



## МОДЕЛЬ УГРОЗ КОНФИДЕНЦИАЛЬНОСТИ РЕЧЕВОЙ ИНФОРМАЦИИ В СОВРЕМЕННОМ ОФИСЕ НА ОСНОВЕ КОНВЕРГЕНЦИИ ФУНКЦИЙ ОПТИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

В.В.Гришачев, к.ф.-м.н.,  
Институт информационных наук и технологий  
безопасности Российского государственного гума-  
нитарного университета, Москва

Представлены результаты исследования возможностей волоконно-оптического канала утечки акустической (речевой) информации, образуемого паразитными акустическими модуляциями и наводками на световые потоки в волоконно-оптических коммуникациях современного офиса. Проведенный теоретический анализ, подкрепленный практическими демонстрациями, показывает высокую степень угрозы конфиденциальности речевой информации, циркулирующей на современных объектах информатизации с волоконно-оптическими технологиями, таких как офис банка, компании и др. Особенности реализации и функционирования угрозы создают сложно обнаруживаемый и трудно нейтрализуемый современными техническими системами защиты информации канал утечки речевой информации.

Эффективное безопасное функционирование современного объекта информатизации невозможно без построения модели угроз информационной безопасности, полнота которой должна непрерывно контролироваться с учетом появления новых технических каналов утечки информации (ТКУИ), развитием технических средств разведки (ТСР), общим прогрессом техники передачи, обработки и хранения информации. Важным элементом такой модели являются угрозы конфиденциальности переговоров, проводимых в выделенных помещениях, из-за возможности утечки их содержания по техническим каналам [1]. Задача данного исследования оценить угрозу конфиденциальности речевой информации при использовании волоконно-оптического канала

## THREAT MODEL OF THE SPEECH INFORMATION CONFIDENTIALITY IN MODERN OFFICE BASED ON CONVERGENCE OF FUNCTIONS OF OPTICAL NETWORKS

V.V.Grishachev, Candidate of Physical and Mathematic  
Sciences, Institute for Information Sciences  
and Security Technologies, Russian State University  
of the Humanities, Moscow

The paper presents research of capabilities of fiber optic channel of acoustic (speech) information leakage formed by spurious acoustic modulation and crosstalk on the light streams in fiber-optic communication in modern office. Carried out theoretical analysis supported by practical demonstrations reveals a high degree of threat to the speech information confidentiality circulating at the modern facility of informatization such as the office of bank, company, etc. Features of implementation and operation of threats create the speech information leakage channel, which is difficult to detect or to neutralize by means of modern technical information protection systems.

Effective safe functioning of modern object of informatization is impossible without creation of threat model of information security which completeness has to be controlled continuously taking into account the emergence of new technical channels of information leakage (TCIL), development of technical means of investigation (TMI), general progress of technology of transfer, processing and storage of information. The important element of threat model is the threats of confidentiality of negotiation in the allocated rooms by means of leakage via technical channels [1]. The problem of this paper is to estimate threat of confidentiality of speech information when using fiber optic channel of speech information leakage [2,3] the hazard of which is not properly discussed in modern models and to propose technical solutions for creating technical systems of information security (TSIS).

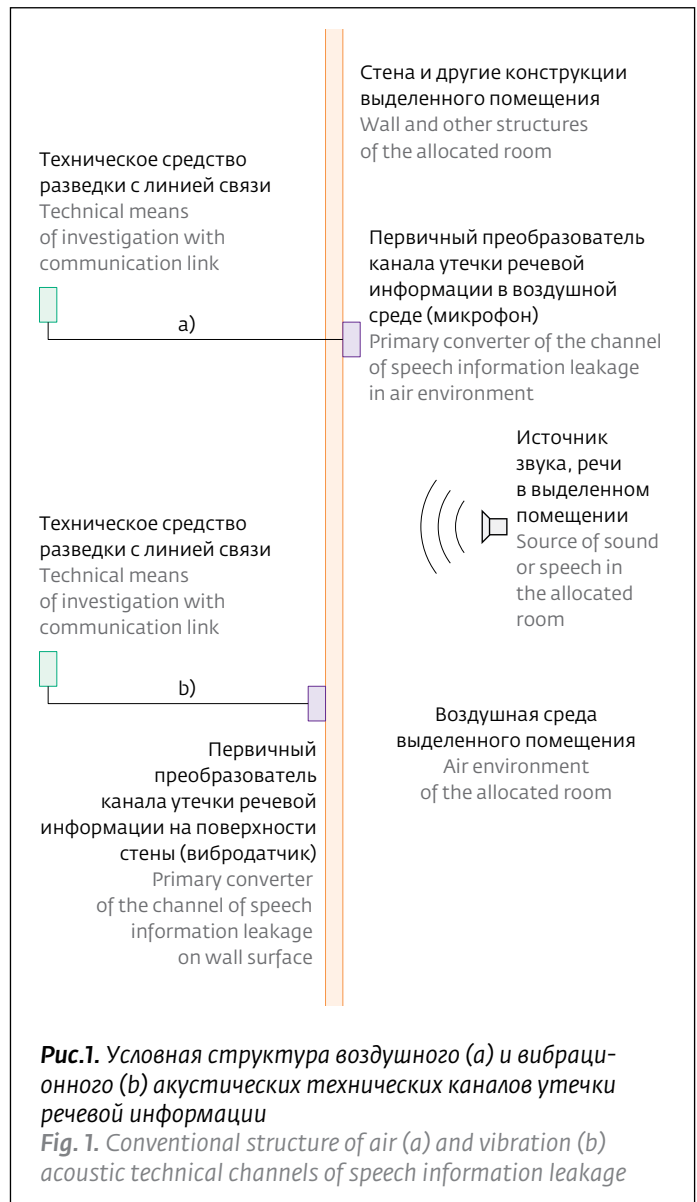
утечки речевой информации [2,3]. Опасность такой угрозы в современных моделях должным образом не обсуждается, поэтому следует предложить решения по созданию технических систем защиты информации (ТСЗИ).

## 1. ВОЗДУШНЫЙ И ВИБРАЦИОННЫЙ АКУСТИЧЕСКИЙ КАНАЛ УТЕЧКИ РЕЧЕВОЙ ИНФОРМАЦИИ

Эффективность функционирования технических каналов утечки речевой информации во многом определяется физикой процессов генерации, распространения и преобразования звуковых волн. Речевой сигнал изначально является упругой волной речевого диапазона частот в воздухе (звуковая волна), которая распространяясь, достигает конструкций здания и преобразуется в упругие волны в твердых телах (структурный звук). Условия распространения упругих волн в воздухе и в твердом теле существенно различаются по типу волн, скорости, поглощению, рассеянию. Существенные различия между звуковой волной и структурным звуком при распространении и регистрации позволяют выделить два способа формирования технического канала утечки акустической (речевой) информации (рис.1): воздушный акустический и вибрационный акустический.

