптический кабель СЛ-ОКМБ-01/02

СЛ-ОКМБ-03



1. Оптическое волокно
2. Гидрофоб
3. Броня из стальной оцинкованной проволоки
4. Защитная полимерная оболочка

Рис. 2. Оптический кабель СЛ-ОКМБ-03



Рис. 4. Электрооптический кабель на барабане рядом со скважиной. На рисунке 1- электрические жилы, 2- 50 м бухты оптического кабеля (нижний конец), отделённого от общего кабеля для прокладки в измерительную лабораторию.

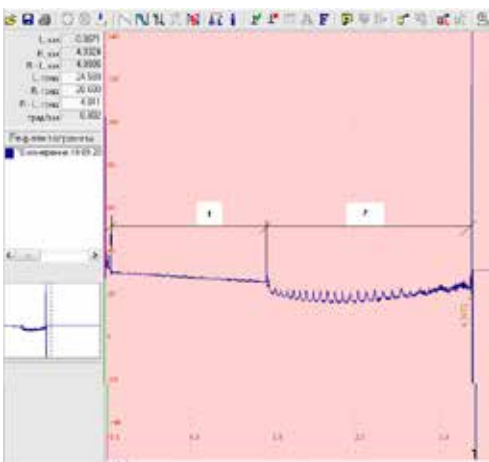


Рис. 5а. В начале испытаний сразу после включения насоса

ди в конструкции рис. 3. Конструкция представлена на рис. 6. В этом ОК использованы два одномодовых волокна. Первый на рабочую температуру 150 °С, второй — на температуру 90 °С. Длина образца. 4200 м.

Диаметр по броне..... 4.2 мм
Наружный диаметр 7.8 мм.
Радиус изгиба 160 мм
Вес кабеля..... 130 кг/км

Строительная длина кабеля может поставяться в барабанах № 8 и 10.

С точки зрения конструкции полученный кабель имеет хорошие плотно упакованные, нераскручивающие повивы стальных проволок, плотно наложенную оболочку из прочного и относительно химически стойкого полимера.

Заказчик предполагает герметизацию проводить в муфтах на обоих концах ОК.

На макетных образцах проведены испытания на растяжение и на воздействие повышенной температуры (150 °С).

ОТМЕЧЕНО, ЧТО:

Километрическое затухание волокон находится на уровне 0,19 дБ/км на длине волны 1,55 мкм. Т.е., соответствует уровню затухания ОВ на катушках.

При температурных испытаниях отсутствует прирост затухания во всем диапазоне температур от 20 до 150 °С в обоих одномодовых волокнах.

При испытаниях на растяжение ОК при удлинении до 0,5 % растягивающая нагрузка соответствует 11 кН. При этом приращения затухания не наблюдается.

Такой кабель выполнен и передан заказчику в опытную эксплуатацию.

Анализируя эту конструкцию с точки зрения возможности её использования в подвесном варианте (в скважине), можно сказать, что кабель допускает такое использование при длине скважины 4 км и чуть более. При этом ОВ должно сохранять долговременную эксплуатацию (25 лет) с точки зрения допустимого

