

## МАЛОРАЗМЕРНЫЙ КАБЕЛЬ С НИЗКИМ ТРЕНИЕМ ДЛЯ ВНУТРЕННЕЙ ПРОКЛАДКИ

### Разработка компании Fujikura

К.Эндох, Т.Саяма, Д.Такеда, С.Танака, М.Оно, С.Шиобара, Н.Окада, М.Миамото  
Optical Fiber Cables R&D Dept, Optical Cable System R&D Center, Fujikura, Япония

При развертывании сетей FTTH необходимо прокладывать оптические кабели в многоквартирных домах непосредственно до квартир абонентов. Однако во многих домах отсутствуют специальные кабельные каналы для оптических кабелей, а их создание – достаточно дорогостоящий процесс. Поэтому строители сетей FTTH вынуждены использовать существующие кабельные каналы для "медных" телефонных кабелей. Учитывая это, компания Fujikura разработала малоразмерный кабель с низким трением для внутренней прокладки. Такой кабель можно протолкнуть в уже заполненные кабельные каналы, не используя для этого каких-либо приспособлений.

При строительстве сетей FTTH в многоквартирных домах волоконно-оптические кабели (ВОК) обычно выводятся из этажных кроссовых коробок на каждом этаже здания. Однако в большинстве существующих многоэтажных домов нет кабельных каналов для оптических кабелей, а их пробивка – достаточно дорогостоящий процесс. Поэтому прокладку ВОК ведут по каналам для медных телефонных кабелей. Однако в таком канале можно проложить очень немного обычных ВОК для внутренней прокладки. Проблема в том, что трение оболочки обычного ВОК с внутренней поверхностью кабельного канала и другими кабелями достаточно высоко. Чтобы затянуть обычный ВОК в канал, приходится прикладывать большее усилие, зачастую превышающее предельно допустимое. С другой стороны, если бы ВОК

можно было непосредственно проталкивать в канал, это существенно сократило бы время инсталляции сети. Поэтому возникла задача разработки малоразмерного кабеля с низким трением для внутренней прокладки, который был бы пригоден не только для затягивания в кабельную канализацию, но и для проталкивания через существующие кабельные каналы.

#### РАЗРАБОТКА КАБЕЛЯ

Учитывая важность задачи, компания Fujikura разработала конструкцию нового малоразмерного кабеля, существенно отличающегося от традиционных ВОК для прокладки внутри помещений (рис.1, табл.1). Чтобы кабель было возможно проталкивать в кабельные каналы, надо было кардинально изменить три его параметра: улучшить характеристики оболочки

кабеля, уменьшить размеры и увеличить стойкость к изгибу.

Для беспрепятственного проталкивания кабеля необходимо снизить трение между оболочкой кабеля и стенками кабельного канала, а также другими кабелями в канале [1]. Поэтому для оболочки мы выбрали новый тип полиолефинового полимера с более низкими показателями трения. Однако по сравнению с традиционным полимером он жестче.

