

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Локтионова Оксана Геннадьевна  
Должность: проректор по учебной работе  
Дата подписания: 16.12.2020 18:55:30  
Уникальный программный ключ:  
0b817ca911e6668abb13a5d426d39e5f1c11eabbf73e943df4a4851fda56d089

**МИНОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИИ**  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Юго-Западный государственный университет»  
(ЮЗГУ)

Кафедра космического приборостроения и систем связи

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе  
О.Г. Локтионова

«15» 12

2017 г.



**ПРОЕКТИРОВАНИЕ СЕТЕЙ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ**

Методические указания по выполнению практической работы №1  
для студентов, обучающихся по направлению подготовки  
11.03.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи»  
по курсу «Основы построения инфокоммуникационных систем и  
сетей ч.2»

УДК 621.391; 004.738.5

Составители: А.В. Хмелевская, Д.С. Коптев

Рецензент

Доктор технических наук, старший научный сотрудник,  
профессор кафедры *В.Г. Андронов*

**Проектирование сетей передачи данных:** методические указания по выполнению практической работы №1 по курсу «Основы построения инфокоммуникационных систем и сетей ч.2» / Юго-Зап. гос. ун-т; сост. А.В. Хмелевская, Д.С. Коптев. Курск, 2017. – 9 с.: ил. 3, табл. 3. – Библиогр.: с. 9.

Методические указания по выполнению лабораторной работы содержат краткие теоретические сведения о методах проектирования сетей абонентского кабеля, задания для выполнения работы, примеры их выполнения, а также перечень вопросов для самоконтроля.

Методические указания полностью соответствуют требованиям типовой программы, утвержденной УМО по направлениям подготовки 11.03.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи», а также рабочей программе дисциплины «Основы построения инфокоммуникационных систем и сетей ч.2».

Предназначены для студентов, обучающихся по направлениям подготовки 11.03.02 очной и заочной форм обучения.

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать *15.12.17* . Формат 60x841/16.

Усл. печ. л. *0,755* . Уч.-изд. л. *0,88* Тираж 100 экз. Заказ *3239* Бесплатно

Юго-Западный государственный университет.

305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94

## 1 Цель работы

- изучение методов проектирования сетей передачи данных.

## 2 Краткие теоретические сведения

### 2.1 Арифметический метод

Пусть абонентская матрица имеет размер  $n \times m$ . Каждая ячейка соответствует некоторой территории, а содержимое – числу источников нагрузки  $g_{ij}$  на этой территории.

Место расположения столбца (опорной станции) определяется таким образом, чтобы как слева, так и справа от него было примерно одинаковое количество источников нагрузки [1].

										$Q_{=i}$	$\sum_{i=1}^l Q_{=i}$	$\sum_{i=l}^m Q_{=i}$	$D_{=l}$	
	16		15	15				9	9	19	83	83	581	498
	10		17	15	12	9	9	12	9		93	176	498	322
	10	15	20	12	15	9	12	9	9		111	287	405	118
		24	15	16	19	9	9		15		107	394	294	100
			13	15	24	10		5			67	461	187	274
			15	15			10		20	21	81	542	120	422
		7	10			11			11		39	581	39	542
$Q_{s_j}$	36	46	105	88	70	48	40	35	73	40				
$\sum_{j=1}^k Q_{s_j}$	36	82	187	275	345	393	433	468	541	581				
$\sum_{j=k}^n Q_{s_j}$	581	545	499	394	306	236	188	148	113	40				
$D_{s_k}$	545	463	312	119	39	157	245	320	428	541				

Рисунок 1 – Определение места расположения станции арифметическим методом

Если обозначить сумму источников нагрузки в некотором столбце через  $Q_{s_j}$ , тогда для каждого столбца  $S_k$  можно записать модуль разности сумм источников нагрузки, суммируемых по столбцам, расположенным от него слева и справа, в следующем виде:

$$D_{s_k} = \left| \sum_{j=1}^k Q_{s_j} - \sum_{j=k}^n Q_{s_j} \right|. \quad (1)$$

Критерий выбора места расположения столбца имеет вид:

$$D_{S_k} \rightarrow \min \quad (2)$$

Для выбора места расположения строки  $Z_l$  необходимо найти такую строку, для которой сверху и снизу будет примерно одинаковое количество источников нагрузки.

Модуль разности сумм источников нагрузки, суммируемых по строкам, расположенным сверху и снизу от строки  $Z_l$

$$D_{z_l} = \left| \sum_{i=1}^l Q_{z_i} - \sum_{i=l}^m Q_{z_i} \right|. \quad (3)$$

Критерий выбора места расположения строки имеет вид:

$$D_{z_l} \rightarrow \min \quad (4)$$

Полученные суммы по столбцам и строкам должны быть равны.

$$\sum_{j=1}^n Q_{s_j} = \sum_{j=n}^1 Q_{s_j} = \sum_{i=1}^m Q_{z_i} = \sum_{i=m}^1 Q_{z_i}. \quad (5)$$

## 2.2 Проектирование сетей передачи данных путем минимизации затрат на линии (геометрический метод)

Геометрический метод учитывает не только множество источников и приемников информации, но и расходы на линию [1].

