

УДК 622.82

## МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ АКУСТИЧЕСКИХ ВОЛН ПРИМЕНИТЕЛЬНО К ПЕЛЕНГАЦИИ ОЧАГОВ ПОЖАРОВ В УГОЛЬНЫХ ПЛАСТАХ В ЛАБОРАТОРНЫХ УСЛОВИЯХ

**Борисенко Д. И.**

*(Московский государственный университет технологий и  
управления им. К. Г. Разумовского, г. Москва, Россия)*

*У даній роботі описується експеримент по зіставленню загасання акустичних хвиль, викликаних механічними ударами і горінням, в лабораторних умовах.*

*This paper describes an experiment to compare the attenuation of acoustic waves generated by mechanical shocks and burning, in the laboratory.*

Одним из наиболее опасных и дорогостоящих при ликвидации их последствий явлений в угледобывающей промышленности остаются подземные пожары. Одна из главных проблем при ликвидации подземного пожара заключается в отсутствии способов определения координат его очагов с точностью, необходимой для эффективного проведения противопожарных мероприятий. На взгляд автора наиболее перспективным путём пеленгации очагов пожаров в угольных пластах является диагностика по акустическому излучению [1].

При рассмотрении распространения акустического излучения в качестве информационного признака для диагностики очагов пожаров одной из ключевых характеристик является затухание этого излучения. Для исследования этой характеристики акустических импульсов, вызванных горением, была проведена настоящая работа. Её целью являлось проведение эксперимен-

тального сопоставления затухания акустических волн для двух случаев: механических ударов и горения. Угольный пласт, являясь осадочной горной породой, представляет собой слоистую систему, кроме того, он горюч. Этим условиям отвечает древесина в форме плоской длинной пластины, слои которой параллельны широким граням. В рамках данной работы моделирование проводилось на сухой сосновой доске размерами 4×21×614 см. Схема эксперимента представлена на рисунке 1.

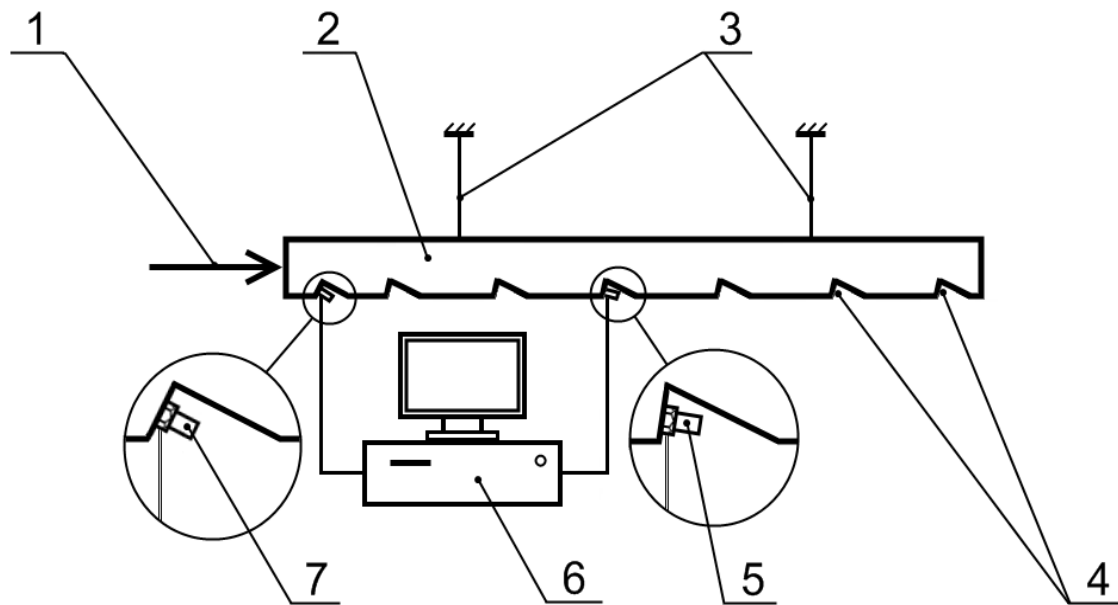


Рис. 1. Схема проведения эксперимента: 1 – воздействие; 2 – доска; 3 – подвесы; 4 – вырезы в доске; 5 – «дальний» акустический датчик; 6 – компьютер; 7 – «ближний» акустический датчик

Воздействие механическим ударом и огнём (1) оказывалось на отмеченный на рисунке 1 стрелкой торец доски (2), расположенной во избежание появления лишних акустических волн, вызванных взаимодействием с твёрдыми поверхностями, на подвесах (3). В специальных вырезах (4) на боковой поверхности доски устанавливались акустические датчики ДН-3-М1 (5 и 7 – соответственно дальний и ближний от зоны воздействия). Сигнал с дат-

чиков поступал на компьютер (6), где происходила его запись и последующая обработка.

