

скорочуються на 80 тис. грн. Отже, частково розподіливши скорочення загальних витрат системи між її учасниками, можна отримати синергетичний ефект в розмірі 40 тис. грн/добу. Такий підхід до управління параметрами поїздопотоків підвищить конкурентоспроможність залізниць на транспортному ринку вантажних перевезень.

**Список літератури:** 1. Тихонов К. К. Теоретические основы выбора оптимальных весовых норм грузовых поездов. - М.: Транспорт, 1970. - 200 с. 2. Кочнев Ф. П., Сотников И. Б. Управление эксплуатационной работой железнодорожных дорог: Учеб. Пособие для вузов. - М.: Транспорт, 1990. - 424 с. 3. Савенко А. С., Музика Г. И. Оптимизация массы грузовых поездов на участках // Транспорт: Сб. науч. Тр. - Вып. 8 - Днепропетровск: ДИИТ. - 2001. с.93-97. 4. Крапивный, В. А. Вес поезда. Ориентиры, проблемы, опыт. На основе развития инфраструктуры магистрали / В. А. Крапивный, В. А. Анисимов // Железнодорожный транспорт. - 2005. - № 3. - С. 30-36. 5. Козаченко Д. М. Визначення раціональних параметрів поїздопотоків на залізничних напрямках / Д. М. Козаченко, Г. Я. Мозолевич, О. О. Мазуренко // Восточно-Европейский журнал передовых технологий, - 2011. - № 2/3 (50). - С. 40-45. 6. Козаченко Д. М. Моделювання роботи залізничного напрямку / Д. М. Козаченко, Г. Я. Мозолевич, О. В. Власюк // Вісник ДНУЗТ, Вип. 28, Д.: ДІТ, 2009, - с. 143-148. 7. Козаченко Д. М. Дослідження параметрів потоків поїздів на залізничних напрямках / Д. М. Козаченко, Г. Я. Мозолевич // Восточно-Европейский журнал передовых технологий, № 3/5 (45), 2010, с. 17-21.

*Надійшла до редколегії 20.03.2013*

УДК 656.222.3

**Підвищення конкурентоспроможності залізничних перевезень шляхом управління параметрами вантажних поїздопотоків/ Мозолевич Г. Я. // Вісник НТУ «ХП». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. - Х: НТУ «ХП», - 2013. - № 1 (977). - С. 37-42. - Бібліогр.: 7назв.**

В статті пропонується за допомогою управління параметрами ваги та довжини поїздів зменшити загальні витрати учасників логістичної ланки вантажних потоків.

**Ключевые слова:** залізничне напрямлення, вага та довжина поїздів, конкурентоспроможність залізничних перевезень.

There was suggested the possible way of reduction of the total cost of the participants of the logistical chain by means of the controlling the parameters of the mass and length of the trains.

**Keywords:** railway direction, mass and length of the trains, competitiveness of the railways.

УДК 621.391

**А. В. ВОРГУЛЬ**, канд. техн. наук, доц., ХНУРЕ, Харків;

**Ю. Х. СУЛЕЙМАН**, аспірант, ХНУРЕ, Харків

### **АДАПТАЦИЯ ЦИФРОВОЙ СИСТЕМЫ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ К МЕТЕОРНОМУ КАНАЛУ**

Проведено комп'ютерне моделювання методів адаптації цифрової системи передачі інформації до метеорного каналу. Розглянуто АРУ з цифровим управлінням та лінійний еквалайзер. Сделано рекомендації по використанню методів для умов метеорного каналу.

**Ключевые слова:** АРУ, лінійний еквалайзер, АБГШ, метеорна система передачі інформації, метеорний канал.

**Введение.** Целью работы является проверка в ходе компьютерного моделирования характеристик цифровой системы передачи информации (ЦСПИ) в условиях метеорного канала и возможностей элементов цифровых систем адаптации по улучшению этих характеристик.

