

Міністерство транспорту та зв'язку України
Українська державна академія залізничного транспорту

Сухорада Олександр Іванович

УДК 621.391.22:621.396.96

**СИСТЕМИ ПРИЙОМУ СИГНАЛІВ В КАНАЛАХ ЗІ
СТАТИСТИЧНО-НЕОДНОРІДНИМИ СЕРЕДОВИЩАМИ**

05.12.02 – Телекомунікаційні системи та мережі

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня

кандидата технічних наук

Харків - 2007

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Українській державній академії залізничного транспорту Міністерства транспорту та зв'язку України.

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор **Поляков Петро Федорович**, Київський економіко-технологічний університет транспорту, завідувач кафедри “Менеджмент захисту інформації”

Офіційні опоненти: - доктор технічних наук, професор **Поповський Володимир Володимирович**, Харківський національний університет радіоелектроніки, завідувач кафедри “Телекомунікаційні системи”

кандидат технічних наук, **Сивашенко Сергій Іванович**, Харківський інститут військово-повітряних сил ім. І. Кожедуба, начальник науково-дослідної лабораторії кафедри “Радіотехнічних систем навігації і посадки”

Провідна установа – Одеська національна академія зв'язку ім. О.С. Попова, Міністерства транспорту та зв'язку України, кафедра “Системи документального електрозв'язку”, м. Одеса

Захист відбудеться “_13_” червня 2007р. о _14_ год. На засіданні спеціалізованої вченої ради Д. 64.820.01 при **Українській державній академії залізничного транспорту** за адресою: 61050, м. Харків, майдан Фейєрбаха, 7.

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці Української державної академії залізничного транспорту.

Відгук на автореферат просимо надсилати за адресою:

Україна, 61050, м. Харків, майдан Фейєрбаха, 7.

Автореферат розісланий “_7_” травня 2007 р.

***Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради***

к.т.н., доцент

Книгавко М.В.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

АКТУАЛЬНІСТЬ ТЕМИ. Всезростаюча ступінь інформатизації суспільства вимагає створення високошвидкісних мереж зв'язку, відповідної техніки телекомунікації і каналів зв'язку з високою пропускнуою здатністю. Особливо великі труднощі на цьому шляху виникають при передачі інформації по радіоканалам. Більшість реальних каналів передачі інформації являють собою середовища з випадковими неоднорідностями (радіоканали, що містять статистично неоднорідні середовища).

Фундаментальні праці В.А. Котельникова [Теория потенциальной помехоустойчивости. –М.-Л.: Госэнергоиздат, 1956], які стосуються оптимальних методів прийому сигналів, статистичного синтезу прийомних пристроїв в однопроменевому каналі з флуктуаційним білим шумом коли сигнал відомий точно, і праці К. Шеннона [Математическая теория связи. В кн.: Работы по теории информации и кибернетике. – М.: 1963.] по теорії оптимального кодування в каналах з постійними параметрами і гаусівським шумом утворили новий науковий напрямок – статистична теорія зв'язку. Перші праці в межах цього напрямку, в яких запропоновані методи прийому в радіоканалах, що містять частотно-селективні статистично неоднорідні середовища з флуктуаційним шумом, з'явилися в кінці 50-х – на початку 60-х років (Turin G.L., Bello P.A., Кловський Д.Д.). В подальшому статистична теорія зв'язку по радіоканалам, які містять статистично неоднорідні середовища розвивалася дякуючи працям вітчизняних та закордонних вчених (Андронов І.С., Белло Р.А., Ван Трис Гарри Л., Діторо М., Кеннеді Р., Кирилов Н.Е., Кловський Д.Д., Коржик В.І., Михайлов А.В., Міллер Дж. М., Немировский А.С., Окунев Ю.Б., Пірс П., Поляков П.Ф., Поповський В.В., Проукіс Дж. Ж, Сойфер В.А., Фінк Л.М. та ін.).

Аналіз систем зв'язку, в якому реалізовані деякі з названих методів (система „СІІП”, „Рейк” та ін.) показує, що системи є або досить складними в практичній реалізації, або реалізують суттєво неоптимальні алгоритми прийому сигналів в радіоканалах, які містять статистично неоднорідні середовища.

Задача створення систем прийому сигналів які пройшли канал зв'язку зі статистично неоднорідними середовищами і адитивними завадами, рішення якої дозволило б створити оптимальні алгоритми радіоприйому, на умовах простої технічної їх реалізації є актуальною.

ЗВ'ЯЗОК РОБОТИ З НАУКОВИМИ ПРОГРАМАМИ, ПЛАНАМИ, ТЕМАМИ. Робота виконувалась згідно з Концепцією розвитку ЄНСЗ в Україні, Концепцією розвитку телекомунікаційних систем на залізничному транспорті України, Програмою створення системи Міністерства транспорту та зв'язку України єдиної транспортної мережі зв'язку, планами перспективного розвитку ВАТ „Укртелеком” та його Харківської дирекції.

Результати роботи використовувались в науково-дослідних роботах кафедри “Транспортний зв’язок” Української Державної академії залізничного транспорту, які виконувались за держбюджетним та госпрозрахунковим планами.

МЕТА. Метою дисертаційної роботи є розробка методів та систем прийому сигналів, які пройшли канал зв’язку зі статистично-неоднорідними середовищами та адитивними завадами, синтезу алгоритмів і систем прийому сигналів, аналізу їх завадостійкості при довільних випадкових параметрах сигналів та завад.

Задача дослідження. Відповідно до поставленої мети в дисертаційній роботі вирішуються такі основні задачі дослідження:

1. Розробка марковської моделі каналу зв’язку зі статистично неоднорідними середовищами.
2. Розробка методів прийому сигналів на виході каналу зі статистично неоднорідними середовищами при наявності адитивних завад.
3. Синтез алгоритмів і систем прийому радіосигналів, на виході каналу зі статистично неоднорідними середовищами і адитивними завадами.
4. Дослідження якості, аналіз алгоритмів і систем прийому радіосигналів.

Об’єктом дослідження в дисертаційній роботі є процес перетворення сигналів в каналах зі статистично неоднорідними середовищами.

Предметом дослідження є оптимальні методи, алгоритми та системи прийому сигналів в каналах зі статистично неоднорідними середовищами при дії адитивних завад.

Методами дослідження є теорія функціонального аналізу, теорія випадкових процесів, теорія ймовірностей, математична статистика.