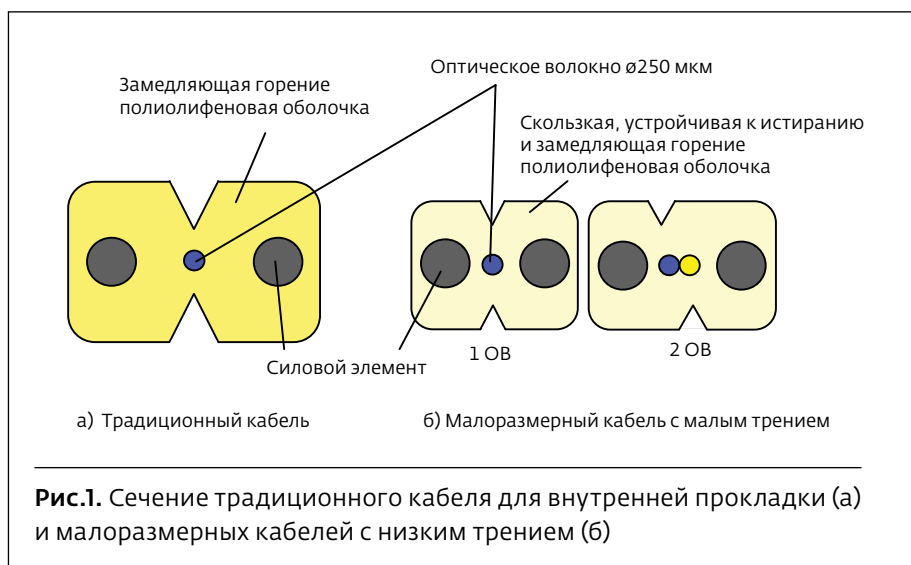


Рис.1. Сечение традиционного кабеля для внутренней прокладки (а) и малоразмерных кабелей с низким трением (б)

Таблица 1. Относительные сравнительные характеристики традиционного кабеля для внутренней прокладки и малоразмерных кабелей с низким трением

Параметр	Обычный кабель	Малоразмерный кабель с низким трением
Площадь сечения	1	~1/2
Масса	1	~2/3
Коэффициент трения	1	1/7 или менее
Стойкость к истиранию	1	100 или выше
Жесткость	1	~2

Чтобы экспериментально определить коэффициент трения различных отрезков кабеля, мы разработали метод тестирования (рис.2). Коэффициент трения  $\mu$  вычисляется как  $\mu = F / F_0$ , где  $F$  — минимальная сила, приложив которую удавалось протянуть кабель;  $F_0$  — вес сдавливающей нагрузки. С новым полимером мы исследовали три типа специальной обработки оболочки (рис.3). Все они показали себя эффективными, но поскольку наибольший эффект был достигнут в случаях А и С, мы продолжили исследования для этих типов обработки. Было исследовано изменение коэффициента трения при выдерживании кабеля при высоких температуре и влажности (рис.4). Поскольку коэффициент трения при обработке типа С оказался более стабильным, мы остановились на этом методе.

