

УДК 003.26.004.7.004.9

## ПОДХОД К РАЗРАБОТКЕ ИНЖЕНЕРНОЙ МЕТОДИКИ УЧЕТА ПОБОЧНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ В ОПТИЧЕСКОМ ВОЛНОВОДЕ

Медведев Н.В.

*Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана  
Москва, Российская Федерация*

**Аннотация.** Волоконно-оптические линии связи (ВОЛС), применяемые для передачи информации критичны с точки зрения несанкционированного доступа и нуждаются в защите. При рассмотрении подхода к инженерной методике учета побочного излучения ВОЛС основным методом является геометро-оптическое приближение.

**Ключевые слова:** оптический волновод, побочное излучение, передача информации.

## APPROACH TO DEVELOPING AN ENGINEERING TECHNIQUE FOR ACCOUNTING SPURIOUS RADIATION IN AN OPTICAL WAVEGUIDE

Medvedev N.V.

*Bauman Moscow State Technical University  
Moscow Russian Federation*

**Abstract.** Fiber-optic communication lines (FOCL) used for information transmission are critical from the point of view of unauthorized access and need protection. When considering the approach to engineering methods for taking into account spurious radiation from fiber-optic links, the main method is geometric-optical approximation.

**Keywords:** optical waveguide, spurious radiation, information transmission.

*Адрес для переписки: Медведев Н.В., 2-я Бауманская ул., д. 5, с. 1, г. Москва, 105005, Российская Федерация  
e-mail: bauman@bmstu.ru*

Волоконно-оптические линии связи (ВОЛС), применяемые для передачи информации критичны с точки зрения несанкционированного доступа и нуждаются в защите. Для обеспечения надлежащей защиты должна быть выстроена адекватная модель учета побочного излучения из линии, обладающая следующими свойствами:

– модель должна базироваться на волновое уравнение, основанное на положениях скалярной теории оптической дифракции;

– в свою очередь для получения модели, на которой базируется инженерная методика проектирования и анализа ОВ, необходимо сочетание приближения Фраунгофера и геометрооптического приближения.

Волноводные участки, проложенные между промежуточными станциями, могут располагаться на многокилометровых дистанциях на различной местности. Потери мощности сигнала ВОЛС зависят от имеющейся дистанции. Проектировщики накладывают жесткие ограничения на мощностные потери, которые не должны превышать для ответственных линий 12 децибел на один километр. Кроме того, необходимо понимание, что сигнал не должен значительно искажаться даже на многокилометровых отрезках. Длинные отрезки ВОЛС и неизбежные макроизгибы и микроизгибы кабеля увеличивают возможность несанкционированного съема информации. На протяжении значительных дистанций, через определенные отрезки при строительстве ВОЛС и прокладке кабеля должны размещаться ретрансляционные станции, которые усиливают полезный сигнал или при необходимости регенерируют его. Таким способом поддерживается работоспособность ВОЛС. Применение ретрансляторов может способствовать росту вероятности несанкционированного съема информации. Для того,

чтобы контролировать факты несанкционированного съема на ретрансляторах устанавливается аппаратура интерферометрии. При наличии НСД между ретрансляторами его регистрация весьма затруднительна. К разработке модели физико-энергетических условий возникновения несанкционированной утечки излучения необходим тщательный учет образования этих условий. Как современные исследования, несанкционированная утечка может осуществляться 11 способами. Самым распространенным способом является использование изгиба и микроизгиба ОВ.

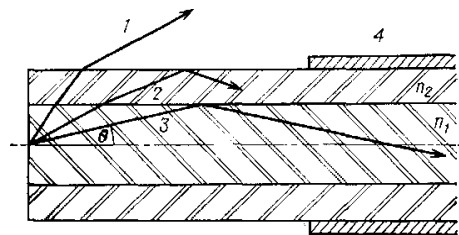
**Геометро-оптическая модель ВОЛС для анализа воздействия изгибов и микроизгибов [1].**

Рисунок 1 – Двухслойное волокно с меридиональными световыми лучами: 1 – моды излучения; 2 – моды оболочки; 3 – моды сердцевины; 4 – защитный (поглощающий) чехол

При рассмотрении подхода к инженерной методике учета побочного излучения ВОЛС основным методом является геометро-оптическое приближение. Оптические сигналы, передаваемые на многие километры, нуждаются в ретрансляции для компенсации потерь, возникающих при передаче по ВОЛС. Поэтому волноводы необходимо производить из высококачественных материалов, дающих оптимальные показатели поглощения, рассеяния и дисперсии.

