

6. Маринин В.С. Теплофизика альтернативных энергоносителей. – Харьков: Форт, 1999. – 212 с.
7. Крокстон К. Физика жидкого состояния. – М.: Мир, 1978. – 400 с.
8. Jarborough L. Vapor-liquid equilibrium data for multicomponent mixture containing hydrocarbon and non-hydrocarbon components // AIChE J. – 1972. – Vol. 17, № 2. – P. 129–133.
9. Метан жидкий и газообразный. Таблицы стандартных справочных данных. – М.: Изд-во стандартов, 1982. – 11 с.

УДК 621.372

*Марчук В.С., канд. техн. наук, проф., ХНУРЭ,
Фещенко А.Б., канд. техн. наук, ст. преп., УГЗУ,
Колтыков А.В., аспирант, ХНУРЭ*

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ АТМОСФЕРНЫХ ОПТИЧЕСКИХ ЛИНИЙ ОПЕРАТИВНО-ДИСПЕТЧЕРСКОЙ СВЯЗИ

(представлено д-ром физ.-мат. наук Яковлевым С.В.)

Рассмотрены особенности применения вейвлет-преобразования в открытых оптических системах связи для снижения вероятности ошибки цифровых систем связи. Разработана экспериментальная линия связи FSO, на основе которой проведены натурные исследования блока вейвлет-фильтрации. Приведен анализ полученных результатов и показано, что применение блоков вейвлет-фильтрации в открытых оптических системах связи позволяет повысить качество передачи данных.

Постановка проблемы. Оперативное реагирование на чрезвычайные ситуации (ЧС), обеспечение своевременного прохождения информации об их возникновении, взаимодействие сил и служб оперативного реагирования и экстренной помощи является актуальной проблемой соответствующих служб и подразделений МЧС. В настоящее время при угрозе и возникновении ЧС важную роль играют дежурные и диспетчерские органы оперативных служб, которые находятся в постоянной готовности и уполномочены принимать решения для осуществления необходимых экстренных мер. Однако существующие сегодня телекоммуникационные сети не в полной мере отвечают нуждам оперативно-

Марчук В.С., Фещенко А.Б., Колтыков А.В.

диспетчерських служб. Більшість пунктів зв'язи аварійно-спасательних частей не оснащені високоскоростними каналами передачі даних, також зустрічаються не єдиничні випадки відсутності прямих ліній телефонної диспетчерської зв'язи з охороняємими пожегоопасними об'єктами.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Задача підвищення ефективного функціонування окремої локальної інформаційної (вчислительної) мережі Єдиної системи оперативно-диспетчерського управління МЧС України передбачає використання високоскоростних каналів передачі даних, для управління ліквідацією наслідків ЧС і адміністративного управління повсякденною діяльністю підрозділів МЧС. До числа перспективних каналів передачі даних відносяться безпроводні лінії оптичної зв'язи, які мають можливості для забезпечення пунктів зв'язи аварійно-спасательних частей конфіденційною інформацією адміністративно-управленчого характеру, а також для організації прямої телефонної диспетчерської зв'язи з охороняємими об'єктами.

Безпроводні відкриті лазерні системи оптичного діапазону або інакше системи з використанням атмосферних оптичних ліній зв'язи (Free Space Optics, FSO) мають ряд корисних властивостей, що визначає їх популярність. Їх можна застосовувати, як для створення ліній «точка-точка» [1, 2], так і для локальних мереж [3] з оптичними ретрансляторами, розміщеними на борту супутників [4]. Основні переваги таких систем: швидкість розгортання, достатньо низька ціна ліній зв'язи (відсутність витрат на кабельну мережу і її прокладку), ефективне рішення задачі ЕМС (сумісність FSO систем з радіосистемами).

До особливостей FSO слід віднести вимогу наявності прямої видимості, стаціонарне розміщення апаратури при точній юстировці прийомопередаючих оптичних модулів, суттєву залежність дальності зв'язи від коефіцієнта пропускання лазерного випромінювання в атмосфері при різних погодних умовах.