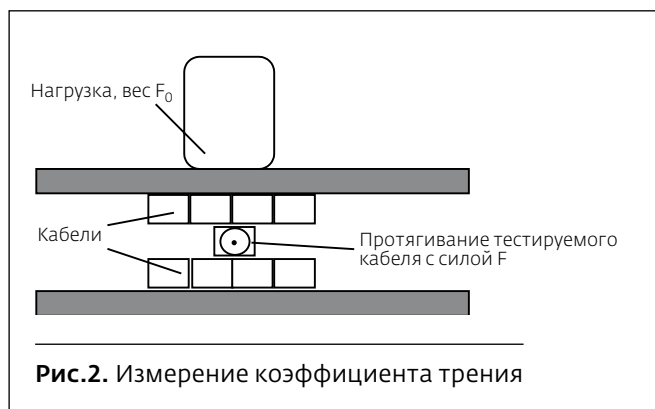


Рис.2. Измерение коэффициента трения

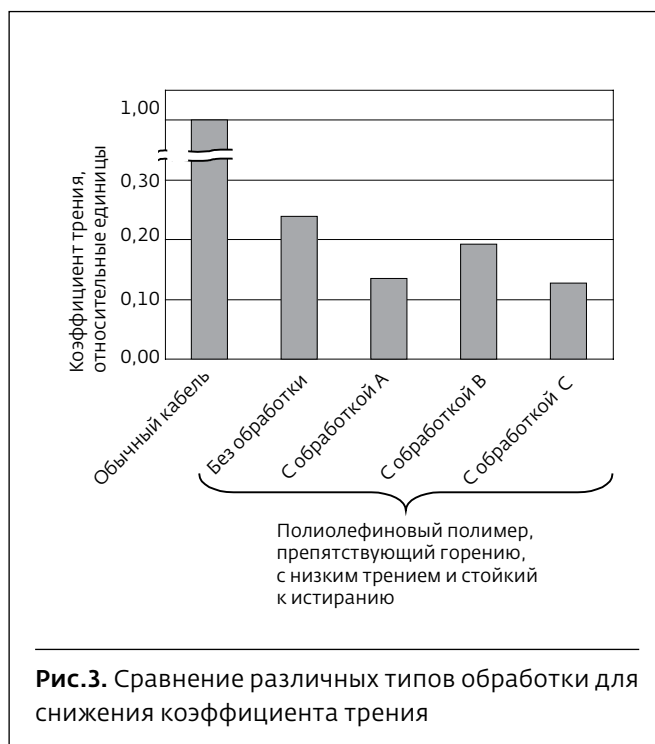
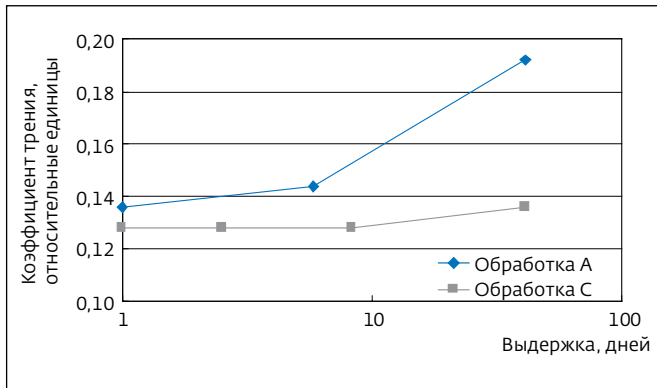
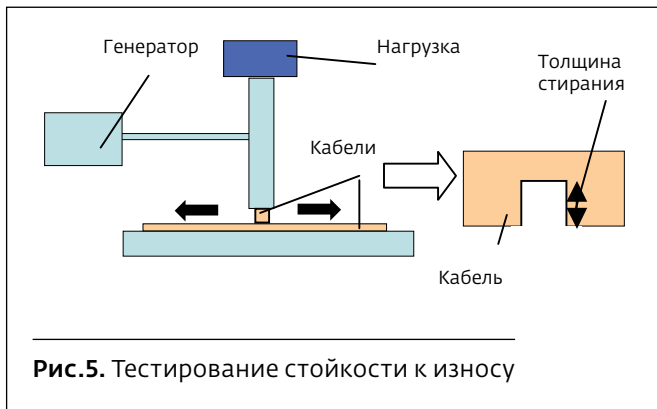


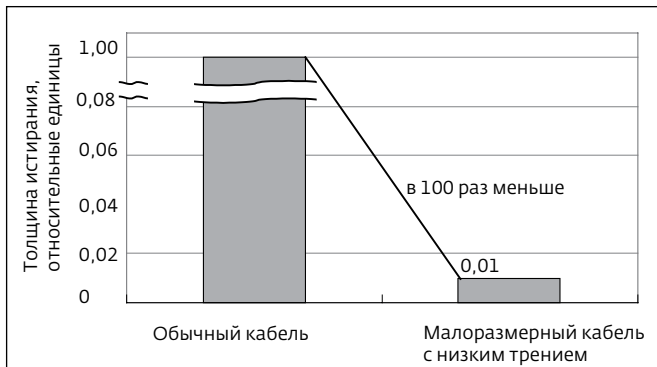
Рис.3. Сравнение различных типов обработки для снижения коэффициента трения



**Рис.4.** Изменение коэффициента трения по мере выдерживания кабеля при высоких температуре и влажности



**Рис.5.** Тестирование стойкости к износу



**Рис.6.** Результат теста на стойкость к износу

Для исследования стойкости оболочки к истиранию мы провели соответствующие эксперименты (рис.5, 6). Они показали, что стойкость к износу оболочки нового кабеля в 100 раз меньше, чем у традиционного.

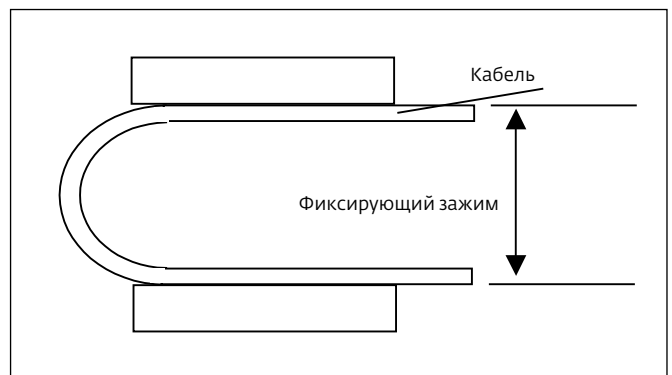
Снижение площади сечения кабеля также необходимо для его легкой прокладки по кабельным каналам. Однако по мере уменьшения размеров сечения ухудшаются механические



**Рис.7.** Монтаж кабеля в оптическую розетку

характеристики кабеля. Но благодаря новому материалу оболочки удалось уменьшить площадь поперечного сечения кабеля примерно вдвое по сравнению с традиционным кабелем и без деградации его механических характеристик. При этом масса кабеля стала составлять примерно 2/3 от массы обычного кабеля.