Современные кабели должны предусматривать применение стекол высокой прозрачности и однородности, а там, где это необходимо, должен применяться кварцевые структуры высокой степени очистки. Полученные таким путем оптические волокна обладают необходимым показателем преломления. Они позволяют нести световой поток и поддерживать его направление, применяя свойство полного внутреннего отражения от оплетки кабеля. Однако помехи – предметы, которые могут соприкоснуться с ВОЛС в процессе монтажа или прокладки в шахтах и трубах, нарушают показатели преломления и отражения и могут исказить передачу сигнала по ВОЛС. Современные оптические кабели выполняются в виде прозрачной (как правило, кварцевой) сердцевины, которая окружена стеклянной оболочкой с несколько меньшим значением показателя преломления. Потоки световых лучей, используемые для передачи сигналов, направляются в сердцевине, полностью внутренне отражаясь при приближении к границам волокна. На рисунке 1 представлено модель внутренней части двухслойного волокна. Кроме сердцевины с показателем преломления  $n_1$  и коаксиальной оболочки с показателем  $n_2$  здесь присутствует вторая оболочка-оплетка. Оплетка осуществляет предохранение и защиту волокна и служит поглотителем света, падающего извне ВОЛС. Оплетка обладает правильно выбранными коэффициентами преломления и поглощения. Она может препятствовать перекрестной связи с другими волокнами в связке. Оплетка может также подавлять паразитную интерференцию со

световыми лучами, выходящими из сердцевины волокна без отражения от внешней границы оболочки, они поглощаются оплеткой. На рисунке 1 показаны световые потоки, которые порождаются точечным источником, находящимся на оси волокна. Луч, падающий в сердцевину кабеля, является меридиональным. Такой меридиональный луч, падающий из свободного пространства с показателем преломления  $n = 1$  под углом  $\theta_0$  к оси, преломляется при вхождении в сердцевину и распространяется в ней под углом  $\theta$ . Из закона Снеллиуса, учтенного в уравнении Эйконала:

$$\sin\theta_0 = (n_2/n_0)\sin\theta = n_2\sin\theta.$$

До тех пор, пока угол  $\theta$  остается меньше предельного угла  $\theta_{0c}$  полного внутреннего отражения от границы сердцевина – оболочка, определяемого соотношением

$$\cos\theta_{0c} = n_2/n_1,$$

сердцевина волокна будет удерживать этот луч. Следовательно, меридиональные лучи, которые падают на переднюю поверхность волоконной сердцевины под углом  $\theta_{0c}$  и более могут служить основой для применения в технических средствах осуществляющих НСД к ОВ.

#### Литература

1. Utex [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [www.utex-telecom.ru>analytics/engineering-fiber-optic](http://www.utex-telecom.ru>analytics/engineering-fiber-optic).
2. Воздушный кодекс Российской Федерации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [www.consultant.ru/popular/air/](http://www.consultant.ru/popular/air/).

УДК 621.38

### АНАЛИЗ ЭФФЕКТОВ НАКОПЛЕНИЯ ЗАРЯДА В ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОМ МАТЕРИАЛЕ В ПРОЦЕССЕ ВНЕШНЕГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

Микитевич В.А., Борбат М.С., Пантелеев К.В., Воробей Р.И., Жарин А.Л.

*Белорусский национальный технический университет  
Минск, Республика Беларусь*

**Аннотация.** В работе рассмотрены некоторые эффекты накопления заряда в диэлектрическом материале в процессе внешнего воздействия. Приводятся результаты и обсуждение экспериментальных исследований особенностей распределения поверхностного электростатического потенциала образца волокнисто-пористого политетрафторэтилена, полученного методом лазерной абляции.

**Ключевые слова:** поверхность, поверхностный электростатический заряд, зарядочувствительный зонд.

### ANALYSIS OF THE EFFECTS OF CHARGE ACCUMULATION IN DIELECTRIC MATERIAL DURING EXTERNAL INFLUENCE

Mikitsevich V., Borbat M., Pantsialeu K., Vorobey R., Zharin A.

*Belarusian National Technical University  
Minsk, Republic of Belarus*

**Abstract.** The paper reviews some of the effects of charge accumulation in a dielectric material during external influences. The results and discussion of experimental studies of the distribution features of the surface electrostatic potential of a sample of fibrous porous polytetrafluoroethylene obtained by laser ablation are presented.

**Key words:** surface, surface electrostatic charge, charge-sensitive probe.

*Адрес для переписки: Пантелеев К.В., пр. Независимости, 65, г. Минск, 220113, Республика Беларусь  
e-mail: k.pantsialeu@bntu.by*

**Введение.** В последние два десятилетия наблюдается высокий интерес к изучению электростатики твердых диэлектриков, что подтверждается значительным ростом доли публикаций в

данной области. Получение новых знаний о электрофизических и, в частности, о электростатических свойствах материалов стало возможным благодаря появлению новых экспериментальных