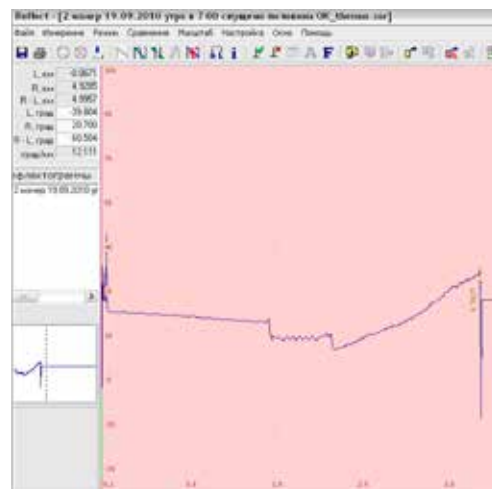


Рис. 5б. В процессе испытаний

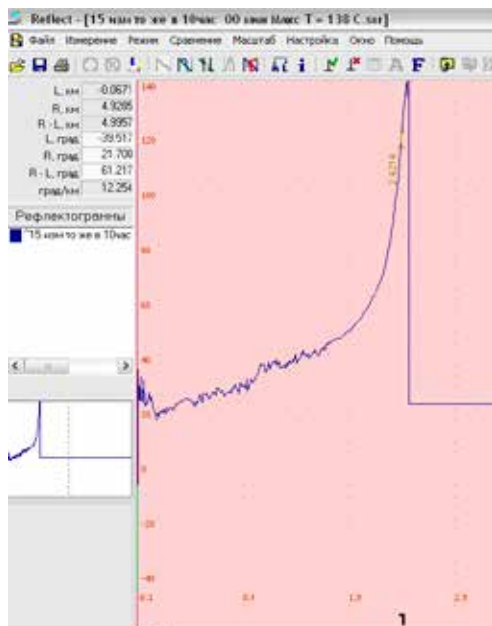


Рис. 5в. В процессе испытаний

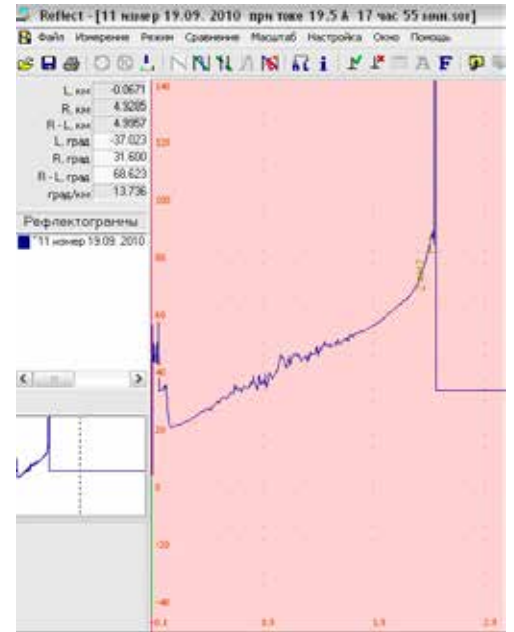
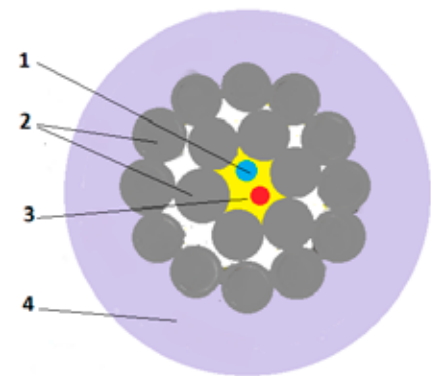


Рис. 5д. В конце испытаний



1. Одномодовые волокна
2. Броневые покрытия
3. Внутримодульный гидрофоб
4. Термостойкий полимер

Рис. 6. Геофизический кабель с двойной проволочной броней и оболочкой из термостойкого полимера

механического растяжения от веса, равного 520, кг и, наверное, температурного воздействия. Вплоть до 150 °С.

В ЗАКЛЮЧЕНИЕ ХОТЕЛИ БЫ ОТМЕТИТЬ:

— Мы, безусловно, собираемся в дальнейшем проводить модификацию этого кабеля и поэтому с нетерпением ожидаем результаты натурных испытаний представленного кабеля в реальных скважинах.

— Конкретно, наличие у нашего предприятия технологии изготовления ОК многослойного броневое покрытие заставляет нас задумываться над решением проблемы продольной герметизации ОК. По-видимому, предстоит прежде всего это сделать в варианте рассмотренной конструкции (т.е. для конструкции рис. 6, с внешней полимерной оболочкой).