В качестве методов адаптации рассматриваются АРУ с цифровым управлением и линейный эквалайзер [1-3].

**Моделируемая ЦСПИ.** В статье рассматривается работа приемной части ЦСПИ. Из рассмотрения исключены входные цепи приемника и аналоговый преобразователь частоты. Сигнал на входе усилителя относится к промежуточной частоте и подвергается дискретизации.

© А. В. ВОРГУЛЬ, Ю. Х. СУЛЕЙМАН, 2013

Все операции по демодуляции и декодированию скрыты от рассмотрения в блок "приемник".

Для борьбы с многолучевостью в канале применяется линейный эквалайзер.

Структурная схема части ЦСПИ, рассматриваемая в работе, имеет вид, см. рис. 1 [4]:

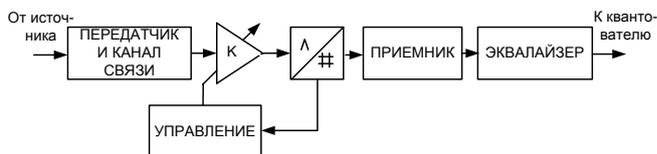


Рис.1 - Структурная схема исследуемой цифровой системы передачи информации

**Особенности метеорного канала передачи.** Известно, что метеорный след рассеивает передаваемый сигнал большим числом ионов и электронов, из которых состоит [5]. Они переизлучают сигнал независимо. Для ненасыщенного следа считается, что волна проникает в след насквозь. Важно то, что сигнал в точке приема интегрально связан с отражением каждой заряженной частицы, причем с учетом частоты и фазы. Такой канал можно представить как многолучевой с большим числом лучей. Амплитуда сигнала на выходе такого канала, см. рис. 2, обладает типичными участками – гладкого быстрого роста и осцилляций на фоне затухания. Параметры (время нарастания, темп затухания период осцилляций) отличается большим разнообразием.

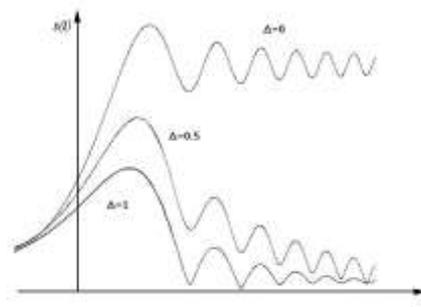


Рис. 2 - Амплитуда сигнала, отраженного от метеорного следа

**Автоматическая регулировка усиления.** Перед АЦП используется усилитель с автоматической регулировкой усиления (АРУ). В данной цифровой системе цель АРУ – максимально использовать динамический диапазон АЦП (т.е., "растянуть" сигнал по амплитуде почти до предела АЦП) в условиях переменного коэффициента передачи канала. Целью элемента управления, см. рис.1, является установить параметр К (коэффициент усиления) так, чтобы

$$K^2 \cdot \overline{(r^2(t))} \Big|_{t=kT} \approx \overline{s^2(iT)} = \overline{s^2[iT]},$$

где  $r(t)$  - сигнал на входе усилителя,  $s[iT]$  – сигнал на выходе АЦП,  $\bar{x}$  – среднее, вычисленное за N отсчетов. Процедура адаптации может быть разной [3], например,

$$K_{i+1} = K_i - \mu \cdot \{ (s[iT] - S)^2 \cdot \overline{s^2[iT]} / a \},$$

где  $\mu$  – параметр, играющий ключевую роль.

**Остаточная ошибка и ее снижение с помощью эквалайзера.** Если отсутствуют шумы и многолучевости ли канал линейный и неискажающий, то импульсную характеристику канала, см., например, [1-3], можно рассматривать как  $h(t) = K_0 \cdot \delta(t - \Delta)$ , где  $K_0$  — затухание в канале и  $\Delta$  — время распространения сигнала в канале, скорее всего, неизвестное.