Ближний датчик на протяжении всего эксперимента находился на расстоянии  $x_0 = 0,4$  м от зоны воздействия. Зона воздействия при механических ударах имела линейные размеры субсантиметрового диапазона и находилась в центре торца доски, т.е. была плоской, причём ориентирована перпендикулярно максимальному линейному размеру доски. Линейные размеры очага горения в экспериментах составляли несколько сантиметров и максимальный из них – поперечный горизонтальный – не превышал 4 см. Положение дальнего датчика  $x$  менялось в процессе эксперимента и составляло 1 м, 2 м, 3 м, 4 м, 5 м и 6 м. Таким образом, каждый акустический импульс регистрировался двумя датчиками: на расстоянии  $x_0$  и  $x$ . Под затуханием понималось уменьшение отношения амплитуд сигналов, взятых на варьируемом расстоянии ( $x$ ) от зоны воздействия и непосредственно вблизи этой зоны ( $x_0$ ).

Поверхности вырезов (позиции 4 на рис. 1), непосредственно на которых располагались датчики, были ориентированы строго перпендикулярно расстояниям от центров этих поверхностей до центра торца доски, на который оказывалось воздействие.

Для получения удара максимально близкого к упругому с одной стороны и сохранения всех прочих равных условий по сравнению с воздействием огнём удары наносились металлическим ударником.

Поджиг древесины осуществлялся поднесением открытого пламени горящей парафиновой свечи непосредственно к середине торца доски. Для анализа акустических импульсов, вызванных горением, выбирались временные интервалы, на которых реализовывалось самостоятельное горение древесины, т.е. такое, при котором свеча удалялась из зоны проведения эксперимента.

В результате проведенных измерений были получены изменения отношений амплитуд сигналов, регистрируемых на расстоянии  $x = 1, 2, 3, 4, 5$  и 6 м для механических ударов и соответственно 1, 2, 3, 4 и 5 м для самостоятельного горения к амплитудам сигналов, зарегистрированных на расстоянии  $x_0 = 0,4$  м. Гра-

фическое изображение этих отношений представлено на рисунке 2.

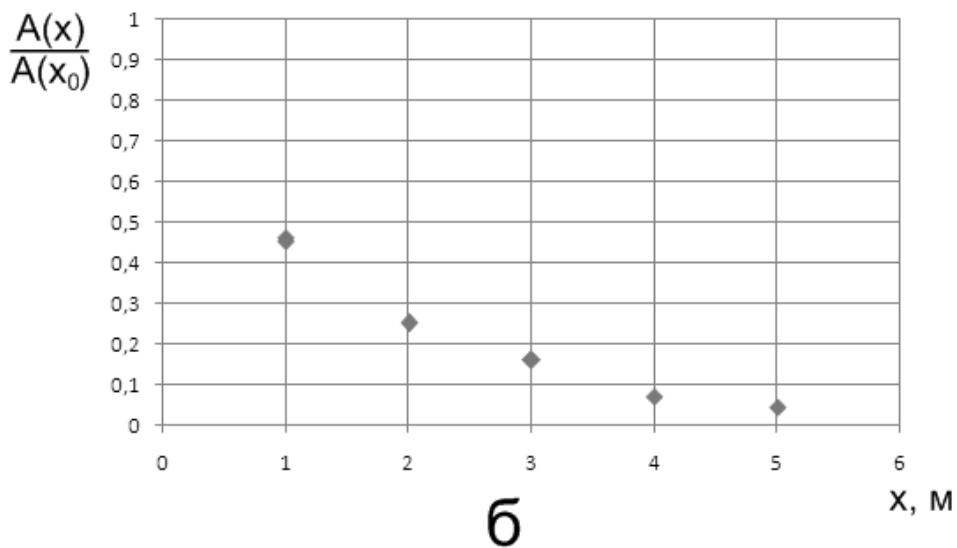
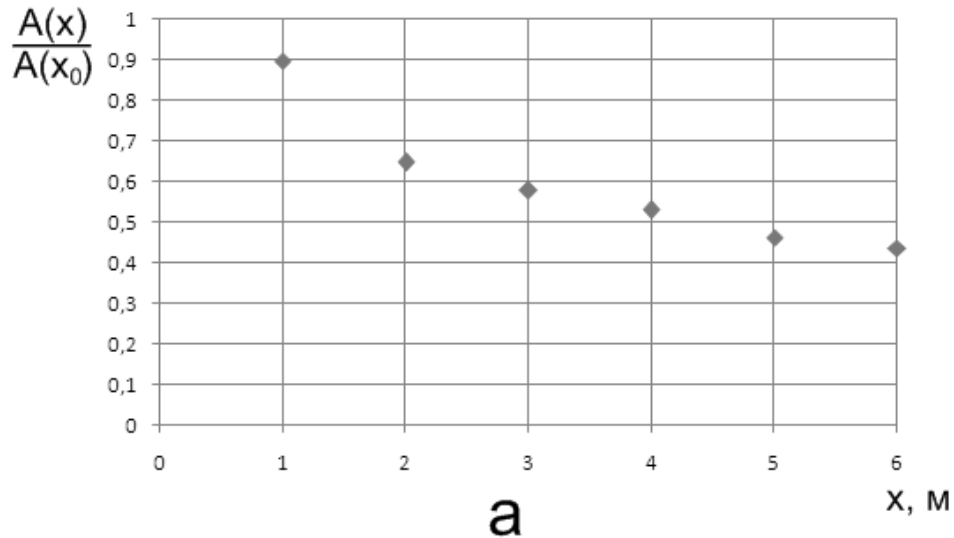