Каждый канал имеет свои физические особенности функционирования [4]. В частности, различия по распространению звуковых волн [5] состоят в следующем:

- звуковая волна в воздухе – это объемная упругая продольная волна в ограниченном пространстве (комната) или в воздушном волноводе (воздуховод кондиционирования);
- структурный звук [6] – это волны Лэмба, т.е. нормальные симметричные и асимметричные упругие волны в тонких пластинах (стены здания), а также упругие волны в стрелках (арматуры стен, трубы водоснабжения и отопления). Значительно различаются способы регистрации упругих волн в разных средах [6, 7]:
- для регистрации звуковых волн используются микрофоны с преобразованием механических колебаний мембраны под действием звуковых колебаний воздуха в электрические колебания на основе индукционных, пьезоэлектрических, акустооптических и других эффектов;
- для регистрации структурного звука используются датчики вибраций поверхности конструкций здания, функционирующие на тех же физических эффектах, но имеющие свои отличия по конструкции;



## 1. AIR AND VIBRATION ACOUSTIC CHANNEL OF SPEECH INFORMATION LEAKAGE

Efficiency of functioning of speech information leakage via technical channels in many respects is defined by physics of processes of generation, propagation and transformation of sound waves. The speech signal is initially an elastic wave of speech frequency band in air (sound wave) which by propagating and reaching the structures of the building will be transformed into elastic waves in solid bodies (structural sound). Propagation conditions of elastic waves in air and solid body significantly differ by wave types, speed, absorption, dispersion. Essential distinctions between the sound wave and structural sound when propagating and registering allow us to distinguish two ways of forming of technical leakage channel of acoustic



- в речевых технических каналах утечки информации также используются паразитные акустические модуляции и наводки для преобразования и регистрации речевого сигнала техническими средствами разведки.

Существенные различия физических принципов функционирования воздушного и вибрационного ТКУИ требуют и различных методов и техники защиты речевой информации. Если для нейтрализации воздушного акустического канала утечки необходимо контролировать ход потоков воздуха в защищаемом помещении, то нейтрализация вибрационного акустического канала требует контроля прохождения по конструкции здания структурного звука, что значительно сложнее. Использование активных систем защиты в виде излучателей шума проще использовать для первого канала утечки, чем для второго, так как возможные потоки воздуха определяют местоположение устройств защиты, что для структурного звука трудно определимо. Исходя из общих физических представлений о распространении звука, можно утверждать, что более высокий уровень угрозы представляет собой вибрационно-акустический канал утечки, чем воздушно-акустический.

## 2. ОСОБЕННОСТЬ МОДЕЛИ УГРОЗ КОНФИДЕНЦИАЛЬНОСТИ РЕЧЕВОЙ ИНФОРМАЦИИ В СОВРЕМЕННОМ ОФИСЕ

Современный офис крупной компании, банка или государственного учреждения, как правило, представляет отдельно стоящее высотное здание с периметром контролируемой зоны вблизи других общедоступных зданий. Основные архитектурно-конструктивные несущие (фундаменты, стены, каркасы, перекрытия и покрытия) и ограждающие (наружные и внутренние стены, полы, перегородки, заполнения оконных и дверных проемов) элементы зданий выполнены из железобетона, кирпича, металлоконструкций. Современное офисное здание является объектом информатизации с развитой инфраструктурой для ведения интенсивной работы с конфиденциальной информацией с помощью технических средств, в котором существуют выделенные помещения для проведения конфиденциальных переговоров, а также помещения с ограниченным допуском сотрудников, где также может циркулировать подлежащая защите речевая информация [1].

Наиболее опасным речевым ТКУИ для защищаемого помещения является вибрационно-акустический канал (рис.2), основанный на структурном звуке, формируемом в стенах здания. Если выделен-

(speech) information (Fig. 1): air acoustic and vibration acoustic.

Each channel has its physical features of functioning [4]. In particular, the propagation distinctions [5] are as follows:

- the sound wave in air is an elastic longitudinal wave in the limited space (room) or in air wave guide (conditioning air duct);
- structural sound is [6] Lamb waves, i.e. normal symmetric and asymmetric elastic waves in thin plates (building walls), as well as elastic waves in bars (fittings of walls, pipes of water supply and heating).

The ways of registration of elastic waves in different environments [6,7] differ significantly:

- microphones with transformation of mechanical oscillations of membrane influenced by sound vibrations of air into electric oscillations based on induction, piezoelectric, optical-acoustic and other effects are used for registration of sound waves;
- sensors of vibrations of surface of building structures which are functioning based on the same physical effects, but having distinctions in design are used for registration of structural sound;
- also in technical channels of speech information leakage spurious acoustic modulations and crosstalk are used for transformation and registration of speech signal by technical means of investigation.

The essential distinctions of the physical principles of functioning of air and vibration TCIL result in considerable distinctions in methods and technology of speech information protection. If it is required to control the course of air streams in the protected room for neutralization of the air acoustic leakage channel, it is required to control passing of structural sound over building structures for vibration acoustic, which is much more difficult. It is simpler to use active systems of protection in the form of radiators of noise for the first leakage channel, than for the second one, since possible air streams will define location of protection devices, which is difficult to be defined for structural sound. Judging from the general physical concepts of sound propagation, it is possible to claim higher level of threat from vibration and acoustic leakage channel in comparison with air and acoustic one.

## 2. FEATURE OF THREAT MODEL OF CONFIDENTIALITY OF SPEECH INFORMATION IN MODERN OFFICE

The modern office of a large company, a bank or a state institution, as a rule, represents a detached high-rise building with perimeter of a controlled zone near other public buildings. The main architectural and



ное помещение можно полностью закрыть от свободного прохождения воздуха, перекрывая тем самым воздушный канал утечки, то предотвратить формирование информативного сигнала в виде структурного звука очень трудно. В самом деле, при проведении переговоров звуковые волны будут распространяться в ограниченном пространстве выделенного помещения до тех пор пока не поглотятся стенами и интерьером комнаты. Время реверберации  $RT_{60}$ , в течение которого мощность звуковой волны уменьшается на шесть порядков, т.е. звук практически полностью исчезает, является важной характеристикой помещения, влияющей на комфортабельное ведение переговоров [1, 7]. Величина  $RT_{60}$  может превышать секунду и быть намного продолжительнее инерционности слуха человека, т.е. способности сводить разнесенные по времени звуки в единое звуковое восприятие, которое превышает 50 мс. За время реверберации звук может проходить расстояние более 350 м в воздухе и более 3500 м в материале стен здания без существенного изменения качества восприятия речи.

Энергия звуковой волны при распространении как в воздухе, так и в твердых телах слабо поглощается [7, 8]. По порядку величины коэффициент поглощения в однородных средах составляет такое значение, при котором интенсивность звука на некоторых частотах падает в три раза на расстояниях в сотни километров, поэтому преобразованием энергии звуковой волны в тепло можно пренебречь. Основным механизмом ослабления звука можно считать расхождение и рассеяние, которые не эффективны для звука в ограниченном пространстве и в волноводах. В выделенном помещении пока звук из воздушной среды полностью не перейдет в структурный звук в стенах, он будет слышен с эффектом реверберации, а затем в виде эха. В архитектурной акустике снижение  $RT_{60}$  достигается путем повышения звукопоглощения стен комнаты, которое по большей части переводит звук из воздуха в конструкции здания, т.е. в структурный звук (шум). При распространении звука в воздухе, при взаимодействии со стенами и интерьером помещения, часть энергии звуковой волны переходит в тепло, и эту часть нельзя считать значительной в помещениях без специального звукопоглотителя, как в реверберационных комнатах, студиях звукозаписи и т.д.