Если же имеются несколько (N) путей распространения сигнала, то, в рамках линейной модели канала, импульсная характеристика примет вид:

$$h(t) = K_1 \cdot \delta(t - \Delta_1) + K_2 \cdot \delta(t - \Delta_2) + \dots + K_N \cdot \delta(t - \Delta_N)$$

Для цифрового сигнала  $y[kT]$  на входе приемника, с учетом шума, получим:

$$y[kT] = K_0 \cdot u[kT] + K_1 \cdot u[(k-1)T] + \dots + K_N \cdot u[(k-N)T] + \eta[kT],$$

где  $u[kT]$  – входной сигнал,  $\eta[kT]$  – шум.

Целью разработки эквалайзера является создать такой цифровой фильтр для сигнала  $y[kT]$ , чтобы на выходе фильтра была только одна компонента. При использовании

дополнительной дискретизации  $T_s = T/L$  можно работать с шагом, меньшим длительности символа  $T$ . Это позволяет добиться лучшего качества, но потребует меньшего шага. При этом можно рассмотреть разные подходы [1-3].

а). Линейный эквалайзер, основанный на методе наименьших квадратов с обучением.

Для работы данного варианта эквалайзера необходимо знать переданный сигнал в точке приема. Другими словами, в работе приемника необходимо предусмотреть периодическую настройку по обучающему сигналу. Если это так, то для решения задачи составляется матричное уравнение для определения ошибки на выходе эквалайзера, неизвестными параметрами которого являются коэффициенты КИХ фильтра (эквалайзера) и величины задержек  $\Delta_j$ . Для пробного значения величины искомой задержки в данном методе задача решается методом наименьших квадратов. Недостатком метода является то, что задачу необходимо решать многократно для разных пробных значений задержек  $\Delta_j$ .

Если усложнить составленное для решения матричное уравнение, подставив в матрицу все возможные задержки, то по минимуму значения ошибки можно выбрать величину задержки автоматически. Это удобно, но приводит к увеличению размерности решаемой задачи и к усложнению.

б). Линейный эквалайзер, использующий адаптацию.

Матрица для определения ошибки строится аналогично предыдущему методу, но обращать матрицу не нужно, необходимо, используя метод максимально быстрого спуска, оценивать конечную разность. В результате получим многошаговый алгоритм.

в). Решение – ориентированный линейный эквалайзер.

При данном подходе не требуется тестовый (обучающий) сигнал. Это позволяет существенно улучшить характеристики системы в целом. Метод основан на определении разности между сигналами на входе и выходе решающего устройства. Это разность и считается ошибкой. С этим значением ошибки используется предыдущий метод.

г). Линейный эквалайзер, по алгоритму Годарда.

В методе минимизируется дисперсия ошибки, определяемой как в предыдущем методе.

Метод, как правило, дает сходящийся ответ из худшего начального условия, чем первые два метода, но не так надежен, как они. Для конкретной задержки, (средне) квадратичная поверхность функции ошибок, убывающая вдоль градиента из алгоритма с обучением, унимодальна. Таким образом, независимо от того, где поиск инициализируется, он находит желаемый единственный минимум, связанный с нужной задержкой. Характеристическая функция дисперсий является мультимодальной.

**Выводы.** Результатом работы является, во-первых, моделирование АРУ с простым цифровым управлением. Операция усреднения может быть эффективно реализована. Выбором параметра  $\mu$  можно регулировать скорость адаптации или степень сглаживания. Для ЦСПИ и метеорного канала  $\mu = 0.002 \dots 0.05$ . Для снижения остаточной ошибки использован линейный эквалайзер, работающий с передискретизированным сигналом. Число возможных каналов эквалайзера в этом случае определяется параметром дискретизации  $L$  и длительностью метеорного следа (единицы, реже десятки секунд). Рассмотренные методы построения эквалайзера позволяют получить разумный компромисс между скоростью обработки и достигаемой погрешностью.