НАУКОВА НОВИЗНА ОТРИМАНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ. Головним новим науковим результатом дисертаційної роботи є створення теорії статистичного синтезу оптимальних (квазіоптимальних) методів і систем прийому сигналів, які пройшли канал зв’язку зі статистично неоднорідними середовищами при наявності адитивних завад на базі марковського підходу:

У межах головного результату отримані наступні наукові результати:

1. Отримали подальший розвиток моделі каналу зв’язку зі статистично неоднорідними середовищами (канали з розсіюванням в часі і по частоті) на базі марківського підходу;
2. Розроблені методи та алгоритми оптимального і квазіоптимального прийому радіосигналів в каналах зі статистично неоднорідними середовищами при наявності

часових завмирань та адитивних завад довільної структури, зокрема зосереджених по спектру завад;

3. Вперше синтезовані схеми оптимальних і квазіоптимальних прийомних систем сигналів в каналах зі статистично неоднорідними середовищами при наявності часових завмирань і адитивних завад;
4. Досліджені застосування розроблених моделей до каналу II роду, коли час кореляції часових завмирань більший тривалості “пам’яті” каналу.
5. Досліджені можливості використання складних сигналів для передавання повідомлень по каналам зі статистично неоднорідними середовищами при використанні марковської моделі каналу.
6. Проведений аналіз завадостійкості отриманих алгоритмів і систем прийому сигналів в каналах зі статистично неоднорідними середовищами, який показав їхню досить високу працездатність, що забезпечує оптимальність прийому обробки сигналів.
7. Використовуючи одержані системи нелінійних диференційних рівнянь для оціночних значень параметрів радіосигналів що фільтруються і для кумулянтів проведений розрахунок завадостійкості синтезованих прийомних пристроїв при різних видах модуляції. Аналіз результатів розрахунків дозволив зробити висновок про оптимальність синтезованих алгоритмів. Завадостійкість синтезованих систем прийому відповідає завадостійкості прийому при розподілі і когерентному складанні окремих променів.

ПРАКТИЧНЕ ЗНАЧЕННЯ ОДЕРЖАНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ. В модифікації мобільної системи радіозв’язку “Оріон-4” використаний синтезований в дисертації алгоритм прийому частотно-модульованого радіосигналу на несучій частоті $f_0=151\text{МГц}$ та з індексом модуляції $m_{\text{ЧМ}}=3$. Крім того, отримані результати використовуються також у навчальному процесі кафедри “Транспортний зв’язок”, де виконувалася дана робота.

ОСОБИСТІЙ ВНЕСОК ЗДОБУВАЧА. Робота виконана на кафедрі “Транспортний зв’язок” УкрДАЗТ. Основні результати, отримані в дисертаційній роботі, належать особисто авторові і повністю опубліковані в фаховій літературі [1-7].

АПРОБАЦІЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДИСЕРТАЦІЇ. Апробація основних положень дисертаційної роботи провадилася в ході п’яти доповідей на чотирьох міжнародних науково-технічних конференціях та на Міжнародній школі-семінарі [8-14].

ПУБЛІКАЦІЇ. Основні результати дисертаційної роботи опубліковані у восьми наукових працях, з яких 1 виконана без співавторства. Серед праць 6 статей в наукових журналах і збірниках наукових праць; усі надруковані у фахових виданнях, затверджених ВАК України, а також 2 тез доповідей на науково-технічних конференціях.

СТРУКТУРА ТА ОБСЯГ ДИСЕРТАЦІЇ. Дисертація складається із вступу, чотирьох розділів, висновку, списку використаної літератури. Загальний обсяг дисертації складає 134 сторінки: 120 основного тексту та 12 рисунків. Список використаних джерел містить 148 найменувань викладених на 12 сторінках.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У ВСТУПІ розкрито зміст та стан проблеми, обґрунтовується актуальність теми дослідження, зазначається зв'язок роботи з науковими програмами і темами, формулюються мета та завдання дослідження, визначаються об'єкт, предмет та методи дослідження, формулюється наукова новизна та практичне значення отриманих результатів.

У ПЕРШОМУ РОЗДІЛІ проведено аналіз сучасного стану проблеми прийому сигналів в каналах зі статистично-неоднорідними середовищами. Особливу увагу приділено аналізу і систематизації наукових публікацій в області теорії, методів, алгоритмів прийому сигналів в каналах зі статистично неоднорідними середовищами, особливо в каналах II роду (по Сіфорову В.І.), або таких, що наближаються до нього. Виділені проблемні місця і напрямки подальших досліджень в цій області.

У ДРУГОМУ РОЗДІЛІ викладені результати створення моделі каналу зв'язку зі статистично неоднорідними середовищами, зокрема каналу з частотно-селективними та тимчасовими завмираннями.

Узагальнена модель лінійного полосового каналу зв'язку може бути представлена у вигляді лінійного чотириполюсника із змінними частотнозалежними параметрами і характеристикою передачі $Y(j\omega, t) = Y(\omega, t) \exp[j\varphi_y(\omega, t)]$. Використовуючи представлення коефіцієнта передачі (модуля і аргумента) і розкладаючи функції $Y(\omega, t)$ і $\varphi_y(\omega, t)$ в ряд Тейлора за аргументом ω довкола ω_0 , одержимо таке описання моделі каналу:

$$Y(j\omega, t) = \sum_{k=0}^{\infty} \frac{\partial^k V(\omega, t)}{K! \partial \omega^K} \Big|_{\omega = \omega_0} (\omega - \omega_0)^K \cdot \prod_{k=0}^{\infty} \exp j \left[\frac{\partial^k \varphi(\omega, t)}{K! \partial \omega^K} \Big|_{\omega = \omega_0} (\omega - \omega_0)^K \right], \quad (1)$$

де

$$Y^{(K)}(\omega_0, t) = \frac{\partial^k V(\omega, t)}{K! \partial \omega^K} \Big|_{\omega = \omega_0};$$

$$\varphi_Y^{(K)}(\omega_0, t) = \frac{\partial^k \varphi(\omega, t)}{K! \partial \omega^K} \Big|_{\omega = \omega_0}.$$

Таким чином одержано опис адекватної багатоканальної моделі кожен канал котрої являє собою чотиріполюсник, що здійснює амплітудне зважування у відповідності з функцією $Y^{(K)}(\omega_0, t)$, амплітудно-частотну корекцію у відповідності з степеневою функцією $(\omega - \omega_0)^K$; $K=0, 1, 2, \dots$ і фазочастотну корекцію у відповідності з функцією $\varphi_Y^{(K)}(\omega_0, t)(\omega - \omega_0)^K$; $K=0, 1, 2, \dots$ Використовуючи отриману модель каналу зв'язку, коливання на його виході можна подати у вигляді:

$$y(t) = S_{\text{вух}}(t) + n(t), \quad (2)$$

де

$$S_{\text{вух}}(t) = \frac{1}{2\pi} \sum_{K=0}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} S(j\omega) (\omega - \omega_0)^K \frac{\partial^K Y(\omega, t)}{K! \partial \omega^K} \Big|_{\omega = \omega_0} \times$$

$$\times \prod_{K=0}^{\infty} \exp j \frac{\partial^K \varphi(\omega, t)}{K! \partial \omega^K} \Big|_{\omega = \omega_0} (\omega - \omega_0)^K e^{j\omega t} d\omega \quad (3)$$

$n(t)$ - адитивна завада в каналі зв'язку; $S(j\omega)$ - спектральна щільність сигналу, що передається.

