

НАДЕЖНЫЙ ПРИЕМ В УСЛОВИЯХ СИЛЬНЫХ ПОМЕХ ШУМОПОДОБНОГО СИГНАЛА ПУСКА ГРУППОЙ РАДИОСТАНЦИЙ ЗА СЧЕТ ВЗАИМОПОМОЩИ

В.Н. Гарбуз

*Учреждение образования «Гомельский государственный
технический университет имени П.О. Сухого», Беларусь*

Научный руководитель Е.А. Храбров

После обрушения зданий и сооружений в результате землетрясений или по другим причинам в завалах часто образуются пустоты, в которых могут находиться люди, нуждающиеся в спасении. Чтобы обнаружить эти пустоты и определить характеристики завала можно воспользоваться сейсмическими исследованиями завала. В качестве источников сейсмических сигналов и их приемников можно использовать сейсмоотряд из нескольких сейсмических вибраторов и сейсмостанции, которые применяют для поиска нефти. Известны [1] и другие применения сейсмических (вибрационных) сигналов для спасения людей, оказавшихся в завалах, когда, например, сейсмическим переносным излучателем группа шахтеров передает из завала спасателям самую необходимую информацию. Сравнительно небольшая мгновенная сейсмическая мощность каждого из сеймовибраторов такого отряда и расположение его на некотором удалении от места события создают достаточную гарантию того, что его работа не приведет к дополнительным разрушениям. Но для получения требуемой суммарной сейсмической энергии, чтобы превысить уровень сейсмических шумов, приходится накапливать эту энергию путем группирования и многократного повторения сеансов.

В космических линиях связи [2] надежность приема кодированного сигнала синхронизации характеризуется двумя параметрами: вероятностью неприема сигнала запуска в зависимости от соотношения сигнал/шум на входе и вероятностью ложного срабатывания от входного шумового сигнала в отсутствие сигнала запуска. Там же [2] рассматриваются два основных способа обнаружения кодированного сигнала: так называемый корреляционный, при котором хранящаяся в декодере копия обнаруживаемого сигнала непрерывно сравнивается (коррелируется) с входным сигналом, и при совпадении достаточного числа символов из всего количества символов запускающего кодированного сигнала, при достижении требуемого порога декодер выдает импульс пуска. Совпадающие символы могут располагаться в принимаемом сигнале каким угодно образом. Сущность второго, так называемого захватного способа приема и обработки сигнала синхронизации заключается в том, что конец (фаза) принимаемой кодовой последовательности определяется по факту правильного приема небольшого, но непрерывного ее отрезка определенной длины, расположенного в любом месте последовательности.

Чтобы улучшить надежность связи за счет учета особенности таких линий связи предлагается сделать следующее. В сейсморазведке все приемники кодированно-

го сигнала запуска совмещены с передатчиками, которые используются для вспомогательной радиосвязи операторов сейсмических источников между собой и с сейсмостанцией, и которые расположены, значительно ближе друг к другу, чем к источнику запускающего сигнала – сейсмостанции. Поэтому в работе [3] предлагается производить запуск всех источников сейсмических сигналов группы при запуске одного из них, а именно того, который имеет на данный момент лучшие возможности надежного запуска, путем передачи этим источником оставшейся части запускающего сигнала. При этом вероятности приема этих сигналов запуска существенно улучшаются, а вероятности ложного приема ухудшаются незначительно. Анализ вероятности неприема сигнала запуска и ложного срабатывания приемников кодированного сигнала в обычных условиях и с условием «помощи слабому» для наименее приспособленного к этой помощи корреляционного декодера в зависимости от относительного порога срабатывания декодера можно сделать по формулам (1)–(7).

Вероятность p_T искажения одного символа последовательности в зависимости от соотношения x сигнал/шум:

$$p_T(x) = \frac{1}{2} \left(1 - \frac{2}{\sqrt{2\pi}} \int_0^x e^{-\frac{y^2}{2}} dy \right). \quad (1)$$

Вероятность $Pn(k)$ неприема последовательности:

$$Pn(k) = \sum_{i=n-k+1}^n C_n^i p_T^i (1-p_T)^{n-i}. \quad (2)$$

Вероятность P_{lie} ложного срабатывания схемы:

$$P_{lie}(k) = \sum_{i=k}^n \frac{n!}{i!(n-i)!} 0,5^n. \quad (3)$$

Найдём вероятность P_{n_h} неприема при «помощи слабому»: расчёт проведём для группы N приёмников с вероятностями неприема i -ого от сейсмостанции p'_i (2) и взаимными вероятностями неприема p''_{ij} (i – номер источника сигнала j – номер приёмника сигнала), причём взаимную вероятность неприема примем: $p''_{ii} = 1$. Взаимные вероятности неприема можно найти из формулы (2), зная соотношение сигнал-шум на входе j -го приёмника при передаче сигнала синхронизации i -го приёмника.