Основные характеристики оптического кабеля

Количество волокон.....	До 4 шт
Затухание на длине волны 1,55 мкм.....	до 0,2 дБ/км
Диаметр по броне.....	4,2 мм
Наружный диаметр.....	7,8 мм
Радиус изгиба.....	160 мм
Масса кабеля.....	130 кг/км
Допустимое долговременное растягивающее усилие.....	–6 кН
Температурный диапазон.....	от –540 до 150 оС
Разрывное усилие.....	около 20 кН



Рис. 6б. Кабель изогнут с радиусом 100 мм



Рис. 6в. Геофизический кабель по рисунку 4. Торец. В центре отверстие 0,9 мм. Волокна не видны

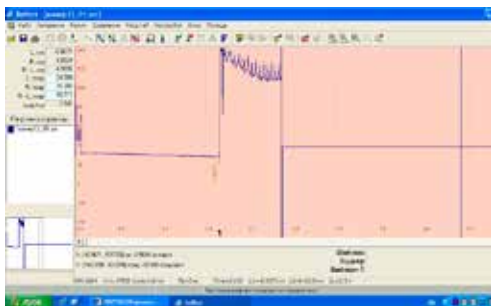


Рис. 6д. Типичная картина распределения температуры по длине ОКУ при температурных испытаниях. Максимальная температура в верхних слоях (около 140оС)

— По нашему мнению, было бы также правильно для более надёжной гер-

метизации применить в качестве защитной полимерной оболочки более твёрдый и химически стойкий материал, который предлагается на рынке, например Хайтрел.

— Мы, также как и другие производители и потребители геофизических кабелей, рассчитываем на конструкцию ОК с центральной стальной трубкой, несколькими волокнами в ней и двумя бронированными слоями проволок без наружной оболочки. Известно, что для электрических кабелей этот альтернативный вариант геофизического ОК даже более традиционный.

В качестве предмета для дискуссии хотели бы обратить внимание на то, что указанный выше второй вариант не так прост, как кажется.

Это связано с тем, что при изготовлении оптических кабелей необходимо исключить механические деформации стальной трубки.

С другой стороны, по-видимому, для герметизации необходимо сразу предусмотреть тонкий, но надёжный слой по-

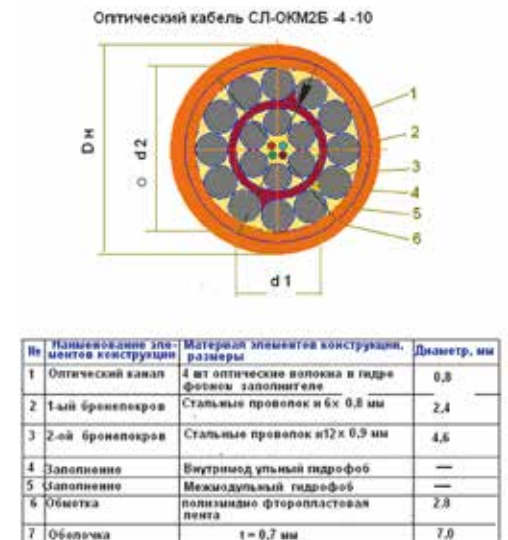


Рис. 7. Модифицированный геофизический кабель с дополнительной поперечной и продольной герметизацией

лимерной оболочки, плотно наложенной на центральную стальную трубку с оптическими волокнами. Таким образом, в этом кабеле мы будем иметь в центре стальной оптический модуль с полимерной оболочкой с относительно малым наружным диаметром.

При бронировании — нанесение первого слоя из стальных прочных проволок, необходимо добиться минимального растяжения и кручения стального оптического модуля. При этом бронировочный слой должен быть, как и обычно, хорошо преформированным и нераскручивающимся. Это сделать на практике не так просто.

Надо отметить, что в таком кабеле при двойной броне довольно сильно повышается удельный вес.

Расчеты показывают: при трубке 1,5 мм, внешнем диаметре по полимерной оболочке трубки 2,5 мм использование двух бронированных слоёв из проволоки 0,8 мм приведёт к весу кабеля около 200 кг/км.

Т.к. вместо 6+ 12 проволок диаметром 0,8 мм для ОК по рис. 4 потребуется 12+19–31 проволока этого же диаметра.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Патент РФ № 56007 Оптический кабель Смирнов Ю. В. Малай В. А.
2. Патент РФ № 2371794. Способ изготовления волоконно-оптического металлического модуля и устройство для его реализации. Смирнов Ю. В. Малай В. А.
3. Патент РФ 109907 U1 Электрооптический кабель для установок погружных насосов. Смирнов Ю. В. Малай В. А.