В зв'язку з тим, що при математичному описанні каналу, тобто одержанні формули (3) не накладались обмеження на частотні і часові параметри, то модель (3), будучи адекватною каналу зі статистично неоднорідними середовищами, коли одночасно враховувати необхідно і частотно-селективні і часові завмирання, використовуючи тут корекцію нерівномірності групового запізнювання, отримаємо марковську модель каналу зв'язку:

$$S_{ii}(t) = \frac{1}{2\pi} K^{(i)}(\omega_0, t) \exp j[\varphi_K^{(0)}(\omega_0, t) + \omega_0 \tau_K(t)] \times \int_{-\infty}^{\infty} S(j\omega)(\omega - \omega_0)^i \exp j\omega[t - \tau(t)] d\omega, \quad (4)$$

У ТРЕТЬОМУ РОЗДІЛІ дисертаційної роботи автором синтезовані на основі марковської теорії нелінійної фільтрації і запропонованої ним моделі каналу зі статистично неоднорідними середовищами оптимальні і квазіоптимальні алгоритми прийому радіосигналів з кутовою модуляцією і апроксимації передаваних повідомлень марковськими процесами

Модель передаваного радіосигналу з частотною модуляцією представлена у вигляді

$$S(t, \vec{\lambda}_S(t)) = A_0 \cdot \cos[\omega_0 t + \psi(t, \vec{\lambda}_S(t))], \quad (5)$$

де A_0 і ω_0 – амплітуда несуча частота передаваного коливання відповідно;

$\Psi(t, \vec{\lambda}_S(t))$ – повільно змінювана частина фази передаваного сигналу, яка є детермінованою функцією процесу $\vec{\lambda}_S(t)$, $\vec{\lambda}_S(t) = \{\vec{\lambda}_\alpha(t), \vec{\lambda}_\beta(t)\}$; $\vec{\lambda}_\alpha(t)$ – векторний марківський випадковий процес, що є моделлю неперервно-значного повідомлення; $\vec{\lambda}_\beta(t)$ – векторний випадковий процес, що відображає наявність заважаючих факторів при формуванні сигналу в передавачі;

$$\Psi(t, \vec{\lambda}_S(t)) = \varphi_0 + M_\psi \int_0^t \lambda_\alpha(x) dx; \quad (6)$$

де M_ψ – постійний коефіцієнт; $\varphi_0(t)$ – початкова фаза.

Модель коливання на виході багатопроменевого каналу радіозв'язку (при частотній модуляції) має вигляд

$$y(\vec{\lambda}_S(t), t) = S_{\text{вих}}(\lambda_S(t), t) + n(t), \quad (7)$$

де із (4) отримаємо

$$S_{\epsilon_{ux}}(\bar{\lambda}_S(t), t) = S_{\epsilon_{ux0}}(\bar{\lambda}_S(t), t) + S_{\epsilon_{ux1}}(\bar{\lambda}_S(t), t) + S_{\epsilon_{ux2}}(\bar{\lambda}_S(t), t);$$

$$S_{\epsilon_{ux0}}(\bar{\lambda}_S(t), t) = A_0 Y^{(0)}(\omega_0, t) \cdot \cos\{\omega_0 [t - \varphi_V^{(1)}(\omega_0, t)] + \varphi_V^{(0)}(\omega_0, t) + \Psi(t, \lambda_\alpha(t))\};$$

$$S_{\epsilon_{ux1}}(\bar{\lambda}_S(t), t) = A_0 M_{\varphi} \lambda_\alpha(t) Y^{(1)}(\omega_0, t) \times \\ \times \cos\left\{\omega_0 [t - \varphi_V^{(1)}(\omega_0, t)] + \varphi_V^{(0)}(\omega_0, t) + \Psi(t, \lambda_\alpha(t)) + \frac{\pi}{2}\right\};$$

$$S_{\epsilon_{ux2}}(\bar{\lambda}_S(t), t) = A_0 M_{\varphi} \lambda_{\alpha 1}(t) Y^{(2)}(\omega_0, t) \times \\ \times \cos\left\{\omega_0 [t - \varphi_V^{(1)}(\omega_0, t)] + \varphi_V^{(0)}(\omega_0, t) + \varphi_0 + \Psi(t, \lambda_S(t)) + \frac{\pi}{2}\right\} + \\ + A_0 M_{\varphi}^2 Y^{(2)}(\omega_0, t) \lambda_\alpha^2(t) \cdot \cos\{\omega_0 [t - \varphi_Y^{(1)}(\omega_0, t)] + \varphi_Y^{(0)}(\omega_0, t) + \varphi_0 + \varphi(t, \lambda_S(t)) + \pi\};$$

Модель повідомлення відповідає наступним стохастичним диференціальним рівнянням:

$$\left. \begin{aligned} \frac{d\lambda_\alpha(t)}{dt} &= -\alpha\lambda_\alpha(t) + n_\lambda(t) \\ \frac{d\lambda_{\alpha_1}(t)}{dt} &= -\beta_1\lambda_{\alpha_1}(t) - \alpha\lambda(t) + n_\lambda(t) \end{aligned} \right\}. \quad (8)$$

де $n_\lambda(t)$ – формуючий гаусівський білий шум з нульовим математичним очікуванням і функцією

кореляції $R(\tau) = \frac{N_\lambda}{2} \delta(T)$,

$\frac{N_\lambda}{2}$ – спектральна щільність білого шуму;

α, β_1 – постійні, що визначаються параметрами формуючого фільтра.

