**Методические рекомендации по изучению дисциплины «Математическое моделирование телекоммуникационных устройств и систем»**

Необходимые теоретические сведения по данной дисциплине изложены в учебном пособии [1]. При необходимости расширить свои знания по разделам дисциплины можно воспользоваться обширной информацией, имеющейся в интернете (смотри список рекомендованной литературы).

Контроль усвоения учебного материала осуществляется посредством контрольной работы.

В контрольной работе необходимо решить 2 задачи и раскрыть выбранную тему на 10-12 страницах машинописного текста, сделать выводы и указать использованные источники. Желательно в контрольной работе упомянуть о последних достижениях по выбранной теме.

**НОМЕР ВАРИАНТА определяется последней цифрой пароля.**

**Первая задача**: для проверки умений использования численных методов моделирования необходимо решить элементарную оптимизационную задачу по выбору наилучшего сигнала (из двух вариантов) для канала на основе кабельной линии.

**Задача №1**

Имеется кабельная линия связи с известной импульсной реакцией, заданной следующей последовательностью временных отсчетов. Эти временные отсчеты представлены в следующей таблице:

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № отсчета импульсной реакции | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Величина отсчета | 0,2 | 0,8 | 0,4 | 0,24 | 0,08 |

Из двух вариантов сигналов необходимо выбрать тот, который будет обладать минимальным затуханием энергии в кабельной линии. При этом он будет обладать максимальным отношением энергии сигнала к спектральной плотности белого шума, действующего в кабельной линии. Как известно из теории потенциальной помехоустойчивости, при этом будет обеспечена минимальная вероятность ошибки на выходе приемника системы связи.

Анализируется сигнал в виде прямоугольного импульса, заданного семью одинаковыми по величине отсчетами. Величины отсчетов прямоугольного импульса рассчитываются, исходя из номера варианта темы контрольной работы по формуле S(i) = 1 + № варианта. Очевидно, что все отсчеты прямоугольного импульса одинаковые.

Вторым анализируется сигнал в виде «приподнятого косинуса». Он отображается также семью отсчетами (имеет такую же длительность, как и прямоугольный импульс). Его отсчеты представлены в следующей таблице:

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № отсчета | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| Величина отсчета | 0,147 \* А | 0,5 \* А | 0,854 \* А | 1 \* А | 0,854 \* А | 0,5 \* А | 0,147 \* А |

А = (1+№ варианта)

Для решения этой задачи вначале необходимо рассчитать формы этих сигналов на выходе каналов связи. Для расчета временных отсчетов выходного сигнала воспользуемся численным методом решения интеграла свертки, описанным в главе 3 учебного пособия. Заменяем интеграл свертки эквивалентным матричным выражением (смотри подраздел 3.4). Следует обратить внимание, что число строк в матрице оператора канала G должно быть равно количеству временных отсчетов входного сигнала, а количество столбцов – на единицу меньше суммы количества отсчетов входного сигнала и количества отсчетов импульсной реакции.

Приведем простейший пример. Пусть входной сигнал задан двумя временными отсчетами S1 = 1 и S2 = 1. Импульсная реакция так же задана двумя отсчетами g1 = 0,5 и g2 = 0,2. Матричный аналог интеграла свертки будет иметь вид $\left|\left|1 1\right|\right|×\left‖\begin{matrix}0.5&0.2 0\\0& 0.5 0.2\end{matrix}\right‖=\left|\left|0.5 0.7 0.2\right|\right|.$

Далее необходимо рассчитать энергии входного и выходного сигналов, как сумму квадратов их временных отсчетов.

Наконец, рассчитывается коэффициент энергетической эффективности сигнала как отношение его энергии на выходе канала к энергии на входе канала.

Расчеты выполняются для каждого варианта сигнала. Очевидно, что оптимальным по энергетическому критерию сигналом будет тот, коэффициент энергетической эффективности которого больше.

Эта задача иллюстрирует возможности численных методов моделирования для решения одной из оптимизационных задач теории связи. Добавим, что поиск наилучшего из всех возможных сигналов по критерию энергетической эффективности осуществляется на базе поиска собственных векторов матрицы оператора канала. Поэтому лучший сигнал, найденный при решении этой задачи, вполне может оказаться не самым лучшим из всех возможных сигналов.

**Вторая задача** предназначена для проверки знаний и умений организации эксперимента по исследованию помехоустойчивости системы передачи дискретных сообщений методом имитационного статистического моделирования.

**Задача №2**

Необходимо определить количество испытаний имитационной модели системы передачи данных для оценки вероятности ошибки на ее выходе при заданных доверительном интервале и доверительной вероятности. Необходимая информация для решения этой задачи изложена в главе 8 учебного пособия [1].

Исходные данные для расчета:

1. Грубая оценка вероятности ошибки, полученная при малом количестве испытаний равна 0,001.
2. Величина относительного доверительного интервала определяется по формуле $ε\_{p}^{\*}=0,1+0,1×№варианта$.
3. Величина доверительной вероятности pp = 0,9.

Рекомендуется самостоятельно исследовать, как зависит минимально необходимое количество испытаний имитационной модели от доверительной вероятности, доверительного интервала и грубой оценки вероятности ошибки. Результаты этих исследований приводятся в контрольной работе по желанию.

**Теоретическая часть контрольной работы**: тема выбирается согласно варианта, определяемого по последней цифре пароля. Раскрыть тему на 10-12 страницах машинописного текста, сделать выводы и указать использованные источники. Желательно в контрольной работе упомянуть о последних достижениях по выбранной теме.

В следующей таблице приведены варианты заданий для выполнения теоретической части контрольной работы.

|  |  |
| --- | --- |
| Вариант **по последней цифре пароля** | Тема контрольной работы |
| Вариант 0 | Математическое описание сигналов и помех |
| Вариант 1 | Математические методы эффективного (безызбыточного) кодирования источников дискретных сообщений  |
| Вариант 2 | Математические модели непрерывных каналов |
| Вариант 3 | Математические основы оптимизации сигналов для телекоммуникационных систем |
| Вариант 4 | Математические модели приемников дискретных сигналов |
| Вариант 5 | Математические модели дискретных каналов |
| Вариант 6 | Математическое представление помехоустойчивого кодирования |
| Вариант 7 | Алгоритм функционирования систем передачи данных с обратной связью |
| Вариант 8 | Исследование помехоустойчивости телекоммуникационных систем методом статистического моделирования |
| Вариант 9 | Визуальное моделирование в среде MATLAB |

Возникающие вопросы по выполнению контрольной работы направляются преподавателю через отдел дистанционного образования СибГУТИ.