Рис. 2. Отношение амплитуды сигнала, регистрируемого на расстоянии  $x$  от зоны воздействия к амплитуде, зарегистрированной на расстоянии  $x_0 = 0,4$  м: а – механические удары стальным ударником; б – самостоятельное горение

Как видно из графиков, затухание акустических импульсов, вызванных горением, выше, чем импульсов, возникающих в результате механических ударов. Объясняется этот факт, по-видимому, тем, что распространение акустических волн, порождаемых горением, отличается от распространения акустических импульсов, вызываемых механическими ударами. При точечном упругом ударе волна сжатия распространяется по сфере изотропно, насколько это позволяет среда, и регистрация её на одном из направлений (в описываемом эксперименте – по доске) чётко локализована во времени. В случае горения акустическое излучение возникает вследствие процесса трещинообразования. Энергия акустических импульсов, исходящих от носика трещины, меньше энергии излучения, порождаемого её берегами, поэтому на значительных расстояниях регистрироваться будут гармоники, соответствующие именно колебаниям берегов трещины. Носик трещины можно рассматривать как точечный источник акустических волн, но колеблющиеся берега трещины также генерируют акустическое излучение, при этом его распространение, по крайней мере, вблизи трещины, имеет приоритетное направление – по нормали от берега. Поскольку в угольном пласте (и рассматриваемом эксперименте с доской) преимущественная ориентация трещин параллельна максимальному линейному размеру рассматриваемого фрагмента среды (вдоль слоёв), то необходимо учитывать взаимодействие с границами среды.

Поскольку скорость роста трещины составляет 30 – 40 % от скорости звука в среде, в которой трещины развиваются [2], имеет значение расстояние от зоны развития трещины до места регистрации порождаемого ей акустического излучения.

Итак, на интенсивность регистрируемого в некоторой точке среды акустического излучения, вызванного горением этой среды, влияет как расстояние от этой точки до зоны горения, так и вид среды, с которым связано приоритетное направление развитие трещин, и геометрия акустического канала – от зоны горения до этой точки.

Таким образом, затухание амплитуды акустических сигналов, вызванных горением, определяется характером горячей среды и геометрией акустического канала (угольного пласта). Кон-

кретизация условий и разработка математической модели процесса составляет перспективы развития в данном направлении.

### СПИСОК ССЫЛОК

1. Борисенко Д. И. Разработка способа акустической идентификации горения угля для диагностики очагов пожаров в угольных пластах (автореферат диссертации на соискание учёной степени кандидата технических наук). – Автореф. дисс. на соискание учёной степени кандидата технических наук, М: 2007.
2. Чхетиани Л.А. Исследование влияния времени вскрытия зарядной камеры трещинами на эффективность отбойки горной массы взрывом. Автореф. дисс. ...канд. техн. наук. – М.: ИГД им. А.А. Скочинского, 1971. – 16 с.