Використовуючи марковську модель каналу (4) в дисертаційній роботі отримані наступні алгоритми оптимального нелінійної фільтрації повідомлень (8) при частотній модуляції для апостеріорної оцінки повідомлення, яке фільтрується:

$$\left. \begin{aligned}
\frac{d\lambda^*_{\alpha}(t)}{dt} &= -\alpha\lambda^*_{\alpha}(t) + K^*_{\lambda\lambda} F_{\lambda} + K^*_{\lambda\lambda_1} F_{\lambda_1} + K^*_{\lambda\Psi} F_{\Psi}; \\
\frac{d\Psi^*(t)}{dt} &= M_{\Psi}\lambda^*_{\alpha}(t) + K^*_{\lambda\Psi} F_{\lambda} + K^*_{\Psi\lambda_1} F_{\lambda_1} + K^*_{\Psi\Psi} F_{\Psi} + ; \\
\frac{d\lambda^*_{\alpha_1}(t)}{dt} &= -\beta\lambda^*_{\alpha_1}(t) - \alpha\lambda^*_{\alpha}(t) + K^*_{\lambda\lambda_1} F_{\lambda} + K^*_{\lambda_1\Psi} F_{\Psi} + K^*_{\lambda_1\lambda_1} F_{\lambda_1}
\end{aligned} \right\} \quad (9)$$

для кумулянтів в стаціонарному режимі

$$\left. \begin{aligned}
K^*_{\lambda\lambda} \tilde{F}_{\lambda\lambda} + K^*_{\lambda\lambda_1} \tilde{F}_{\lambda_1\lambda_1} + K^*_{\lambda\Psi} \tilde{F}_{\Psi\Psi} + 2K^*_{\lambda\lambda} K^*_{\lambda\lambda_1} \tilde{F}_{\lambda\lambda_1} + 2K^*_{\lambda\lambda} K^*_{\lambda\Psi} \tilde{F}_{\lambda\Psi} + 2K^*_{\lambda\lambda_1} K^*_{\lambda\Psi} \tilde{F}_{\lambda_1\Psi} - 2\alpha K^*_{\lambda\lambda} + \frac{N_{\lambda}}{2} &= 0; \\
K^*_{\lambda_1\lambda} \tilde{F}_{\lambda\lambda} + K^*_{\lambda_1\Psi} \tilde{F}_{\Psi\Psi} + K^*_{\lambda_1\lambda_1} \tilde{F}_{\lambda_1\lambda_1} + 2K^*_{\lambda_1\lambda} K^*_{\lambda_1\Psi} \tilde{F}_{\lambda_1\Psi} + 2K^*_{\lambda_1\lambda_1} K^*_{\lambda_1\Psi} \tilde{F}_{\lambda_1\Psi} + K^*_{\lambda_1\lambda} K^*_{\lambda_1\lambda} \tilde{F}_{\lambda_1\lambda_1} + \\
+ \frac{N_1}{2} - 2\beta K^*_{\lambda_1\lambda_1} - 2\alpha K^*_{\lambda\lambda_1} &= 0 \\
K^*_{\lambda\Psi} \tilde{F}_{\lambda\Psi} + 2K^*_{\Psi\lambda_1} K^*_{\Psi\lambda} \tilde{F}_{\lambda\lambda_1} + K^*_{\Psi\Psi} \tilde{F}_{\Psi\Psi} + 2K^*_{\lambda\Psi} K^*_{\Psi\Psi} \tilde{F}_{\lambda\Psi} + 2K^*_{\Psi\lambda_1} K^*_{\Psi\Psi} \tilde{F}_{\Psi\lambda_1} + K^*_{\Psi\lambda_1} \tilde{F}_{\lambda\lambda_1} - 2M_{\Psi} K^*_{\lambda\Psi} &= 0; \\
K^*_{\lambda\lambda} K^*_{\lambda\Psi} \tilde{F}_{\lambda\lambda} + K^*_{\lambda\Psi} K^*_{\Psi\Psi} \tilde{F}_{\Psi\Psi} + (K^*_{\lambda\lambda} K^*_{\Psi\Psi} + K^*_{\lambda\Psi}) \cdot \tilde{F}_{\lambda\Psi} + (K^*_{\lambda\Psi} K^*_{\Psi\lambda_1} + K^*_{\lambda_1\lambda} K^*_{\Psi\Psi}) \cdot \tilde{F}_{\lambda_1\Psi} + \\
+ (K^*_{\lambda\lambda} K^*_{\lambda_1\Psi} + K^*_{\lambda\lambda_1} K^*_{\lambda_1\Psi} \tilde{F}_{\lambda_1\lambda_1} + K^*_{\lambda_1\lambda} K^*_{\Psi\lambda}) \tilde{F}_{\lambda\lambda_1} &= 0;
\end{aligned} \right\} \quad (10)$$

де

$$\left. \begin{aligned}
K^*_{\lambda\lambda} K^*_{\lambda\lambda_1} \tilde{F}_{\lambda\lambda} + K^*_{\lambda\lambda_1} K^*_{\lambda_1\lambda_1} \tilde{F}_{\lambda_1\lambda_1} + K^*_{\lambda\Psi} K^*_{\lambda_1\Psi} \tilde{F}_{\lambda_1\Psi} + (K^*_{\lambda\lambda} K^*_{\lambda_1\lambda_1} + K^*_{\lambda\lambda_1}) \tilde{F}_{\lambda\lambda_1} + (K^*_{\lambda\lambda} K^*_{\lambda_1\Psi} + K^*_{\lambda\lambda_1} K^*_{\Psi\lambda}) \tilde{F}_{\lambda\Psi} + \\
+ (K^*_{\lambda_1\lambda} K^*_{\Psi\lambda_1} + K^*_{\lambda\Psi} K^*_{\lambda_1\lambda_1}) \tilde{F}_{\lambda_1\Psi} - 2\alpha K^*_{\lambda_1\lambda} - \beta K^*_{\lambda_1\lambda_1} + \frac{N_{\lambda}}{2}; \\
K^*_{\lambda_1\lambda} K^*_{\lambda\Psi} \tilde{F}_{\lambda\lambda} + K^*_{\lambda_1\Psi} K^*_{\Psi\Psi} \tilde{F}_{\Psi\Psi} + K^*_{\lambda_1\lambda_1} K^*_{\Psi\lambda_1} \tilde{F}_{\lambda_1\lambda_1} + (K^*_{\lambda_1\lambda} K^*_{\Psi\Psi} + K^*_{\lambda\Psi} K^*_{\Psi\lambda_1}) \tilde{F}_{\lambda\Psi} + \\
(K^*_{\lambda_1\lambda_1} K^*_{\lambda\Psi} + K^*_{\lambda_1\Psi} K^*_{\lambda\lambda_1}) \tilde{F}_{\lambda_1\lambda} + (K^*_{\lambda_1\lambda_1} K^*_{\Psi\Psi} + K^*_{\lambda_1\Psi}) \tilde{F}_{\lambda\Psi} - 2\alpha K^*_{\lambda\lambda_1} - \beta K^*_{\lambda_1\lambda_1} + \frac{N_{\lambda}}{2} &= 0;
\end{aligned} \right\}$$