Со структурным звуком при его распространении происходит рассеяние на неоднородностях стен, конструктивных элементах здания, но при этом волна сохраняет свою полную энергию, увеличивая время реверберации. Если учесть время

constructive supporting elements (foundations, walls, frameworks, overlapping and roofing) and protecting elements (external and internal walls, floors, partitions, filling of windows and doorways) of buildings are made of reinforced concrete, brick, and metalwork. Modern office building is an object of informatization with the developed infrastructure for intensive operation with confidential information using technical means with the rooms allocated for carrying out confidential negotiations, as well as the rooms with the controlled access of the employees where the speech information subject to protection can also circulate [1].

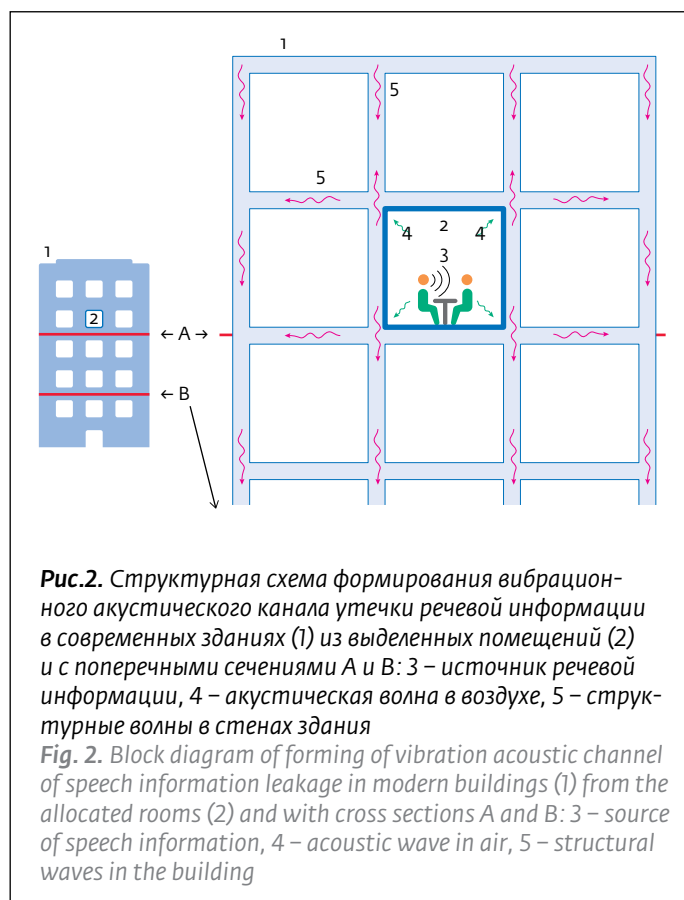
The most dangerous speech TCIL for the protected room is vibration and acoustic channel of speech information leakage (Fig. 2) based on structural sound created in the building. If the allocated room can be isolated completely from free passing of air, thereby excluding the air leakage channel, it will be very difficult to prevent forming of informative signal in the form of structural sound. Indeed, when carrying out negotiations, sound waves propagate in the limited space of the allocated room until they are absorbed by walls and interior of the room. Reverberation time  $RT_{60}$  during which the power of sound wave decreases by six orders, i.e. sound almost completely disappears, is the important characteristic of the room influencing comfortable negotiating [1, 7].  $RT_{60}$  value can exceed second and can exceed inertance of hearing of the person in duration, i.e. the ability to reduce the sounds carried on time into uniform sound perception which exceeds 50 ms. During reverberation time, the sound can pass distance of over 350 m in air and over 3500 m in the material of the building walls without essential change of quality of speech perception.

Energy of sound wave at propagation both in air and in solid bodies is poorly absorbed [7,8]. By order of magnitude, the absorption coefficient in homogeneous environments makes such a value where the sound-energy flux density at some frequencies falls three times at distances of hundreds kilometers, therefore transformation of sound wave energy into heat can be neglected. The main mechanism of sound weakening can be considered as divergence and dispersion not effective for sound in the limited space and in the wave guides. Until the sound from air environment completely pass into structural sound in the walls of the allocated room, it will be audible with the reverberation effect, and then in the form of echo. In architectural acoustics, decrease in  $RT_{60}$  is reached by increase of sound absorption of the walls of the room which simply transfers sound from air into building structures, i.e. into structural sound (noise). When the sound propagates in air, when interacting with walls and



задержки ( $RT60 \approx 1$  с) между рассеянными частями волны, то проходимые расстояния должны составить более 3 км, что на порядки превосходит размеры всего здания. Структурный звук заполняет все пространство конструкций здания, и его интенсивность сохраняется неизменной во всех горизонтальных сечениях стен здания с постоянной толщиной несущих элементов (см. рис.2). Основные потери энергии структурного звука могут происходить при излучении внешними поверхностями здания в окружающее воздушное пространство, которыми можно пренебречь для современных офисных зданий с теплоизоляцией внешних поверхностей, или через фундамент здания в окружающую земную среду – грунт. Таким образом, структурные волны могут потерять основную часть своей энергии при их распространении в фундаменте здания вследствие расхождения упругой волны в земляной среде. При этом остается возможность регистрации этих волн в грунте вблизи здания.

Произведем оценку интенсивности информативного сигнала в виде структурного звука в стенах на уровне вплоть до фундамента современного офисного здания высотой  $H$ , общей этажной площадью (площадь застройки здания)  $S$  и поперечной площадью сечения стен  $\eta$  от общей площади этажа, т.е. площадью  $\eta S$ . При проведении переговоров в выделенном помещении уровень звукового давления  $L_0$  на расстоянии  $R=1$  м от переговорщиков имеет величину порядка 60 дБ при спокойном разговоре. Данному уровню громкости соответствует интенсивность звуковой волны  $I=10^6 \cdot I_0=1$  (мкВт/м<sup>2</sup>), где  $I_0$  – порог слышимости, и общая мощность источника звука  $P=4\pi R^2 I=4\pi$  (мкВт). Из общей мощности звука в воздухе в мощность структурного звука переходит только некоторая часть  $k$  примем ее равной приблизительно  $1/\pi$ , остальное преобразуется в тепло. Существующая оценка для стандартных железобетонных стен в 32% занижена, но для стен со специальными покрытиями несколько завышена. Оценим этажную площадь здания  $S=l^2/16=10^4$  (м<sup>2</sup>), а площадь сечения стен офисного здания как  $\eta S=4ld=400$  (м<sup>2</sup>), где  $l \approx 400$  м – периметр здания,  $d \approx 0,25$  м – толщина стен, т.е. примем  $\eta=4\%$ . При высоте здания  $H < 100$  м потерями энергии звука можно пренебречь, тогда средняя интенсивность структурных волн в стенах здания вплоть до фундамента составит  $(kP/\eta S)=10^4 \cdot I_0=0,01$  мкВт/м<sup>2</sup>. Данное значение интенсивности структурных волн соответствует уровню звукового давления в воздухе  $L=L_0+\Delta L \approx 40$  дБ, где ослабление составит  $\Delta L=L-L_0=10 \approx \lg(kP/\eta SI) \approx -20$  дБ. Таким образом, уровень громкости соответствует уровню для слу-



