

УДК 316.776:351.741:34:650.0128

В.Я. Певнев, М.П. Борзов

*Харьковский национальный университет внутренних дел, Харьков*

## СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВНУТРЕННИХ ДЕФЕКТОВ В СТЕНАХ ПОМЕЩЕНИЙ

*В статье раскрыта сущность технической реализации способа дистанционного нахождения внутренних дефектов в стенах выделенных помещений путём их визуализации с помощью спекл-структур и последующей компьютерной экспресс-обработкой изображения. При этом интегральная картина визуализирует не только внутренние дефекты в стенах, но и проблемные участки на которых в фазе сходятся акустические волны, распространяющиеся в силовых конструктивных элементах зданий и помещений вплоть до подвалов и фундаментных опорных строительных блоков.*

**Ключевые слова:** дефекты стен, защита информации, акустический канал утечки.

### Введение

**Постановка проблемы.** При проверке пригодности помещений для проведения конфиденциальных совещаний, специалистам ТЗИ необходимо знать уровень затухания звука в стенах, потолочных перекрытиях и других конструктивных элементах зданий (далее, элементы зданий). При этом учитывается, что звук, прошедший сквозь преграду должен быть ослаблен до уровня, не превышающего порог слышимости человека или порог чувствительности аппаратуры акустической разведки.

Для определения затухания звука специалисты, как правило, применяют источник звука и осуществляют несколько замеров уровня звука внутри и снаружи помещений на различных звуковых частотах. При этом замеры уровня звука обычно проводят дистанционно на некотором расстоянии от «озвучиваемых» элементов здания.

В отличие от процесса определения затухания, правонарушитель, используя микрофон или радиостетоскоп для несанкционированного доступа к информации, находит контактным способом снаружи стены служебного помещения ту точку или тот участок, где слышимость и разборчивость речи максимальна и устанавливает аппаратуру в обычном или закамуфлированном виде.

На данном практическом примере показано только одно из существующих противоречий между методами, направленными на защиту информации от утечки акустическим каналом (дистанционная проверка элементов зданий при аттестации выделенных помещений) и методами несанкционированного съёма информации (акустический контактный способ съёма информации с элементов зданий).

Следует сказать о причинах образования в стенах служебных помещений участков, достаточно удовлетворительно пропускающих акустические колебания изнутри помещения за его пределы. На-

зовём эти участки – проблемными.

Причин для образования таких участков много. На примере обычной стены здания можно указать на некоторые из них.

Во-первых, это скрытые дефекты в стенах и перекрытиях помещений, возникающие из-за некачественной укладки связующего и основного строительного материала при строительстве зданий.

Множественные переоборудования помещений под различные производственные нужды, как правило, сопровождаются дополнительным встраиванием вентиляционных каналов, проёмов или, наоборот, их замуровыванием. При этом не только уменьшается толщина стен, но и создаются акустические резонаторы из пустот или закладок строительными материалами с плотностью, существенно отличающейся от плотности основного материала стены.

Во-вторых, под действием акустических волн в цельных железобетонных элементах зданий образуются собственные резонансные механические колебательные системы. Причём, резонируют не только стены, как мембраны. Звуковые волны многократно отражаются от наружной и внутренней поверхностей и торцов железобетонных стен. Одновременно следует учесть, что коэффициент поглощения звука бетонной конструкцией ( $\alpha_k = 0,01...0,03$ ) один из самых низких. Он в два-три раза меньше, чем у кирпичной конструкции, что позволяет говорить о высокой добротности бетонных акустических резонаторов.

Так, при толщине –  $d$  железобетонной перегородки наибольшая амплитуда колебаний с длиной волны –  $\lambda$ , прошедших через неё будет:

$$d = n \cdot \lambda/2,$$

где  $n = 1, 2, 3, \dots$  – числа полувольт, укладываемых в размере толщины стены.

Следует отметить, что длина звуковой волны связана со скоростью распространения звука –  $V$  в

строительном материале стены и с частотой  $f$ , формулой

$$\lambda = V/f.$$

В табл. 1 приведены некоторые значения скоростей звуковой волны в различных средах.

Таблица 1  
Скорости звуковой волны в различных средах

Материал	V, м/с
1. Вода пресная	1430
2. Лёд	3200 – продольная в стержне
3. Стекло	5300, тоже.
4. Гранит	3950, тоже.
5. Мрамор	3810, тоже.