$$\begin{aligned}
F(t, \lambda_{\alpha}(t), \lambda_{\alpha_1}(t), \lambda_{\alpha_2}(t)) &= -\frac{1}{N_0} \{y(t) - Y^{(0)} A_0 \cos[\Phi_0(t) + \Psi(\lambda_{\alpha}(t), t)] - \\
&- Y^{(1)} A_0 M_{\Psi} \lambda_{\alpha}(t) \cos\left[\Phi_0(t) + \Psi(\lambda_{\alpha}(t), t) + \frac{\pi}{2}\right] - Y^{(2)} A_0 M_{\Psi} \lambda_{\alpha_1}(t) \cos\left[\Phi_0(t) + \Psi(\lambda_{\alpha}(t), t) + \frac{\pi}{2}\right] - \\
&- Y^{(2)} A_0 M_{\Psi}^2 \lambda_{\alpha}^2(t) \cos[\Phi_0(t) + \Psi(\lambda_{\alpha}(t), t) + \pi]\}^2,
\end{aligned}$$

де

$$\Phi_0(t) = \varphi_k^0(\omega_0, t) + \omega_0 \tau_k(t).$$

$$F_{\lambda} = \frac{\partial F}{\partial \lambda_{\alpha}} \Big|_{\lambda_{\alpha} = \lambda_{\alpha}^*}; \quad F_{\lambda_1} = \frac{\partial F}{\partial \lambda_{\alpha_1}} \Big|_{\lambda_{\alpha_1} = \lambda_{\alpha_1}^*};$$

$$F_{\psi} = \frac{\partial F}{\partial \psi} \Big|_{\psi = \psi^*}; \quad F_{ij}(\lambda_i(t), \lambda_j(t), t) = \frac{\partial^2 F}{\partial \lambda_i \partial \lambda_j} \Big|_{\lambda_i = \lambda_i^*; \lambda_j = \lambda_j^*};$$

На основі системи стохастичних диференційних рівнянь (9) отримана схема оптимального в стаціонарному режимі прийому частотно-модульованого сигналу (5), що наведена на рис. 1.

На схемі позначено: $M_{\text{ЧМ}}$ – модулятор ЧМ радіосигналу, а $M_{\text{ДЧМ}}$ – модулятор частотної і двосмугової амплітудної модуляції з подавленою несучою.

Цікаво відзначити, що схема програмного пристрою містить блок формування оцінки повідомлення $\lambda_{\alpha}^*(t)$, параметра $\lambda_{\alpha_1}^*(t)$ і блок формування оцінки фази частотно-модульованого коливання $\Psi^*(t)$. Всі блоки об'єднані перехресними зв'язками, глибина яких визначається значеннями кумулянтів K_{ij}^* (10).

У тому випадку, коли параметри каналу зв'язку $Y^{(0)}$, $Y^{(1)}$, $Y^{(2)}$, $\tau_k(t)$ є випадковими і невідомими, то алгоритм прийому (9) містить додаткові рівняння для невідомих (або випадкових) параметрів, і відповідно схема прийомного пристрою заповнюється відповідними блоками оцінки параметрів каналу при неінформаційних параметрах сигналу. Суттєво, що параметри каналу можуть змінюватися в часі, тобто апроксимуватися випадковими процесами. Таким чином, розроблені методи синтезу прийомних пристроїв дозволяють створити оптимальні (квазіоптимальні) системи прийому сигналів, які пройшли статистично-неоднорідні середовища.

Суттєвим позитивним фактором запропонованих методів синтезу прийомних пристроїв є ще й те, що приймач є оптимальним (квазіоптимальним) і при дії адитивних завад (зосереджених по спектру структурних, тобто довільних квазідетермінованих завад). При цьому, звичайно, прийомний пристрій буде містити відповідні канали прийому і оцінювання параметрів завад і відповідні компенсаційні взаємозв'язки з уже розглянутими функціональними блоками.

В роботі одержані кількісні оцінки відносної похибки фільтрації параметрів сигналу, що приймається із системи рівнянь (10). В нормованому вигляді отримано:

$$\left. \begin{aligned} \delta_0 - 1 + q \left(\delta_0^2 + \delta_{01}^2 \frac{q_1}{q} \right) + q_2 \delta_{02}^2 + \delta_{02} \delta_0 &= 0; \\ q \delta_{02}^2 + \delta_0 - 1 + q_2 \delta_{02}^2 + \delta_{02} \delta_0 \sqrt{q_1 q_2} &= 0; \\ q \delta_0 \sqrt{\delta_0 \delta_{02}} \frac{\sigma_{\lambda_2}}{\sigma_{\lambda}} + q_2 \delta_2 \delta_{02} \frac{\sigma_{\lambda_2}}{\sigma_{\lambda}} + 2 \delta_0 \delta_2 \sqrt{q_1 q_2} \frac{\sigma_{\lambda_2}^2}{\sigma_{\lambda}^2} + \frac{\beta}{2\alpha} \cdot \frac{\sigma_{\lambda_2}}{\sigma_{\lambda}} \delta_{02} + \frac{1}{2} \left(\frac{\sigma_{\lambda_2}}{\sigma_{\lambda}} \delta_{02} + \delta_0 \right) - 1 &= 0, \end{aligned} \right\} \quad (11)$$

Рисунок 1

де $\delta_0, \delta_{01}, \delta_{02}$ – відносні похибки фільтрації відповідно параметрів сигналу $\lambda_\alpha^*(t)$, $\psi^*(t)$ і $\lambda_{\alpha_1}^*(t)$;

$$q_0 = M_y^2 Y^{(0)^2} \frac{\sigma_\lambda^2}{2\alpha N_0} ; \quad q_1 = M_y^2 \Delta_1 Y^{(0)^2} \frac{\sigma_\lambda^2}{2\alpha N_0} ; \quad q^2 = M_x^2 \Delta_2 Y^{(0)^2} \frac{\sigma_\lambda^2}{2\alpha N_0} - \text{параметри, які}$$

характеризують відношення сигнал/шум.