Сдерживаючим фактором в розвитку FSO систем є наявність перешкоджань в оптичному каналі передачі даних і внутрішніх шумів фотоприймального пристрою, що знижують якість зв'язи і передачі даних. Тому актуальними є дослідження, що дозволяють підвищити якість зв'язи FSO систем за рахунок

Експериментальні дослідження атмосферних оптичних ліній оперативно-диспетчерської зв'язи

снижения уровня помех в таких системах. Одним из методов решения поставленной задачи является использование вейвлет-преобразований для выделения сигналов на фоне шумов.

Постановка задачи и её решение. В данной работе рассмотрена задача создания экспериментальной установки FSO системы связи с блоком вейвлет-фильтрации шумов и исследования возможности снижения уровня битовых ошибок (bit error rate, BER) в зависимости от длины линии связи и параметров блока фильтрации.

Вейвлет-преобразование сигнала состоит в декомпозиции сигнала по базису, сформированному из локализованной функции $\psi(t)$, посредством изменения масштаба и переноса [5, 6]

$$\psi_{\alpha,\beta}(t) = |\alpha|^{-1/2} \cdot \psi[(t - \beta)/\alpha]. \quad (1)$$

Интегральное вейвлет-преобразование функции $f(t)$ записывается в виде

$$[W_{\psi}f](\alpha, \beta) = |\alpha|^{-1/2} \cdot \int_{-\infty}^{+\infty} f(t) \cdot \psi^* [(t - \beta)/\alpha] dt = \int_{-\infty}^{+\infty} f(t) \cdot \psi^*_{\alpha,\beta}(t) dt, \quad (2)$$

где звездочкой отмечено комплексное сопряжение. Существует значительная свобода при выборе функции, порождающей базис вейвлет-преобразования (базисной вейвлет-функции), что является одним из достоинств, поскольку можно выбрать вейвлет-функцию, позволяющую наилучшим образом решить поставленную задачу. Имеется множество функций, используемых для построения базисов вейвлет-преобразования. Для цифровых сигналов такими являются функции вейвлета Хаара. Достоинством последнего является его ортогональность, что позволяет использовать его в дискретном преобразовании с применением быстрого вейвлет-преобразования, а также обеспечивает возможность реконструкции сигналов и функций.

Вейвлет-декомпозиция и вейвлет-реконструкция в базисе Хаара тестового сигнала проводилось с использованием быстрого вейвлет-преобразования по алгоритму Малла. Алгоритм выбора порога, тип порога и его уровня выполнен в соответствии с работой [7]. Была разработана программа для расчета вероятности битовых ошибок BER в оптическом канале с шумами в зависимости от

длины линии связи L в предположении, что излучатель имеет диаграмму направленности в форме конуса с углом при вершине $2\theta = 0,097^\circ$.

Схема разработанной экспериментальной FSO линии связи приведена на рис.1.

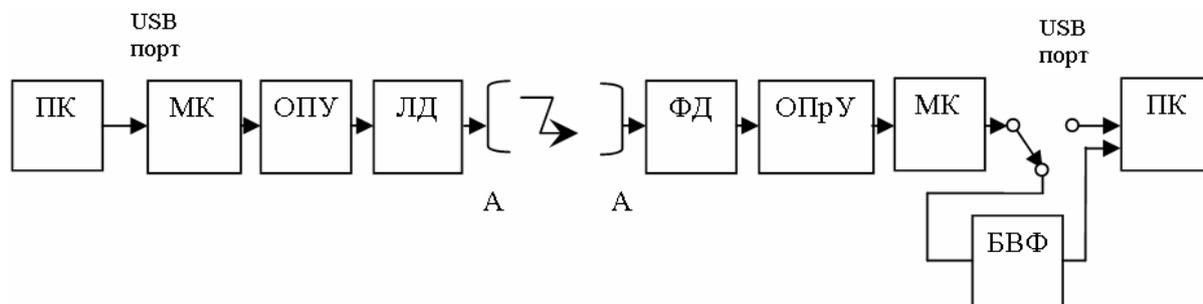


Рис. 1 – Схема экспериментальной атмосферной оптической линии связи

Экспериментальная линия построена следующим образом. На передающем конце, на персональном компьютере (ПК) установлена программа формирования испытательного сигнала со счетчиком сформированных импульсов. В качестве испытательного сигнала используется последовательность нулей и единиц. Через USB порт тестовый сигнал поступает на микроконтроллер (МК). МК согласует ПК с оптическим передающим устройством (ОПУ), которое обеспечивает модуляцию лазерного диода (ЛД). С выхода диода оптический сигнал поступает в антенну (А). Был выбран лазер с мощностью излучения $P_u = 1$ мВт и рабочей длиной волны $\lambda_p = 650$ нм.