Жесткость кабеля при изгибе – важный фактор при его проталкивании через канал. Высокая жесткость упрощает эту процедуру, однако усложняет его монтаж в маленькую оптическую розетку (рис.7). Мы экспериментально проверяли, как связаны тип силового элемента кабеля, его жесткость и трудность монтажа в розетку (табл.2). Жесткость кабеля  $B$  вычислялась как  $B = Fr^2/4$ , где  $F$  – сила при изгибе,  $r$  – радиус изгиба кабеля на фиксаторе (рис.8). Эти измерения соответствуют методу E17C стандарта



**Рис.8.** Измерение жесткости кабеля

**Таблица 2. Взаимосвязь между типом силового элемента, жесткостью кабеля при изгибе и возможностью монтажа кабеля в оптическую розетку**

Тип силового элемента	A	B	C	D
Жесткость кабеля относительно традиционного	1	1,5	2	7
Монтаж в оптическую розетку	Да	Да	Да	Нет

IEC 60794-1-2 [2]. Как видно из табл.2, кабель с силовым элементом типа С обладает достаточно высокой жесткостью, но при этом легко монтируется в розетку.

### ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Кабель испытывался в условиях прокладки в канал (трубу) с внутренним диаметром 22 мм, в котором уже был проложен телефонный 30-парный кабель диаметром 9 мм. Суммарная длина трассы прокладки составила 20 м, причем она включала пять поворотов на 90°. В эксперименте мы ставили целью проложить 30 малоразмерных ВОК (по числу пар телефонного кабеля).

Прежде всего мы исследовали прокладку кабеля посредством затягивания в канал с помощью гибкого троса. Эксперимент проводился как с обычным кабелем, так и с новым малоразмерным. Нам удалось затянуть в канал лишь

пять отрезков обычного ВОК для внутренней прокладки и более 30 отрезков нового малоразмерного с низким трением (рис.9). Несмотря на то, что при затяжке обычного кабеля в канале остается много свободного места, нам не удалось проложить шестой отрезок кабеля, поскольку приходилось прикладывать большое усилие из-за высокого трения внутри трубы. Напротив, новый кабель удавалось легко затягивать в канал, даже когда там было очень мало свободного пространства. После прокладки 30 отрезков нового кабеля мы измерили усилие вытягивания произвольно выбранного отрезка (рис.10) – оно также оказалось небольшим. Таким образом, новый малоразмерный кабель может быть затянут в кабельный канал





Проталкивание в кабельный канал



Загнутый конец кабеля

**Рис.11.** Проталкивание кабеля и формирование загиба на его конце

с гораздо более низким усилием, чем традиционный кабель. Это ясно показывает его превосходные монтажные характеристики.

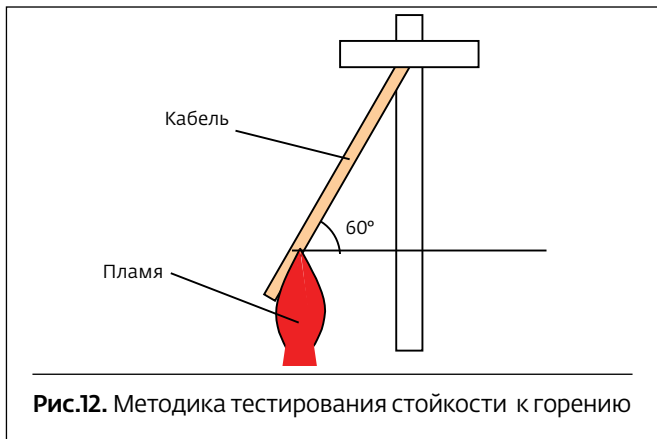
Вторая серия экспериментов состояла в проталкивании кабеля в канал. Для проталкивания мы загибали конец кабеля, чтобы защитить ВОК при соприкосновении с неровностями внутренней поверхности трубы (рис.11). И в этом случае нам удалось протолкнуть более 30 отрезков малоразмерного кабеля, тогда как обычный ВОК не удалось протолкнуть вообще. Это еще раз подчеркивает достоинства нового кабеля.