Окремі результати розрахунків відносної похибки фільтрації повідомлення $\lambda_\alpha^*(t)$ наведені на рис. 2, а; рис. 2, б і рис. 2, в.

Рисунок 2а

Рисунок 2б

Рисунок 2в

Із графіків добре помітно, що із збільшенням параметрів $\Delta_1 = Y^{(1)}/Y^{(0)}$ і $\Delta_2 = Y^{(2)}/Y^{(0)}$ відносна похибка фільтрації повідомлення зменшується при будь-яких значеннях сигнал/шум і індексах частотної модуляції. Таким чином запропонований метод прийому сигналів дозволяє реалізувати оптимальний (квазіоптимальний) прийом сигналів в каналах із стохастично неоднорідними середовищами.

У ЧЕТВЕРТОМУ РОЗДІЛІ розглянута задача прийому складних сигналів, що пройшли канал зв'язку із статистично неоднорідними середовищами і адитивним шумом. Модель складного сигналу описується виразом

$$S(t, \bar{\lambda}_s(t)) = A_0 \left[\cos \omega_0 t + \psi(t, \bar{\lambda}_s(t)) + \varphi(t, \tau_v(t)) \right] \quad (12)$$

$$\text{де } \varphi(t, \tau_v(t)) = M_{\Phi_0} \nu(t - \tau(t)); \quad \psi(t, \lambda(t)) = M_{\Psi} \int_0^t \lambda(t_1) dt_1;$$

$$\frac{d\Psi(t, \lambda_s(t))}{dt} = M_{\Psi} \lambda(t) + n_{\Psi}(t); \quad \frac{d\lambda(t)}{dt} = -\alpha \lambda(t) + n_{\lambda}(t),$$

$A_0, \omega_0, M_{\Phi_0}, M_{\Psi}, \alpha$ - апіорі відомі постійні значення, $n_{\lambda}(t)$ і $n_{\Psi}(t)$ – гаусівські білі шуми з відомими статистичними характеристиками.

Випадкова затримка $\tau_v(t)$ визначається нестабільністю частоти Ω генератора допоміжного колювання $\nu(t)$ і задається моделлю

$$\frac{d\tau_v(t)}{dt} = \Omega(t); \quad \frac{d\Omega(t)}{dt} = -\alpha \Omega(t) + n_{\Omega}(t),$$

де $n_{\Omega}(t)$ - гаусівський білий шум з відомими характеристиками $M\{n_{\Omega}(t)\} = 0$ і $M\{n_{\Omega}(t_1)n_{\Omega}(t_2)\} = 0,5N_{\Omega}\delta(t_2 - t_1)$.

Для моделі марковського каналу

$$y(t) = A_0 Y^{(0)} \cos \left[\Phi(t) + M_{\Psi} \int_0^t \lambda(t_1) dt_1 \right] + A_0 Y^{(1)} [M_{\Psi} \lambda(t) + M_{\tau_v} \nu(t)] \cos \Phi(t) + M_{\Psi} \int_0^t \lambda(t_1) dt_1 + \frac{\pi}{2} \quad (13)$$

Отримані рівняння стаціонарної квазілінійної фільтрації для колювання (13):

$$\left. \begin{aligned} \frac{d\lambda_{\alpha}^*(t)}{dt} &= -\alpha \lambda_{\alpha}^*(t) + K_{\lambda\lambda}^* F_{\lambda} + K_{\lambda\Psi}^* F_{\Psi}; \\ \frac{d\Psi^*(t)}{dt} &= M_{\Psi} \lambda_{\alpha}^*(t) + K_{\lambda\Psi}^* F_{\lambda} + K_{\Psi\Psi}^* F_{\Psi}; \end{aligned} \right\} \quad (14)$$

$$\left. \begin{aligned} 0,5N_{\lambda} - 2\alpha K_{\lambda\lambda}^* + K_{\lambda\lambda}^2 \tilde{F}_{\lambda\lambda} + K_{\lambda\psi}^{*2} \tilde{F}_{\psi\psi} + 2K_{\lambda\lambda}^* \tilde{F}_{\lambda\psi} &= 0 \\ 2M_{\psi} K_{\lambda\psi}^* + K_{\psi\psi}^{*2} \tilde{F}_{\psi\psi} + K_{\lambda\psi}^{*2} \tilde{F}_{\lambda\lambda} + 2K_{\lambda\psi}^* K_{\psi\psi}^* \tilde{F}_{\lambda\psi} &= 0 \\ -2K_{\lambda\psi}^* + M_{\psi} K_{\lambda\lambda}^* + K_{\lambda\lambda}^* K_{\lambda\psi}^* \tilde{F}_{\lambda\lambda} + K_{\lambda\psi}^* K_{\psi\psi}^* \tilde{F}_{\psi\psi} + \\ + (K_{\lambda\lambda}^* K_{\psi\psi}^* + K_{\lambda\psi}^{*2}) \tilde{F}_{\lambda\psi} &= 0, \end{aligned} \right\} \quad (15)$$

де

$$F_{\lambda} = -\frac{Y^{(1)}M_{\psi}}{N_0} \{2y(t)\sin \Phi_1^y(t) + Y^{(1)}[M_{\psi}\lambda_{\alpha}^*(t) + M_{\psi}v(t)]\};$$

$$F_{\psi} = -\frac{1}{N_0} \{2y(t)[Y^{(0)}\sin \Phi_1^*(t) + Y^{(1)}[M_{\psi}\lambda_{\alpha}^*(t) + M_{\psi}v(t)]\cos \Phi_1^*(t)\};$$

$$\tilde{F}_{\lambda\lambda} = -\frac{(Y^{(1)}M_{\psi})^2}{N_0}; \quad \tilde{F}_{\psi\psi} = -\frac{1}{N_0} \{Y^{(0)^2} + Y^{(1)^2} [M_{\psi}^2\sigma_{\lambda}^2 + M_{\psi}v^2(t)]\};$$

$$\tilde{F}_{\lambda\psi} = -\frac{M_{\psi}Y^{(0)}Y^{(1)}}{N_0}; \quad \Phi_1^*(t) = \Phi(t) + \Psi^*(t); \quad \Psi(t) = M_{\psi} \int_0^t \lambda_{\alpha}(t_1) dt_1.$$