Приемная часть экспериментальной линии связи содержит антенну (А), с которой сигнал поступает на фотодиод (ФД). Для упрощения эксперимента фокусирующие антенны на обоих концах линии связи не использовались. Усиление протектированного сигнала осуществлялось в оптическом приемном устройстве (ОПрУ). Для согласования с USB портом ПК между ОПрУ и ПК установлен МК, с выхода которого сигнал по USB шине подавался либо непосредственно на ПК, либо через блок вейвлет-фильтрации (БВФ). На ПК установлена программа для вычисления BER, в которую вводится исходное число заданных тестовых бит на передающем конце установки. Для анализа параметров

принятого сигнала использовалась стандартная программа SystemVue 2006.

Блок вейвлет-фильтра в экспериментальной установке работал с вейвлетом Хаара, с жестким порогом для эвристического алгоритма Штейна. Обработка выполнялась на первом и на втором уровне вейвлет-разложения (БВФ 1 и 2 порядка). Использование последующего порядка декомпозиции вейвлет-обработки дает несущественный выигрыш в сравнении с обработкой на первом уровне.

Измерения проводились при отсутствии дождя и тумана при влажности воздуха 40%. Для исключения влияния внешних оптических помех эксперимент выполнялся при отсутствии естественных и искусственных источников света рабочего диапазона фотодетектора. Для исключения влияния внешних радиопомех на электронные блоки экспериментальной установки применялось экранирование, фильтры по питанию и организационные мероприятия по выключению работающих источников таких помех на время эксперимента.

На рис. 2 представлены графики экспериментальных зависимостей BER от длины линии связи без (кривая 1) и с вейвлет-фильтрацией (кривые 2, 3) сигнала.

Существенный эффект по уменьшению BER от использования блока вейвлет-фильтра наблюдается на расстояниях $R < 90$ м. Например, на 89 м за счет вейвлет-фильтрации BER можно снизить почти на два порядка, а на 91,4 м всего в 2,6 раза. Применение вейвлет-фильтра на расстояниях $R > 90$ м значительного эффекта не дает.

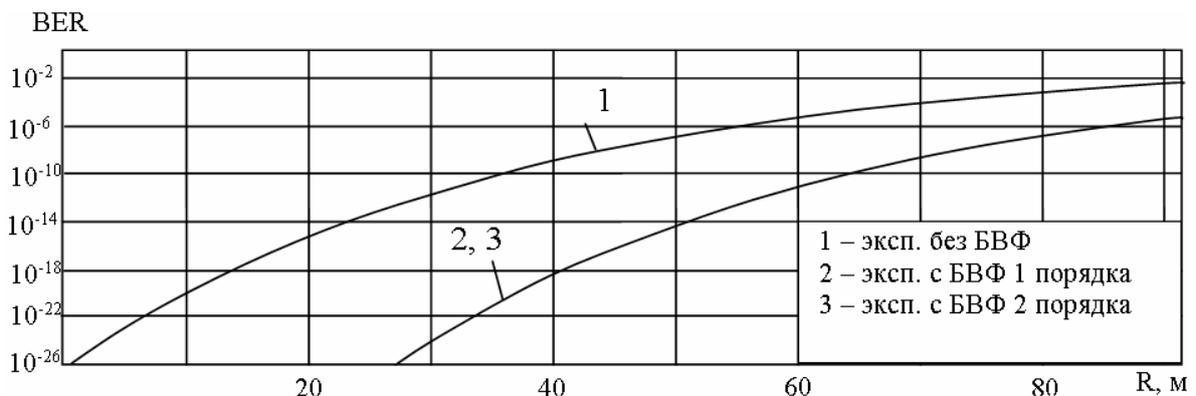


Рис. 2 – Экспериментальная зависимость вероятности битовых ошибок от длины линии связи

Результаты экспериментальных исследований подтверждают возможности использования вейвлет-фильтрации для уменьшения вероятности битовых ошибок BER.