**Рис.2.** Структурная схема формирования вибрационного акустического канала утечки речевой информации в современных зданиях (1) из выделенных помещений (2) и с поперечными сечениями А и В: 3 – источник речевой информации, 4 – акустическая волна в воздухе, 5 – структурные волны в стенах здания

**Fig. 2.** Block diagram of forming of vibration acoustic channel of speech information leakage in modern buildings (1) from the allocated rooms (2) and with cross sections A and B: 3 – source of speech information, 4 – acoustic wave in air, 5 – structural waves in the building

interior of the room, the part of energy of sound wave converts into heat, and this part cannot be considered significant in the rooms without special sound absorber, as in reverberation rooms, recording studios, etc.

The structural sound when propagating is scattered on non-uniformities of walls, constructive elements of the building, however the wave keeps its total energy, increasing reverberation time. If you consider delay time ( $RT60 \approx 1$  sec) between scattered parts of the wave, then passable distances should make over 3 km that significantly exceeds the sizes of the whole building. The structural sound fills all space of the building structures and its intensity remains invariable in all horizontal sections of walls of the building with the constant thickness of the supporting elements (Fig. 2). The main losses of energy of structural sound occur when external surfaces of the building radiate in surrounding air space which can be neglected for modern office buildings with heat insulation of external surfaces or through the building base in surrounding earth's environment, i.e. soil. Thus, structural waves can lose the main part of the energy when propagating into the building foundation, owing to divergence of elastic wave in the earth environment, while



2017

XXI МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА

WWW.INTERPOLITEX.RU

# INTERPOLITEX



## СРЕДСТВА ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ГОСУДАРСТВА



ВЫСТАВКА  
ПОЛИЦЕЙСКОЙ  
ТЕХНИКИ



ВЫСТАВКА  
«РОСГВАРДИЯ»



ВЫСТАВКА  
«ГРАНИЦА»



ВОЗМОЖНОСТИ  
ПРОМЫШЛЕННОГО  
СЕКТОРА УИС



ФОРУМ НСБ  
«БЕЗОПАСНАЯ  
СТОЛИЦА»

ОРИГАНИЗАТОРЫ

ОРИГАНИЗАТОР  
ВЫСТАВКИ «ГРАНИЦА»

ЭКСПОНЕНТ-КООРДИНАТОР  
ОТ МВД РОССИИ

ГЕНЕРАЛЬНЫЙ  
УСТРОИТЕЛЬ



МВД России



ФСБ России



ФСВТС России



ПС ФСБ России



ФКУ «НПО «СТИС»  
МВД России



ЗАО «ОВК «БИЗОН»



Выставка одобрена  
Всемирной ассоциацией  
выставочной индустрии



Выставка прошла аудит  
Российского Союза  
выставок и ярмарок



Выставка одобрена  
Российским Союзом  
выставок и ярмарок

Дирекция выставки:  
129223, Москва, а/я 10 ЗАО «ОВК «БИЗОН»

Телефон/факс: 8 (495) 937-40-81

E-mail: [info@interpolitex.ru](mailto:info@interpolitex.ru)

[www.b95.ru](http://www.b95.ru) [www.interpolitex.ru](http://www.interpolitex.ru)





шателя на расстоянии 10 м от переговорщиков в свободном пространстве, что соответствует прямому подслушиванию нарушителем у полностью звукопоглощающей стенки выделенного помещения.

Представленные оценки относятся к случаю конструкции здания с однородными по структуре стенами. Конечно, неоднородности конструкции, такие как хозяйственные коммуникации, лестничные пролеты, лифтовые шахты, монолитные несущие каркасы и т.д., создают условия для перераспределения энергии структурных волн и появления особо опасных участков здания, позволяющих формировать вибрационно-акустические каналы утечки.

Построенная модель угрозы безопасности речевой информации в современных технических системах защиты информации решается путем установки вибрационно-акустических излучателей шума вблизи выделенного помещения. Подобная система защиты может эффективно нейтрализовать любой вибрационно-акустический речевой ТКUI при простейших схемах реализации угрозы, но она не эффективна при использовании более сложных схем "подслушивания" с современными системами выделения информативного сигнала.

### 3. РОЛЬ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКОГО КАНАЛА УТЕЧКИ АКУСТИЧЕСКОЙ (РЕЧЕВОЙ) ИНФОРМАЦИИ

Существование информативного структурного звука, распространяющегося по конструкции здания совместно со структурным шумом, в принципе позволяет реализовать сложную схему несанкционированного доступа к речевой информации, циркулирующей в выделенном помещении, путем фильтрации шума. Предлагаемая модель угрозы такого доступа строится на основе волоконно-оптического канала утечки речевой информации, суть которого заключается в конвергенции функций в информационных и измерительных оптических сетях объекта [2, 3, 9].

Наличие оптических сетей различного назначения в современном офисе является объективной необходимостью, эффективно реализующей кроме основной функции передачи информации различного вида также и функцию измерения физических полей. В частности, оптическое волокно используется в телекоммуникационных и локальных системах связи; применяется в волоконно-оптических удлинительных различных интерфейсов; в соединении отдельных элементов разветвленных систем управления и контроля – таких как системы видеонаблюдения. С другой стороны, оптическое

retaining the possibility for their registration in the soil near the building.

Let's assess the intensity of informative signal in the form of structural sound in the walls at the level up to the foundation of modern office building with a height of  $H$  and the total floor area (building footprint area)  $S$  and cross-sectional area of the walls  $\eta$  from the total floor area, i.e. the area of  $\eta S$ . When negotiating in the allocated room, the sound pressure level  $L_0$  at a distance of  $R=1$  m from the negotiators is about 60 dB, quiet conversation. This loudness level corresponds to intensity of the sound wave  $I=10^6 \cdot I_0=1$  microwatt/ $m^2$ , where  $I_0$  is audibility threshold, and total power of sound source is  $P=4\pi R^2 I=4\pi$  microwatt. Only some part  $k$  passes into the power of structural sound from the total power of sound in air, let's assume it equal to approximately  $1/\pi$ , the rest will be converted to heat. The value of 32% is slightly underestimated for standard steel concrete walls, but is slightly overestimated for the walls with special coverings. Let's evaluate the floor area of the building  $S=l^2/16=10^4$   $m^2$ , and cross-sectional area of the walls of office building is  $\eta S=4ld=400$   $m^2$  where  $l \approx 400$  m is a perimeter of the building,  $d \approx 0,25$  m is a thickness of walls, i.e. we assume  $\eta=4\%$ . With height of the building  $H < 100$  m, losses of sound energy can be neglected, then average intensity of structural waves in the building up to the foundation will make  $(kP/\eta S)=10^4 \cdot I_0=0,01$  microwatt/ $m^2$ . This value of intensity of structural waves corresponds to sound pressure level in air equal to  $L=L_0+\Delta L \approx 40$  dB where attenuation will make  $\Delta L=L-L_0=10 \approx \lg(kP/\eta SI) \approx -20$  dB. Thus, the loudness level corresponds to level for a listener at a distance of 10 m from the negotiators in free space that corresponds to direct interception by the violator near completely sound-absorbing wall of the allocated room.