В-третьих, конструктивные пустоты перекрытий являются не только акустическими резонаторами, но и звуководами, канализирующими энергию звуковых волн от плоскости пола и потолка к силовым несущим конструкциям здания. Каким образом осуществится сложение фаз акустических сигналов в стенах или даже в материале опорных железобетонных свай и плит фундамента здания определить достаточно сложно.

**Целью статьи** явилось решение задачи практического дистанционного нахождения внутренних дефектов, создающих проблемные участки в строительных конструкциях.

### Изложение основного материала исследования

Звук представляет собой, распространяющиеся в упругом материале периодические групповые колебания частиц в виде волны со скоростью  $V$ . При прохождении по материалу элементов здания акустическая волна отражается от неоднородностей, рассеивается и отдаёт свою энергию на нагрев частиц материала. В этом случае говорят о поглощении звука материалом преграды. Колебательные движения частиц преграды в виде волны достигают границы контакта преграды с воздухом или другим материалом и, в свою очередь, возбуждают колебания в нём.

Таким образом, зафиксировав или обнаружив колебательные движения частиц на наружной части стены служебного помещения, мы можем предполагать, что «звуковая волна перенесла информацию изнутри служебного помещения за его пределы».

Если в данный момент рядом с проблемным участком находится правонарушитель, то он получает возможность непосредственного прослушивания информации, переносимой акустическими волнами.

Какой мощности должен быть акустический сигнал, чтобы его можно было услышать?

Порог слышимости человека  $P_0$  (стандартный нулевой порог) составляет величину  $10^{-10}$  атм

( $2 \cdot 10^{-5}$  Па,  $10^{-12}$  Вт/м<sup>2</sup> [1]). При таком слабом звуке частицы (микрообъёмы) колеблются в звуковой волне с амплитудой порядка  $S = 10^{-8}$  м.

Для фиксирования амплитуды настолько малых колебаний частиц авторами статьи было использовано когерентное излучение красного полупроводникового лазера средней мощности, позволяющего освещать поверхности размером до  $2 - 3$  м<sup>2</sup>. Учитывая, что в обстановке реальных измерений наружная, освещаемая лучом лазера, сторона служебного помещения не является зеркальной, авторы отказались от применения дорогостоящих интерферометров и предложили осуществлять поиск проблемных участков, интегрируя по времени спекл-структуру освещённой поверхности.

При когерентном освещении шероховатых поверхностей в рассеянном поле образуется зернистая спекл-структура, которую можно достаточно легко увидеть невооружённым глазом и зафиксировать фото- и видеоаппаратурой.

На рис. 1 приведена известная схема для наблюдения спеклов – 3, которые образуются после отражения излучения лазера –1 от шероховатой поверхности – 2 [2].

В качестве шероховатой поверхности был выбран тонкий экран площадью 620 см<sup>2</sup>, участки которого совершали колебательные движения под действием акустических волн, исходящих от поверхности, излучающей звук. В качестве фиксирующей аппаратуры был применён цифровой фотоаппарат фирмы Sony (4 Мр).

На рис. 2 – 4 показаны спекл-структуры после компьютерной обработки изображения источника, излучающего акустические колебания на трёх различных частотах.

Ориентировочно можно определить чувствительность метода.

Амплитуда перемещения частиц, колеблющихся под действием звука превышающего стандартный нулевой порог, составляет величину более  $S = 10^{-8}$  м. Длина волны видимого излучения находится в диапазоне от  $40 \cdot 10^{-8}$  до  $76 \cdot 10^{-8}$  метра. Тёмные и светлые участки спекл-структуры изображения образуются при отклонении плоскости шероховатой поверхности на величину, равную или превышающую половину длины волны когерентного излучения, освещающего эту поверхность.

Если накладывать изображения изменяющихся под действием акустической волны спекл-структур, то интегральная картина локальных участков кадра размывается, теряя контрастную пятнистую структуру. Характеристики распределения энергии светового потока, отражённого от «размытого» участка существенно отличаются от изображения обычной пятнистой структуры, что позволяет проводить компьютерную экспресс-обработку изображения [3].