Тогда вероятность приёма k -м приёмником сигнала от передатчика будет равна:

$$p_{np_k} = \frac{(1-p'_k)}{p'_k} \prod_{i=1}^N p'_i. \quad (4)$$

Вероятность неприема n -м приёмником при условии, что сигнал синхронизации принят и передаётся k -м приёмником:

$$p_{nk} = 1 - p_{np_k} (1 - p''_{ij}). \quad (5)$$

Вероятность неприёма n -го приёмника в группе N приёмников равна:

$$p_n = p'_n \left[1 - \left(\sum_{k=1}^N (1 - p_{ik}) \frac{\prod_{j=1}^N p_{ij}}{p_{ik}} \right) \right]. \quad (6)$$

Вероятность ложного срабатывания p'_n можно найти как:

$$p'_n = p_n + (1 - p_n) p_n \left(1 - p'_n \left[1 - \left(\sum_{k=1}^N (1 - p_{ik}) \frac{\prod_{j=1}^N p_{ij}}{p_{ik}} \right) \right] \right). \quad (7)$$

На рис. 1 представлен график, построенный с помощью формул (1)–(7) и показывающий, как зависят вероятности неприема сигнала запуска и ложного срабатывания приемников сейсмических вибраторов при кодированном сигнале запуска в 255 бит при соотношении сигнал/шум, равном 0,5 в обычных условиях и с условием «помощи слабому» для наименее приспособленного к предлагаемой помощи корреляционного декодера при соотношении сигнал/шум, равном 0,25 в «слабом» приемнике в зависимости от относительного порога срабатывания декодера.

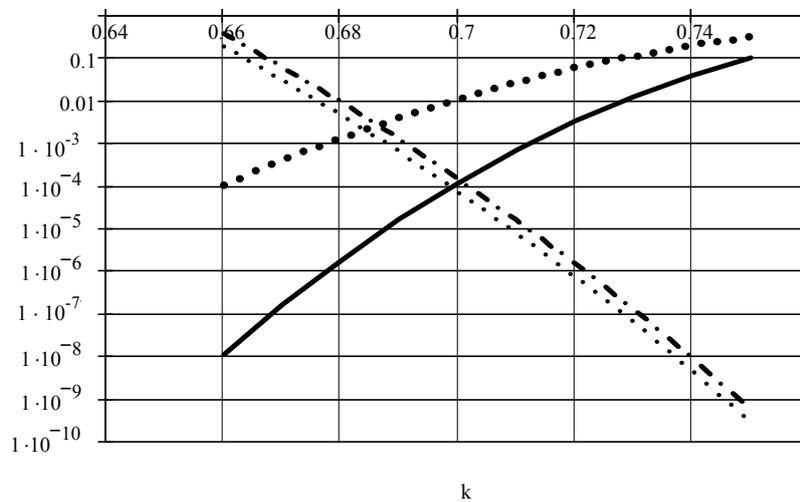


Рис. 1. Вероятность неприема $P_n(k)$ и ложного срабатывания $Plie(k)$ без «помощи слабому» и соответственно вероятности $P_{n_h}(k)$ и $Plie_h(k)$ при использовании «помощи (help)» в зависимости от порога k срабатывания корреляционного декодера:
 $Plie(k) \cdot 10^6$; $P_n(k)$; — $P_{n_h}(k)$; - - - $Plie_h(k) \cdot 10^6$

Для уменьшения поля графика значения вероятностей ложного срабатывания приведены с множителем 10^6 , что не изменяет соотношений между ними.

Из приведенного графика можно определить, что введение «помощи» ухудшает в два раза вероятность ложного срабатывания корреляционного декодера при относительном пороге 0,7, но при этом вероятность неприема сигнала запуска улучшается в 100 раз!

Таким образом, график наглядно демонстрирует полезность предлагаемой «помощи слабому». Существенное повышение надежности приема позволяет снизить требования к радиостанциям и получить за счет этого значительную экономию средств.

Л и т е р а т у р а

1. Храбров, Е.А. Вибрационная линия связи. Современные проблемы машиноведения: Тезисы докладов V Международной научно-технической конференции /Е.А. Храбров, В.Н. Гарбуз. – Гомель: ГГТУ им. П.О. Сухого, 2004. – С. 136-137.
2. Радиолинии космических систем передачи информации /И.М. Тепляков [и др.]. – М.: Сов. Радио, 1975. – 218 с.
3. А. с. 913 298 СССР. МКИ³ G 01 v 1 / 04. Устройство синхронизации источников сейсмических сигналов /В.А. Пантелеев, Е.А. Храбров, А.Г. Слободов, А.С. Быков, Н.М. Кобин (СССР). – № 2949867/18–25 02; заявл. 07.80; опубл. 15.03.82, Бюл. № 10 //Открытия. Изобретения. – 1982. – № 10. – С. 106.
4. Храбров, Е.А. Разработка систем группового запуска и синхронизации сейсмических вибраторов при разведке нефти и газа: дис.... канд. техн. наук: 05.09.03. – Гомель, 1999. – 227 с.