The provided estimates concern the building structure with structurally homogeneous walls; but of course, heterogeneities of the structure, such as utility communications, stair cases, lift shafts, monolithic supporting frameworks, etc., create conditions for re-propagation of energy of structural waves and emergence of especially dangerous sites of the building for creation of the vibration and acoustic leakage channel.

The constructed threat model for security of speech information in modern technical systems of information security is solved by installation of vibration and acoustic radiators of noise near the allocated room. The similar protection system can effectively neutralize any vibration and acoustic speech of TCIL at the simplest schemes of implementation of threat, but it is not effective when using more complex



волокно является базой для построения измерительных систем физических полей объекта, к которым можно отнести волоконно-оптические системы охраны периметра и систем охранно-пожарной сигнализации. Все это приводит к широкому распространению волоконно-оптических технологий на объекте информатизации, причем для передачи и измерения может быть использовано волокно одного и того же типа, что приводит к возможности использования любого оптического кабеля как распределенной измерительной системы акустических полей, так и для передачи информации.

Размещение оптического кабеля в современном офисе производится по технологии структурированных кабельных систем (СКС), когда кабельные каналы для информационного и силового кабеля проходят по всему зданию, охватывая и соединяя между собой все его части. Предоставление информационных услуг для пользователей внутри объекта и для связи с внешними пользователями осуществляется по технологии пассивных оптических сетей (PON), в которых физически реализована технология связи без промежуточных активных элементов, т.е. когда свет от одного пользователя до другого проходит напрямую без преобразования. Дальность такой прямой связи зависит от используемого стандарта сети и доходит до 60 км (для технологии GPON) и более.

Оптическое волокно и кабель штатных оптических сетей полностью охватывают весь объект информатизации и выходят за пределы контролируемой зоны. Оптический кабель может быть проложен и вблизи объекта. Данная оптическая кабельная система, по отдельности выполняя различные штатные функции, может быть использована как стационарная распределенная волоконно-оптическая фазированная пространственная решетка акустических приемников (микрофонов/вибродатчиков), роль которых выполняют оптические неоднородности, случайно распределенные по кабельной системе [10, 11]. Таким образом, в пространстве офисного здания вокруг источника звука имеем распределенную структуру акустических волоконно-оптических датчиков (рис.3), образующих 3D-решетку вибродатчиков, которую нарушитель может использовать для формирования речевого ТКУИ.

Эффективность функционирования построенного на данных физических принципах технического канала утечки речевой информации зависит от многих условий: от числа используемых волокон и их разветвленности; от близости к выделенному помещению; от неоднородностей оптического

"interception" schemes with modern systems of isolation of informative signal.

### 3. ROLE OF FIBER OPTIC CHANNEL OF ACOUSTIC (SPEECH) INFORMATION LEAKAGE

The existence of informative structural sound propagating in the building structure jointly with structural noise in principle allows anyone to implement a complex scheme of threat for unauthorized access to the speech information circulating in the allocated room by noise filtering. The suggested threat model is based on the fiber optic channel of speech information leakage which consists in convergence of functions in information and measurement optical networks of the object [2,3,9].

Availability of optical networks of different designation in modern office is an objective need, which in addition to effective implementation of its main function of different information transfer, also allows for measurement of physical fields. In particular, optical fiber is used in telecommunication and local communication systems; it is applied in fiber optic extenders of different interfaces; in connection of separate elements of branched control and monitoring systems such as video surveillance systems. On the other hand, optical fiber is a base for creation of measuring systems of physical fields of the object which can also include fiber optic systems of perimeter security, systems of security and fire alarms. All this leads to wide utilization of fiber optic technologies in the object of informatization, while the fiber of same type can be used for transfer and measurement, resulting in the possibility to use any optical cable both for distributed measuring system of acoustic fields, and for information transfer.

Placement of optical cable in modern office is made according to Structured Cable Systems (SCS) technology where cable channels for information and power cable pass across the whole building covering and connecting all its parts. Provision of information services for users within the object and for communication with external users is carried out using the technology of passive optical networks (PON) where the technology of communication without intermediate active elements is implemented physically, i.e. when light from one user to another passes directly without transformation. Range of such direct link depends on the used standard of network, and reaches over 60 km (for GPON technology).

Optical fiber and cable of regular optical networks completely cover all object of informatization, go beyond the controlled zone, and alternatively the optical cable can be laid near the object. This optical cable system,

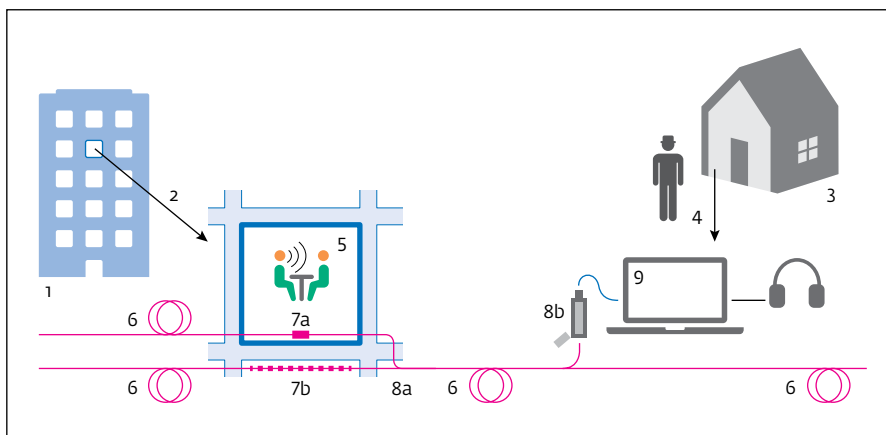


кабеля; от точности настройки фазированной пространственной структуры и т.д. Отметим возможность описанного ТКUI обойти системы активной защиты выделенного помещения путем фильтрации принимаемого сигнала по фазе. Такая фильтрация может быть эффективна вследствие разнесённости в пространстве источника речевого сигнала и устройства виброакустического шума, которые будут иметь различные фазы при регистрации в 3D-решетке акустических приемников. Еще одна опасность связана с невозможностью обнаружить функционирующий канал и нейтрализовать его известными техническими системами защиты.