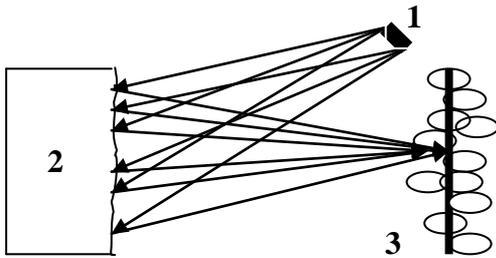


Рис. 1. Схема поиска дефектов в элементах зданий

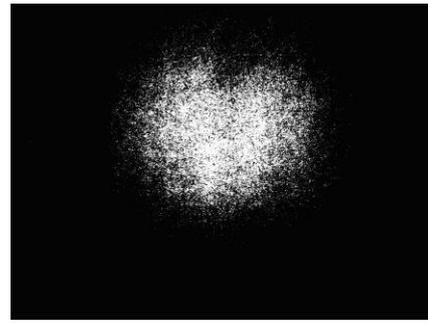


Рис. 3. Вид спекл-структуры источника акустических колебаний с частотой 1 кГц

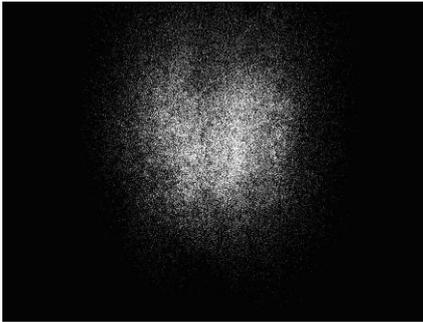


Рис. 2. Вид спекл-структуры источника акустических колебаний с частотой 700 Гц

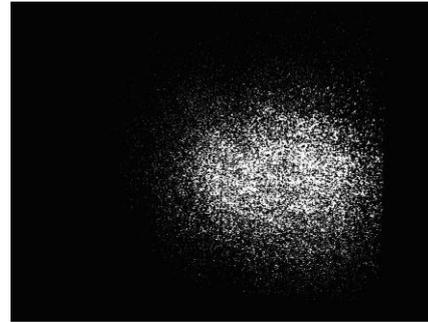


Рис. 4. Вид спекл-структуры источника акустических колебаний с частотой 5 кГц

При очень малых амплитудах смещения частиц (меньше половины длины волны оптического излучения) наблюдается мерцание – изменение яркости спеклов, которое фиксируется невооружённым глазом [4].

### Вывод

Предложенный способ позволяет визуально и дистанционно обнаруживать в стенах служебных помещений дефекты, приводящие к несанкционированному распространению информации через акустический вибрационный канал утечки.

Интегральная картина визуализирует не только внутренние дефекты в стенах, но и проблемные участки на которых в фазе сходятся акустические волны, распространяющиеся в конструктивных элементах зданий и помещений.

### Список литературы

1. Иоффе В.К. Бытовые акустические системы / В.К. Иоффе, М.В. Лизунков. – М.: Радио и связь, 1982. – 96 с.
2. Рябухо В.П. Спекл – интерферометрия / В.П. Рябухо // Соросовский Образовательный Журнал. – 2001. – Т. 7, № 5. – С. 107-109.
3. Спосіб визначення внутрішніх дефектів в стінах приміщень. Патент на корисну модель № 32620. Зареєстровано 26 травня 2008 р. – 48 с.
4. Оливье В.М. Мерцающие пятна и статистическая дифракция / В.М. Оливье. – М.: ТИИЭР, 1963. – № 1. – С. 263-264.

Поступила в редколлегию 16.02.2009

Рецензент: канд. техн. наук, доцент С.В. Кавун, Харьковский национальный экономический университет, Харьков.

### СПОСІБ ВИЗНАЧЕННЯ ВНУТРІШНІХ ДЕФЕКТІВ У СТІНАХ ПРИМІЩЕНЬ

В.Я. Певнев, М.П. Борзов

У статті розкрито сутність технічної реалізації способу дистанційного знаходження внутрішніх дефектів у стінах виділених приміщень шляхом їхньої візуалізації за допомогою спекл-структур і наступний комп'ютерної експрес-обробкою зображення. При цьому інтегральна картина візуалізує не тільки внутрішні дефекти в стінах, але й проблемні ділянки на які у фазі сходяться акустичні хвилі, що поширюються в силових конструктивних елементах будинків і приміщень аж до підвалів і фундаментних опорних будівельних блоків

**Ключові слова:** дефекти стін, захист інформації, акустичний канал витoku.

### WAY OF THE DETERMINATION INTERNAL DEFECT IN WALL OF THE PREMISESES

V.Ya. Pevnev, M.P. Borzov

In article is revealed essence to technical realization of the way of the remote finding internal defect in wall of the chosen premises by way to their visualizations by means of speckle - a structures and after-blowing computer express - a processing the scene. Herewith integral picture visualizing-et not only internal defects in wall, but also problem-solving area on which acoustic of the wave reconverge in phase, spreading in power constructive element of the buildings and premiseses up to cellar and фундаментных supporting building block.

**Keywords:** defects sewer, protection to information, acoustic channel of the drain.