Кабель был подвергнут стандартным механическим и климатическим испытаниям согласно IEC60794-1-2 [2] и IEC60794-2-20 [3], соответственно. Все тесты не выявили прироста затухания более нормы (табл.3). Испытания на стойкость к горению проводились в соответствии с методикой JIS C 3005 [4] (рис.12). Благодаря применению нового полимера кабель не подвержен горению.

Малогабаритный кабель с низким трением для внутренней прокладки поставляется

**Таблица 3. Стойкость кабеля к механическим, климатическим воздействиям и горению. Прирост затухания определялся на длине волны 1550 нм**

Вид воздействия	Условия испытаний	Результат
Затухание	1310 нм 1550 нм	< 0,35 дБ/км < 0,25 дБ/км
Термоциклирование	-20...60 °С	< 0,05 дБ/км
Раздавливающее усилие	1200 Н / 25 мм, 1 мин	< 0,05 дБ
Изгиб	R = 15 мм, ±180°	< 0,05 дБ
Удар	3 Дж	< 0,05 дБ
Осевое закручивание	±90°	< 0,05 дБ
Сопrotивление горению	JIS C 3005, 60°	Тест пройден



**Рис.12.** Методика тестирования стойкости к горению

в фирменной упаковке Reelix (рис.13). Она позволяет монтажнику непосредственно прокладывать кабель из упаковки без каких-либо дополнительных приспособлений. Кабель вытягивается с минимумом усилий, а сама упаковка очень компактна. По размерам упаковка 1000 м ВОК вдвое меньше, чем стандартная упаковка 300 м LAN-кабеля (витой пары).

Таким образом, разработанный малоразмерный кабель с низким трением для внутреннего



Рис.13. Упаковка кабеля Reelex и обычная бобина с кабелем

Таблица 4. Малоразмерный кабель с низким трением для внутренней прокладки компании Fujikura

Код кабеля	Число оптических волокон	Номинальные размеры, мм	Масса, кг/км	Допустимое растягивающее усилие при монтаже, Н	Радиус изгиба, мм	Силовой элемент
IN-M-1C	1	1,6×2,0	7	220	15	Металлический
IN-M-2C	2	1,6×2,3	7	220	15	
IN-M-4C	4	1,6×2,8	8	220	15	
IN-M-8C	8	2,0×3,4	10	220	70	
IN-NM-1C	1	1,6×2,0	4	80	15	Не металлический
IN-NM-2C	2	1,6×2,3	5	80	15	
IN-NM-8C	8	2,0×3,4	8	80	70	

применения обладает отличными характеристиками. Его сечение – вдвое меньше, а коэффициент трения – ниже в семь раз по сравнению с традиционным ВОК для внутренней прокладки. На основе разработанной конструкции компания Fujikura производит семейство кабелей (табл.4). Их применение позволит существенно упростить и облегчить строительство волоконно-оптических сетей, прежде всего – в многоквартирных домах.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Yukitoshi Takeshita, Seizo Sakata, Hiroyuki Saito, Takashi Sawada, Takao Handa,

Shinichi Niwa, Keiichiro Sugimoto, Ryuichi Nishio, and Shinji Tsuru. Influence of Various Factors on Indoor Cable Friction Properties and Measurement Trial at High Drawing Speed in Actual Environmen. – OSA/OFC/NFOEC 20096 JThA85.

2. IEC60794-1-2: 2003, Generic specification. Basic optical cable test procedures.

3. IEC60794-2-20: 2003, Indoor cables– Family specification for multi-fibre optical distribution cables.

4. JIS C 3005: 2000, Test methods for rubber or plastic insulated wires and cables.