#### 4. ДЕМОНСТРАЦИЯ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКОГО КАНАЛА УТЕЧКИ АКУСТИЧЕСКОЙ (РЕЧЕВОЙ) ИНФОРМАЦИИ

Возможность построения речевого ТКUI на основе фазированной пространственной структуры (3D-решетки) распределенных волоконно-оптических акустических преобразователей была продемонстрирована на экспериментальном стенде путем сравнения воздушного акустического и вибрационного акустического методов формирования паразитных модуляций света в оптическом соединении с помощью адаптера типа LC-LC двух оконцованных волокон.

Моделирование оптической сети осуществлялось с помощью настенного кросса ШКОН-8, в котором размещалось оптическое соединение моделирующее реальные оптические сети с пассивными элементами (рис.4). Вблизи оптического кросса размещались компьютерные динамики, моделирующие воздушный акустический канал утечки. Для формирования структурных волн в стене использовался бытовой вибродинамик КИТ МТ6030 (Goodfon) с диапазоном воспроизводимых частот от 150 Гц до 18 кГц, отношением сигнал-шум не менее 60 дБ, полным гармоническим искажением менее 0,5%, выходной мощностью порядка



**Рис.3.** Формирование волоконно-оптического канала утечки речевой информации на основе паразитных воздушных и вибрационных акустических модуляций светового потока в оптических кабельных системах для современного учреждения (1) с выделенным помещением (2) со зданием (3) вблизи волоконно-оптических коммуникаций с нарушителем (4): 5 – источник речевой информации, 6 – волоконно-оптические коммуникации, 7 – оптические неоднородности кабельной системы при воздушном (а) и вибрационном (b) формировании паразитных модуляций света, 8 – оптический разветвитель штатный (а) и нештатный (b), 9 – технические средства разведки нарушителя

**Fig. 3.** Forming of the fiber optic channel of speech information leakage based on spurious air and vibration acoustic modulations of light streams in optical cable systems for modern institution (1) with the allocated room (2) with the building (3) near fiber optic communications with the violator (4): 5 – source of speech information, 6 – fiber optic communications, 7 – optical heterogeneities of cable system during air (a) and vibration (b) forming of spurious modulations of light, 8 – optical splitter, regular (a) and emergency (b), 9 – technical means of investigation of a violator

separately carrying out different regular functions, can be used as the stationary distributed phased space fiber optic grid of acoustic receivers (microphones/vibration sensors) replaced by optical heterogeneities randomly distributed across the cable system [10,11]. Thus, we have a distributed structure of acoustic fiber optic sensors in the space of office building around the source of sound (Fig. 3) forming 3D-grid of vibration sensors which the violator can use for forming of speech TCIL.

The efficiency of functioning of the technical channel of speech information leakage built on these physical principles depends on many conditions: from number of the used fibers and their branching; from proximity to the allocated room; from non-uniformities of optical cable; from the precision of setup of the phased space structure, etc. One should note the capability of the described TCIL to bypass systems of active protection of the allocated room by filtering received signal by phase. Such filtering can be effective owing to diversity in space of speech signal source and arrangement of vibroacoustic noise which will have different phases when registering in 3D-grid of acoustic receivers. One



3 Вт, габаритами 80,7 мм (диаметр) на 44 мм (высота), который монтировался на стене толщиной порядка 400 мм в соседней комнате с противоположной стороны от оптического кросса. При этом уровень звукового давления, создаваемый в комнате с вибродинамиками, не превышал 40 дБ. Оптическая схема зондирования строилась на прохождении лазерного излучения через оптическое соединение волокон. В качестве технических средств разведки выступал непрерывный He-Ne-лазер с волоконно-оптическим выходом мощностью менее 0,5 мВт на длине волны излучения 632,85 мкм. Лазерное излучение вводилось в оптический кабель длиной около 2 м соединенный через адаптер LC-LC с другим таким же кабелем, на конце которого размещался фотоприемник ФД-21КП подключенный в фотовольтаическом режиме к селективному нановольтметру UNIPAN-233. Нановольтметр выполнял роль измерителя и усилителя, сигнал с которого поступал на наушники для артикуляционного контроля эффективности речевого канала утечки по степени словесной разборчивости.

Проведенные исследования показали существование паразитной акустической модуляции световых потоков как при прямом воздействии звуковой волны через воздух, так и при возбуждении структурного звука. Разборчивость составляла порядка 100%, начиная с минимальных уровней звука как воздушного, так и вибрационного возбуждения. Причем даже незначительное повышение уровня громкости при воздушном воздействии выводило систему регистрации в состояние насыщения с высоким уровнем шума. В целом чувствительность системы такова, что легко прослушивались шаги и речь, произносимая в коридоре за закрытыми дверями, хотя речь оставалась неразборчивой.

Таким образом, экспериментальные исследования волоконно-оптического канала утечки речевой информации подтвердили качественный анализ возможности увеличения дальности функциони-

more danger is connected with impossibility to detect the functioning channel and to neutralize it using known technical protection systems.

#### 4. DEMONSTRATION OF CAPABILITIES OF FIBER OPTIC CHANNEL OF ACOUSTIC (SPEECH) INFORMATION LEAKAGE

Capability of creation of speech TCIL based on the phased space structure (3D-grids) of distributed fiber optic acoustic converters has been shown at the experimental stand by comparison of air acoustic and vibration acoustic methods of forming of spurious modulations of light in optical connection with the help of LC-LC adapter of two terminated fibers.

Modeling of optical network was carried out by means of wall distribution frame ShKON-8 where the optical connection modeling real optical networks with passive elements (Fig. 4) was placed. Computer loudspeakers modeling the air acoustic leakage channel were placed near optical distribution frame. Household vibroloudspeaker KIT MT6030 (Goodfon) with range of reproduced frequencies from 150 Hz to 18 kHz, signal/noise ratio at least 60db, total harmonic distortion at least 0.5%, with an output power about 3 W, dimensions 80.7 mm (diameter) by 44 mm (height) which was mounted on the wall about 400 mm thick in the neighboring room opposite to optical distribution frame was used to form structural waves. Thus, the sound pressure level created in the room with vibroloudspeakers did not exceed 40 dB. The optical scheme of sounding was adjusted to passing of laser radiation through optical connection of fibers. The continuous He-Ne-laser with fiber optic outlet with power at least 0.5 MW on the wavelength of the radiation of 632.85 microns was used as technical means of investigation. Laser radiation was injected into the optical cable about 2 m long connected via LC-LC adapter to the other analogous cable terminated with FD-21KP photodetector connected in the photovoltaic mode to the selective nanovoltmeter UNIPAN-233. The nanovoltmeter was used as the

рования канала утечки при переходе на вибрационно-акустический механизм регистрации речевого сигнала, что позволяет обойти все существующие технические системы защиты.