Выводы. Из анализа экспериментальных исследований атмосферных оптических линий связи следуют следующие выводы:

1. В качестве базисных функций при обработке цифровых сигналов передачи оперативной информации целесообразно выбирать функции Хаара, являющиеся наиболее близкими к собственным функциям этих сигналов.

2. Сопоставление качества приема цифровых сигналов в линии связи с обработкой с помощью вейвлет-преобразования (по алгоритму Малла) и без такового показало, что с использованием преобразования вероятность ошибки уменьшается на несколько порядков, особенно на коротких трассах с высоким уровнем сигнал/шум. На протяженных трассах эта разница составляет более двух порядков.

3. Применение вейвлет-разложения позволяет увеличить протяженность линии связи в 1,5-2 раза, что является важным показателем эффективности вейвлет-обработки и подтверждает работоспособность атмосферных оптических линий связи при организации оперативно-диспетчерской связи аварийно-спасательных подразделений МЧС.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гауэр Д. Оптические системы связи. М.: Радио и связь, 1989.— 504 с.
2. Голуб Ю.В., Шостко І.С., Фещенко А.Б. Оптична обробка сигналів. Харків: ХВУ, 2004. – 112 с.
3. Столлингс В. Компьютерные системы передачи данных. М.: Издательский дом “Вильямс”, 2002. – 928 с.
4. Alan E. Willner, Louis Christen, John E. McGeehan Physical Layer Routing in Free-Space Optical networks // LEOS, oct. 2005, p. 36-39.
5. Дремин И.М, Иванов О.В, Нечитайло В.А. Вейвлеты и их использование // Успехи физических наук. 2001. Т. 171, № 5. с. 445-501.
6. Воробьев В.И., Грибунин В.Г. Теория и практика вейвлет-преобразования. С.-Петербург: ВУС, 1999. с. 204.

7. Марчук В.С, Колтыков А.В. Исследование влияния порядка разложения вейвлет-преобразования и алгоритмов выбора порога ограничения вейвлет-коэффициентов на снижение уровня шумов в волоконно-оптических системах связи с устройствами вейвлет-фильтрации шумов // Радиотехника: Всеукр. межвед. науч.-техн. сб. 2006. Вып. 144. с. 246-250.

УДК 614.8

*Міхно Ю.О., канд. техн. наук, доц., УЦЗУ,
Кулаков О.В., канд. техн. наук, заст. нач. каф., УЦЗУ*

АНАЛІЗ НЕБЕЗПЕЧНИХ РЕЖИМІВ РОБОТИ ХОЛОДИЛЬНИХ МАШИН

(представлено д-ром техн. наук Бодянським Е.В.)

З метою аналізу можливих небезпечних режимів роботи проведений аналіз класичного циклу роботи холодильної машини. Найбільш гарячою зоною всієї холодильної установки є місце на виході з компресору (перед конденсатором). Небезпечним режимом роботи холодильної машини є робота компресора в режимі з “вологою парою”

Постановка проблеми. В процесі експлуатації холодильні установки порушують екологічний баланс навколишнього середовища, виділяючи значну кількість тепла і небезпечні речовини. Встановлено [1], що за 10 – 11 років роботи навіть найсучасніші промислові холодильні установки повністю втрачають холодильний агент, який надходить в атмосферу.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. До недавнього часу основним холодоагентом холодильних машин був аміак (NH_3) – за нормальних умов горючий безкольоровий газ з різким дратуючим запахом нашатирного спирту. При збільшенні тиску або охолодженні (до мінус $33,4^\circ\text{C}$ при атмосферному тиску) аміак легко стискується у безбарвну рідину [2]. При концентрації аміаку в повітрі від 11 до 28% створюються вибухонебезпечні суміші. Навіть невелика загазованість територій приводить до пригнічення і загибелі рослинного покриву.