**Список литературы:** 1. Прокис, Дж. Цифровая связь. [Текст] / Дж Прокис . – М.: Радио и связь, 2000. – 800 с. 2. Скляр, Б. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение. [Текст] / Б Скляр. Изд. 2-е, испр. :Пер. с англ.— М.: Издательский дом «Вильямс», 2007.— 1104 с . 3. Johnson, Jr. C. R. Software Receiver Design. Build Your Own Digital Communications. System in Five Easy Steps. [Текст] / C. R. Johnson, Jr., W. A. Sethares, A. G. Klein — Cambridge: Cambridge University Press, 2011. – – 465. 4. Воргуль, А. В. Метеорная система передачи информации: пути к модернизации [Текст] / А. В.

УДК 621.391

**Адаптация цифровой системы передачи информации к метеорному каналу/ Воргуль А. В., Сулейман Ю. Х // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2013. - № 1 (977). – С. 42-45. – Бібліогр.:5 назв.**

Проведено комп'ютерне моделювання методів адаптації цифрової системи передачі інформації до метеорного каналу. Розглянуто автоматичний регулятор підсилення з цифровим керуванням та лінійний еквалайзер. Зроблені рекомендації щодо використання методів для умов метеорного каналу.

**Ключові слова:** АРП, лінійний еквалайзер; АБГШ, метеорна система передачі інформації, метеорний канал.

Computer simulation of adaptation methods for a digital data communication system for meteor burst channel is carried out. AGC with digital control and linear equalizer are considered. Recommendations on use of the methods for the conditions of meteor burst channel are made.

**Keywords:** AGC, linear equalizer, AWGN, meteor burst telecommunication system, meteor burst channel.

УДК621.391

**В. Л. СТЕРИН**, директор, Харьковский филиал АО «Киевстар»;

**Т. В. ВАВЕНКО**, аспирант, ХГУРЭ, Харьков;

**Д. М. ЕФЕРОВ**, магистрант, Харьковский университет воздушных сил им. И.Кожедуба, Харьков,

### **МАРШРУТИЗАЦИЯ С БАЛАНСИРОВКОЙ НАГРУЗКИ ПО ДЛИНЕ ОЧЕРЕДИ НА УЗЛАХ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ**

Предложена потоковая модель многопутевой маршрутизации с балансировкой нагрузки по длине очереди на узлах телекоммуникационной сети, проведено ее исследование и сравнение с другими моделями.

**Ключевые слова:** многопутевая маршрутизация с балансировкой нагрузки, многопутевая задержка, коэффициент максимального использования каналов связи, длина очереди, трафик.

**Введение.** В современных телекоммуникационных сетях (ТКС), которые развиваются в рамках концепции NGN (NextGenerationNetwork) [1, 2], значения показателей качества обслуживания (QualityofService, QoS) [3] во многом зависят от эффективности решения задач маршрутизации. Одним из направлений развития современных протоколов маршрутизации является придание им функций балансировки нагрузки по множеству путей. Реализация технологии балансировки нагрузки на практике позволяет оптимизировать решение задачи маршрутизации и эффективно использовать ресурсы сети, в результате чего улучшаются значения показателей QoS. Задачи балансировки нагрузки актуальны как при модернизации протоколов маршрутизации, так и для усовершенствования процедур распределения информации в ходе решения проблем проектирования телекоммуникационных систем. Задача маршрутизации (распределения потоков) в телекоммуникационных системах является одной из частных задач наряду с такими задачами как выбор топологии и пропускных способностей каналов связи, но одной из ключевых, от которой зависят численные значения показателей QoS.

При этом совершенствование протоколов маршрутизации во многом обусловлены пересмотром математических моделей и методов, положенных в их основу. В этой связи актуальной научной и прикладной задачей является совершенствование известных или развитие новых моделей маршрутизации с балансировкой нагрузки [4, 5].