## 5. ВОЗМОЖНОСТИ ЗАЩИТЫ РЕЧЕВОЙ ИНФОРМАЦИИ ОТ УТЕЧКИ ПО ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИМ КОММУНИКАЦИЯМ

Основные способы противодействия волоконно-оптическому каналу утечки речевой информации связаны с оптическим отделением участков сети внутри и вблизи выделенных помещений от частей глобальной сети [9]. В общем случае, такие ТСЗИ полностью исключают утечки при формировании информативного сигнала при воздушном акустическом воздействии на элементы коммуникаций, но полностью исключить формирование информативного сигнала при вибрационно-акустическом воздействии невозможно, так как распространение структурного звука трудно ограничить стенами выделенного помещения. Активные методы защиты, такие как виброакустические излучатели шума, устанавливаемые для формирования структурного шума с целью подавления информативного структурного звука, могут быть обойдены путем фильтрации сигнала от шума по фазе. Следовательно, обсуждаемый ТКУИ требует новых технических решений.

В соответствии с физикой формирования и функционирования волоконно-оптического канала утечки речевой информации на принципах распределенной пространственной решетки, предложения по защите разделим на пассивные методы, связанные с ослаблением интенсивности информативного сигнала, и активные методы, связанные с физической невозможностью реализации при зашумлении среды канала утечки и трудностью контроля за световыми потоками.

Пассивные методы защиты речевой информации могут быть сведены к следующим стандартным мероприятиям [1,4] с некоторыми модификациями, такими как:

- звукоизоляции выделенных помещений из материалов не только с высоким коэффициентом звукопоглощения (поверхностью), но и с высоким коэффициентом поглощения звука (в объеме) во всем речевом диапазоне частот;
- обязательная звукоизоляция кабельных каналов от несущих конструкций здания;
- использование для формирования внутренней оптической кабельной системы пассивных



**Рис.4.** Структура эксперимента по моделированию воздушного и вибрационного акустического технического канала утечки речевой информации через волоконно-оптические коммуникации: 1 – стена защищаемого помещения (бетон толщиной 40 см), 2 – вибродинамик, прикрепленный к стене, 3 – компьютерные колонки, 4 – оптический кросс с двумя волоконно-оптическими кабелями, соединенными адаптером и микрофоном контроля, 5 – система регистрации паразитных оптических модуляций (лазер, фотодиод, вольтметр, наушники)

**Fig. 4.** Structure of the experiment of modeling of air and vibration acoustic technical channel of speech information leakage via fiber optic communications: 1 – wall of the protected room (concrete 40 cm thick), 2 – vibroloudspeaker mounted on the wall, 3 – computer loudspeakers, 4 – optical distribution frame with two fiber optic cables connected by the adapter and microphone of control, 5 – system of registration of spurious optical modulations (laser, photo diode, voltmeter, earphones)

measuring instrument and amplifier, which signal transmitted to the earphones for articulation control of efficiency of the speech leakage channel by the degree of verbal intelligibility.

The conducted researches have shown existence of spurious acoustic modulation of light stream both via direct influence of sound wave through air and via excitation of structural sound. The intelligibility made about 100% starting from minimum levels of sound of both air and vibration excitation. And even slight increase of loudness level under air influence has led to transition of the registration system to a condition of saturation with high noise level. In general, sensitivity of system is such that steps and the speech in the



# Синтетический САПФИР

## Производство кристаллов и оборудования



Пластины, окна, подложки:  
смотровые, защитные, сканерные окна, часовые  
стекла, экраны для смартфонов и мобильных  
телефонов, оптические компоненты



Трубы и тигли  
трубки и тигли различной длины и сечения  
для ламп высокого давления, термореакторов,  
установок плазменного травления



Стержни круглого и  
прямоугольного сечения:  
световоды для пирометров, плунжера для  
хроматографических насосов и сиквенаторов,  
изоляторы, износостойкие направляющие



Индивидуальный заказ:  
Термореакторы, часовые и приборные камни,  
подшипники, компоненты для научной и  
медицинской техники, брекеты, сувенирная  
продукция



Оборудование для выращивания  
кристаллов

Nika-M60, Nika-M30, Nika-3, Nika-PROFILE



**ЗАО «РОСТОКС-Н»**

*Since 1993*

142432 Россия, Московская обл., г. Черноголовка, Проспект Академика Семенова, д. 9, ЗАО «Ростокс-Н»  
Тел.: +7 496 527 35 91, +7 496 527 35 96, +7 496 527 35 95 • Факс: +7 496 52 7 36 03  
E-mail: [belov@ezan.ac.ru](mailto:belov@ezan.ac.ru), [info@rostox-n.ru](mailto:info@rostox-n.ru) • <http://www.rostox-n.ru>



элементов с минимальным откликом на паразитные вибрационно-акустические модуляции и наводки;

- ограничение свободного размещения кабельных каналов вблизи выделенного помещения и объекта информатизации.

Активные методы защиты речевой информации связаны с использованием современных технических средств защиты речевой информации, к которым относятся:

- устройства нейтрализации несанкционированного зондирования оптической сети рефлектометрическими методами (патент РФ № 2551802);
- средства контроля оптических потоков в защищаемых оптических сетях (патент РФ № 2428798);
- постановкой устройств паразитных акустических модуляций и наводок на световые потоки в оптических сетях (патент РФ № 2416166);
- включение в оптические сети устройств с шумовым оптическим излучением (патент РФ № 2416167).

Из приведенных методов защиты наиболее эффективны технические средства противодействия зондированию оптической сети рефлектометрическими методами, которые не позволяют реализовать распределенные пространственные измерения структурного звука. Лишение информативности возвратных оптических излучений в рефлектометрии полностью исключает несанкционированное зондирование сети нарушителем.

## ЛИТЕРАТУРА

1. **Халяпин Д.Б.** Защита информации. Вас подслушивают? Защищайтесь! – М.: НОУШО "Баярд", 2004.  
**Haljapin D. B.** Zashhita informacii. Vas podslushivajut? Zashhishhajtes! – М.: NOUSHO "Bajard", 2004.
2. **Гришачев В.В., Халяпин Д.Б., Шевченко Н.А.** Анализ угроз утечки речевой информации через волоконно-оптические коммуникации. – Вопросы Защиты Информации, 2008, № 4, с. 12–17.  
**Grishachev V.V., Haljapin D.B., Shevchenko N.A.** Analiz ugroz utechki rechevoj informacii cherez volokonno-opticheskie kommunikacii. – Voprosy Zashhity Informacii, 2008, № 4, s.12–17.
3. **Гришачев В.В., Халяпин Д.Б., Шевченко Н.А., Мерзликин В.Г.** Новые каналы утечки конфиденциальной речевой информации через волоконно-оптические подсистемы СКС. – Специальная техника, 2009, № 2, с. 2–9.  
**Grishachev V.V., Haljapin D.B., Shevchenko N.A., Merzlikin V.G.** Nowye kanaly utechki konfidencial'noj rechevoj informacii cherez volokonno-opticheskie podsistemy SKS. – Special'naja tehnika, 2009, № 2, s.2–9.
4. **Хорев А.А.** Техническая защита информации: Т.1. Технические каналы утечки информации. – М.: НПЦ "Аналитика", 2008.  
**Horev A.A.** Tehnicheskaja zashhita informacii: T.I. Tehnicheskie kanaly utechki informacii. – М.: NPC "Analitika", 2008.

corridor behind closed doors were easily audible though the speech remained indistinct.