Схема квазілінійного приймача наведена на рис. 3. Приймач містить інформаційний канал і канал фазового автопідстроювання частоти з різними перехресними зв'язками. Якість фільтрації корисного повідомлення визначені в результаті числового рішення системи рівнянь (15), яка після нормування набере вигляду

$$\begin{aligned} \delta_0 - 1 - q[(\delta_0 m_{\psi} \Delta_1)^2 + \delta_2^2 \Delta_1^2 (m_{\psi}^2 + m_{\psi_0}^2)] &= 0 \\ -m_{\psi} \delta_2 + q[(\delta_2 m_{\psi} \Delta_1 + \delta_1)^2 + \delta_1^2 \Delta_1^2 (m_{\psi}^2 + m_{\psi_0}^2)] &= 0 \\ \delta_2 - m_{\psi} \delta_1 + 2q[(\delta_0 m_{\psi} \Delta_1 + \delta_2)(\delta_2 m_{\psi} \Delta_1 - \delta_1) + \delta_2 \delta_1 \Delta_1^2 (m_{\psi}^2 + m_{\psi_0}^2)] &= 0 \end{aligned}$$

де

$$m_{\psi_0}^2 = \frac{M_{\psi_0}^2 v^2(t)}{\alpha^2}; \quad \delta_0 = \delta_{\psi-QM}^2 = \frac{K_{\lambda\lambda}^*}{\sigma_{\lambda}^2}; \quad \delta_1 = K_{\psi\psi}^*; \quad \delta_2 = \frac{K_{\lambda\psi}^*}{\sigma_{\lambda}^2}; \quad v(t) = V_0 \cos \Omega m t;$$

m_{ψ_0} - база складного сигналу.

Рисунок 3

З аналізу графіків, які отримані в результаті розрахунків у відповідності з (16) (рис. 2, а – пунктирна лінія) видно досить цікавий результат – врахування великої кількості каналів марковської моделі (4) дозволяє отримувати завадостійкість, еквівалентну збільшенню бази сигналу. При цьому треба мати на увазі, що збільшення бази складного сигналу призводить до розширення спектра сигналу, який передається. Запропоновані методи дозволяють отримувати таку ж завадостійкість прийому без збільшення бази сигналу. При цьому необхідно мати на увазі, що технічна реалізація приймачів сигналів при врахуванні більшої кількості каналів марковської моделі, стає складнішою. При сучасному рівні техніки моделювання цей фактор може бути не вирішальним.

В дисертаційній роботі наведені також результати синтезу і аналізу, завадостійкості систем прийому при інших моделях сигналів і адитивних завад, зокрема розв'язана задача прийому сигналів в каналах зі статистично неоднорідними середовищами і змінною структурою.

ОСНОВНІ ВИСНОВКИ

При всезростаючих швидкостях передачі інформації, підвищенні вимог до якості передачі інформації по каналу зв'язку адекватним реальним каналом стають моделі каналу зі статистично неоднорідними середовищами. Причому канали мають параметри, які змінюються з часом. Такі канали є “найтруднішими” і методи і системи оптимального прийому сигналів в таких каналах мало вивчені. Основні умови автора дисертаційної роботи спрямовані на розв'язання задачі створення систем оптимального (квазіоптимального) прийому сигналів в таких каналах.

На цьому шляху:

1. Отримано подальший розвиток моделі каналу зв'язку зі статистично неоднорідними середовищами (канали з розсіюванням в часі і по частоті), на базі марковського підходу.
2. Розроблені методи, алгоритми та системи оптимального і квазіоптимального прийому радіосигналів в каналах зі статистично неоднорідними середовищами при наявності завмирань в часі та адитивних завад довільної структури, зокрема зосереджених по спектру завад.
3. Синтезовані схеми оптимальних і квазіоптимальних системи сигналів в каналах зі статистично неоднорідними середовищами при наявності завмирань в часі і адитивних завад.
4. Досліджені застосування розроблених моделей до каналу II роду, коли час кореляції часових завмирань більший тривалості “пам'яті” каналу.
5. Досліджені можливості використання складних сигналів для передавання повідомлення по каналам зі статистично неоднорідними середовищами при використанні марковської моделі каналу.

6. Проведений аналіз завадостійкості отриманих алгоритмів і систем прийому сигналів в каналах зі статистично неоднорідними середовищами, котрий показав їхню досить високу працездатність, що забезпечує оптимальність прийому та обробки сигналів.

7. Алгоритми та системи квазіоптимального прийому сигналів використані при модифікації мобільної системи радіозв'язку "Оріон-4". Це дозволило підвищити завадостійкість систем поїзного та станційного радіозв'язку.

Таким чином, в дисертаційній роботі розроблені методи, системи та алгоритми прийому сигналів, які пройшли канал зв'язку із статистично неоднорідними середовищами (канали II роду) і адитивними завадами. При цьому розглянуті можливості використання складних сигналів одночасно з оптимальними методами їхнього прийому.

ОСНОВНІ ПРАЦІ ОПУБЛІКОВАНІ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Сухорада А.И. Синтез приемников сложных сигналов в каналах с нестационарным запаздыванием // Информационно-управляющие системы на железнодорожном транспорте. – Харьков. – 1999. №6. – с. 22-25.

2. Басов В.И., Поляков В.П., Сухорада О.И. Прием сигналов в каналах с частотно-селективными замираниями. Синтез алгоритмов при фазовой модуляции. – Харьков. . – 1999. №4. – с. 18-23.

3. Басов В.И., Поляков В.П., Сухорада О.И. Прием сигналов в каналах с частотно-селективными замираниями. Часть 1. Модель канала // Телекоммуникационные системы и сети на железнодорожном транспорте: Зб. наук. праць –Харків: -УкрДАЗТ, 2005. – Вип. 71 – с. 177-184.

4. Поляков П.Ф., Басов В.И., Сухорада А.И. Синтез характеристик и анализ помехоустойчивости оптимальных фильтров с когерентным откликом // Прикладная радиоэлектроника: Всеукр. межвуз. научн.-техн. сб. -Харьков: ХНУРЭ. -2003. -Вып.1. -С.27-30.

5. Поляков П.Ф., Басов В.И., Сухорада О.И. Синтез алгоритмов и систем приема сигналов в каналах с частотно-селективными замираниями // Материалы 16-ї Міжнародної школи-семінару "Перспективні системи управління на залізничному транспорті: // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – Харків. – 2003. - №5. -С. 51.