Thus, experiment studies of the fiber optic channel of speech information leakage have confirmed qualitative analysis of possibility to increase the range of functioning of the leakage channel upon transition to the vibration and acoustic mechanism of registration of speech signal that allows anyone to bypass all existing technical systems of protection.

## 5. POSSIBILITIES OF PROTECTION OF SPEECH INFORMATION AGAINST LEAKAGE VIA FIBER OPTIC COMMUNICATIONS

The main ways of counteraction to the fiber optic channel of speech information leakage are connected with optical separation of sites of network inside and near the allocated rooms from the parts of global network [9]. Generally, such TCIL completely exclude leakages when forming informative signal during air acoustic impact on elements of communications, but it is impossible to completely exclude forming of informative signal during vibration and acoustic influence as it is difficult to limit propagation of structural sound by means of walls of the allocated room. Active protection methods, such as the vibroacoustic radiators of noise installed for forming structural noise for the purpose of suppression of informative structural sound can be bypassed by filtering signal from noise by phase. Therefore, the discussed TCIL demands new technical solutions.

According to physics of forming and functioning of the fiber optic channel of speech information leakage based on the principles of the distributed space grid, we will group the suggestions of protection as passive methods connected with attenuation of intensity of informative signal and active methods connected with physical impossibility of implementation for noise masking of the leakage channel environment and control of light streams.

Passive methods of protection of speech information can be reduced to the following standard measures [1,4] with some modifications:

- acoustic insulation of the allocated rooms using the materials not only with high acoustic absorption coefficient (surface), but also with high sound absorption coefficient (in volume) in all speech frequency band;
- obligatory acoustic insulation of cable channels from the supporting building structures;
- use of system of passive elements for forming of internal optical cable with the minimum response to spurious vibration and acoustic modulations and crosstalk;





5. **Красильников В. А., Крылов В. В.** Введение в физическую акустику. – М.: Наука, 1984.  
**Krasil'nikov V.A., Krylov V.V.** Vvedenie v fizicheskuyu akustiku. – М.: Nauka, 1984.
  6. **Cremer L., Heckl M., Petersson B.A.T.** Structure-Borne Sound. Structural Vibrations and Sound Radiation at Audio Frequencies. 3<sup>rd</sup> edition. – Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2005.
  7. **Сапожков М. А.** Электроакустика. – М.: Связь, 1978.  
**Sapozhkov M.A.** Jelektroakustika. – М.: Svjaz', 1978.
  8. Физические величины. Справочник /Под ред. Григорьев И. С., Мейлихов Е.З. – М.: Энергоатомиздат, 1991.  
*Fizicheskie velichiny. Spravochnik /Pod red. Grigor'ev I.S., Mejlihov E.Z. – М.: Jenergoatomizdat, 1991.*
  9. **Гришачев В. В., Калинина Ю. Д., Тарасов А. А.** Оценка глубины паразитной модуляции света в оптической кабельной системе с неоднородностями. – Вопросы защиты информации, 2016, № 1, с. 62–73.  
**Grishachev V.V., Kalinina Ju.D., Tarasov A.A.** Ocenka glubiny parazitnoj moduljacji sveta v opticheskoj kabel'noj sisteme s neodnorodnostjami. – Voprosy zashhity informacii, 2016, № 1, s.62–73.
  10. **Гордиенко В. А., Захаров Л. Н., Ильичев В. И.** Векторно-фазовые методы в акустике. – М.: Наука, 1989.  
**Gordienko V.A., Zaharov L.N., Il'ichev V.I.** Vektorno-fazovye metody v akustike. – М.: Nauka, 1989.
  11. **Кульчин Ю. Н.** Распределенные волоконно-оптические измерительные системы. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2001. 7. Сапожков М. А. Электроакустика. – М.: Связь, 1978. – 272 с.  
**Kul'chin Ju.N.** Raspredelennye volokonno-opticheskie izmeritel'nye sistemy. – М.: FIZMATLIT, 2001.
- restriction of free placement of cable channels near the allocated room and the object of informatization.  
Active methods of protection of speech information are connected with the use of modern technical means of protection of speech information, such as
  - devices of neutralization of unauthorized sounding of optical network by reflectometric methods [see patent of the Russian Federation No. 2551802];
  - control facilities of optical streams in the protected optical networks [see patent of the Russian Federation No. 2428798];
  - installation of devices of spurious acoustic modulations and crosstalk on the light streams in optical networks [see patent of the Russian Federation No. 2416166];
  - inclusion of devices with noise optical radiation into optical networks [see patent of the Russian Federation No. 2416167].
- Among the given methods of protection, the most effective technical means of counteraction to sounding of optical network are based on using reflectometric methods which do not allow anyone to implement the distributed spacial dimensions of structural sound. Deprivation of informational content of returnable optical radiations in reflectometry completely excludes unauthorized sounding of network by a violator.

#### IV МЕЖДУНАРОДНЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ФОРУМ "ИННОВАЦИИ. ТЕХНОЛОГИИ. ПРОИЗВОДСТВО"

Передовые производственные технологии для проекта "Фабрики Будущего" ("Factories of the Future") – ключевая тема IV Международного технологического форума "Инновации. Технологии. Производство", который состоится 24–27 апреля 2017 года в городе Рыбинске Ярославской области. В программе форума более 30 мероприятий интерактивного формата по различным направлениям передовых производственных технологий, включая аддитивные технологии, цифровое проектирование и моделирование, индустриальный интернет, сенсорику, робототехнику, искусственный интеллект. Посетители форума получают возможность принять участие в соз-

дании новых проектов развития технологий и формировании консорциумов для реализации Фабрик Будущего. Посетители также смогут узнать о приоритетных направлениях рынков будущего.

Свое участие в форуме уже подтвердили: фонд "Сколково", Сколковский институт науки и технологий, Университет ИТМО, ООО "АБ Универсал", ПАО "Ростелеком". Среди организаторов научно-технического мероприятия – рабочая группа "Технет" Национальной технологической инициативы (ПАО "НПО "Сатурн", Институт передовых производственных технологий СПбПУ и другие члены рабочей группы), Правительство Ярославской области,

Рыбинский государственный авиационный технический университет им. П.А.Соловьева, Администрация городского округа г. Рыбинска. Форум проводится при поддержке АО "РВК", АСИ, Министерства промышленности и торговли РФ.

Для участия в форуме "Инновации. Технологии. Производство" необходимо заполнить регистрационную форму на сайте <http://itp-forum.ru>. Более подробную информацию о мероприятиях форума Вы можете получить на сайте <http://itp-forum.ru> или по телефону (4855) 292–438.

*А.Ковтун, руководитель проекта "Международный технологический форум "Инновации. Технологии. Производство"*