6. Поляков П.Ф., Сухорада О.И. Сучасні напрямки розвитку телекомунікацій // Материалы 15-ї Міжнародної школи-семінару "Перспективні системи управління на залізничному, промисловому

та міському транспорті: // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – Харків. – 2002. - № 4, 5. -С. 49.

7. Басов В.І., Поляков В.П., Сухорада О.І. Приймання сигналів у каналах з частотно-селективними завмираннями. Частина 2. Синтез алгоритмів при частотній модуляції. //Телекомунікаційні системи та мережі на залізничному транспорті: Зб. наук. праць –Харків: -УкрДАЗТ, 2005. – Вип. 71 – с. 184-190.

8. Басов В.І., Поляков В.П., Сухорада О.І. Приймання сигналів у каналах з частотно-селективними завмираннями. Синтез схем приймання частотно-модульованих радіосигналів //Телекомунікаційні системи та мережі на залізничному транспорті: Міжвуз. зб. наук. праць –Харків: -УкрДАЗТ, 2006. – Вип. 78 – с. 86-89.

АННОТАЦІЯ

Сухорада А.И. Системы приема сигналов в каналах со статистически неоднородными средами.

–Рукопись

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.12.02 – телекоммуникационные системы и сети. Украинская государственная академия железнодорожного транспорта. Харьков, 2007.

Из позиций современных требований к каналам передачи информации в телекоммуникационных системах и сетях, которые заключаются в необходимости обеспечения высоких скоростей передачи информации по каналам связи с одновременным уменьшением вероятности ошибки приема сообщений (или уменьшении апостериорной дисперсии фильтрации сообщения), проведен детальный анализ существующих каналов связи. Показано, что для реализации таких требований к системам передачи информации необходимы более адекватное построение моделей каналов связи и разработка соответствующих методов и систем приема и обработки сигналов.

Учет высоких требований к системам передачи информации показал, что физическая модель канала связи – канал со статистически неоднородными средами. Исследования существующих математических моделей каналов со статистически неоднородными средами показал, что, как правило, существующие подходы к синтезу оптимальных систем приема и обработки сигналов приводят или к довольно сложным в технической реализации системам, или к системам, которые физически не реализуются (Г. Ван-Трис).

Предложена математическая модель канала связи, которая, во-первых, довольно хорошо описывает канал связи со статистически неоднородными средами и, во-вторых, разрешает для

синтеза оптимальных и квазиоптимальных систем приема сигналов, которые прошли такой канал, использовать теорию условных марковских процессов. Особенность модели состоит в том, что она использует компенсацию неравномерности групповой задержки в канале.

С использованием предложенной модели канала, который содержит статистически неоднородные среды, разработаны методы, алгоритмы и системы оптимального и квазиоптимального приема сигналов при наличии аддитивных помех произвольной структуры, в том числе квазидетерминированных.

Впервые систематически решена задача приема сигналов в каналах II рода при наличии аддитивных помех.

Показано, что в каналах со статистически неоднородными средами и сменными параметрами наиболее эффективно использовать сигналы с малой базой и оптимальные методы приема в рамках предложенной модели. При этом имеется возможность реализовать системы приема при оптимальном соотношении информационной избыточности и сложности технической реализации (агрегатной избыточности). Результаты расчетов помехоустойчивости систем приема сигналов при наличии аддитивных помех, показывают существенные преимущества предложенных методов, алгоритмов и систем по сравнению с другими.

Ключевые слова: канал связи, система связи, статистически неоднородные среды, нелинейная фильтрация, оптимальный, квазиоптимальный прием сигналов, апостериорная дисперсия, куммулянт, погрешность фильтрации.

АНОТАЦІЯ

Сухорада О.І. Системи прийому сигналів в каналах зі статистично неоднорідними середовищами.

–Рукопис

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.12.02 – телекомунікаційні системи та мережі. Українська державна академія залізничного транспорту. Харків, 2007.

Розроблені методи, системи та алгоритми оптимального і квазіоптимального прийому сигналів, які пройшли канал зв'язку зі статистично неоднорідними середовищами. При цьому автором запропонована марковська модель каналу і синтезовані системи прийому сигналів із

застосуванням теорії умовних марковських процесів. Синтезовані системи прийому сигналів фізично реалізуються.

Проведено синтез систем і алгоритмів прийому складних сигналів в каналах, зі статистично неоднорідними середовищами. Показано, що найефективніше використовувати сигнали з малою базою і оптимальні методи прийому в рамках запропонованої моделі. При цьому є можливість реалізувати системи прийому при оптимальному співвідношенні інформаційної надлишковості і складності технічної реалізації (агрегатної надлишковості).

Ключові слова: канал зв'язку, система зв'язку, статистично неоднорідні середовища, нелінійна фільтрація, оптимальний, квазіоптимальний прийом сигналів, апостеріорна дисперсія, кумулянти, похибка фільтрації.

THE SUMMARY

Suchorada A.I. Systems of reception of signals in channels with statistically non-uniform environments. - Manuscript.

The dissertation on competition of a scientific degree - Candidate of .Technical .Sciences - on speciality 05.12.02 - Telecommunication systems and networks. The Ukrainian State Academy of a railway transport. Kharkov, 2007.

Methods, systems and algorithms of optimum and quasioptimum reception of the signals which have past a liaison channel with statistically non-uniform environments have been developed. Thus the author offers a markovs model of the channel. The systems of reception of signals with the application of rather constructive theory of conditional markovs processes are synthesized. The obtained synthesized systems of reception of signals are physically realizable.

Interesting results of systems and algorithms of reception of complex signals in the channels synthesis, containing statistically non-uniform environments are obtained It is shown, that the optimization of an exchange of information redundancy of a complex signal on the complexity of a technical realization of systems of reception and signals processing is possible.

Key words: a liaison channel, system of communication, statistically non-uniform environments, a nonlinear filtration, optimum, quasioptimum reception of signals, nonposterior dispersion, cumulant, filtration error.

СИСТЕМИ ПРИЙОМУ СИГНАЛІВ В КАНАЛАХ ЗІ СТАТИЧНО-НЕОДНОРІДНИМИ СЕРЕДОВИЩАМИ

05.12.02 – Телекомунікаційні системи та мережі

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Надруковано згідно з оригіналом автора

Відповідальний за випуск

зав. лаб. В.М. Головко

Підписано до друку _____

Формат 60 × 84 1/16. Папір для множних апаратів.

Ум. друк. Арк.. 0,9. Обл., - вид. Арк.. 1,15 Безкоштовно.

Замовлення №_____. Тираж 100 прим.