Для всех источников нагрузки, расположенных слева от столбца  $S_k$  определяется «горизонтальный» компонент расходов

$$As_{k^{cl}} = As_{k-1^{cl}} + \sum_{j=1}^{k-1} Q_{s_j}. \quad (6)$$

«Горизонтальный» компонент расходов для всех источников нагрузки, расположенных справа от столбца  $S_k$ ,

$$As_{k^{cn}} = As_{k+1^{cn}} + \sum_{j=k+1}^n Qs_j. \quad (7)$$

Общие расходы на линию  $Ask$  получаются в виде сумм обоих компонентов:

$$As_k = As_{k^{cn}} + As_{k^{cl}}. \quad (8)$$

Аналогичные вычисления расходов на линию выполняются для источников нагрузки, расположенных сверху и снизу от строки  $zl$ .

Критерий выбора места расположения столбца и строки тот же, что и в первом случае.

										$Qz_i$	$Az_{k^{св}}$	$Az_{k^{сн}}$	$Az_k$	
	16		15	15				9	9	19	83	0	1543	1543
	10		17	15	12	9	9	12	9		93	83	1045	1128
	10	15	20	12	15	9	12	9	9		111	259	640	899
		24	15	16	19	9	9		15		107	546	346	892
			13	15	24	10		5			67	940	159	1099
			15	15			10		20	21	81	1401	39	1440
		7	10			11			11		39	1943	0	1943
$Qs_j$	36	46	105	88	70	48	40	35	73	40				
$As_{k^{cl}}$	0	36	118	305	580	925	1318	1751	2219	2760				
$As_{k^{cn}}$	2469	1924	1425	1031	725	489	301	153	40	0				
$As_k$	2469	1960	1543	1336	1305	1414	1619	1904	2259	2760				

Рисунок 2 – Определение места расположения станции геометрическим методом

### 2.3 Влияние местных условий на оптимальное место расположения станции

В реальных условиях могут существовать причины (например, водные пространства, скалистый грунт, железнодорожные сооружения и т. д.), не позволяющие осуществлять прокладку трасс по желаемому маршруту. Рассмотрим правила вычисления перерасхода средств при обходе препятствия.

Порядок расчета следующий. Сначала определяют места расположения строк и столбцов при отсутствии препятствия. После этого вновь рассчитывают совокупные расходы на линию («горизонтальные» и «вертикальные» компоненты) для первоначальной ячейки абонентской матрицы и для всех смежных ячеек, учитывающих необходимые направления трасс [1].

Если на абонентской матрице существует участок действия препятствия, то, очевидно, что горизонтально расположенные препятствия могут вызывать только «горизонтальный» компонент, а вертикально расположенные – «вертикальный» компонент перерасхода затрачиваемых средств.

Если препятствие занимает нечетное количество столбцов ( $1+2p$ ) и ожидаемое место расположения опорной станции лежит выше препятствия, то получается перерасход на линию  $M_j$ , который может вычисляться по суммам источников нагрузки для столбцов ниже препятствия  $Q_s j$  н. Если ожидаемое место расположения узла лежит ниже препятствия, то определяющую роль играют суммы источников нагрузки для столбцов выше препятствия  $Q_s j$  в.

Если препятствие размещается на линии растровой сетки между строками  $h$  и  $h+1$ , то для перерасхода  $M_j$  имеем:

$$M_{js} = 2 \sum_{i=h+1}^n q_{ij}, \quad (9)$$

$$M_{jn} = 2 \sum_{i=1}^h q_{ij}. \quad (10)$$

Тогда общий перерасход

$$MA_j = \sum_{k=l-p}^{l+p} f_k M_k. \quad (11)$$

Таблица 1 – Значения множителя  $f_k$  при условии, что длины препятствий соответствуют  $(1+ 2p)$  длинам стороны квадрата растровой сетки и препятствие не длиннее 5 квадратов

Обозначение столбца	$l-2$	$l-1$	$l$	$l+1$	$l+2$
$l-2$	$p-1$	$p-1$	$p-1$	$p-1$	$p-1$
$l-1$	$p-1$	$p$	$p$	$p$	$p-1$
$l$	$p-1$	$p$	$p+1$	$p$	$p-1$
$l+1$	$p-1$	$p$	$p$	$p$	$p-1$
$l+2$	$p-1$	$p-1$	$p-1$	$p-1$	$p-1$

Таблица 2 – Значения множителя  $f_k$  при условии, что длины препятствий соответствуют  $2p$  длинам стороны квадрата растровой сетки и препятствие не длиннее 5 квадратов

Обозначение столбца	$l-2$	$l-1$	$l$	$l+1$	$l+2$
$l-2$	$p-2$	$p-2$	$p-2$	$p-2$	$p-2$
$l-1$	$p-2$	$p-1$	$p-1$	$p-1$	$p-1$
$l$	$p-2$	$p-1$	$p$	$p$	$p-1$
$l+1$	$p-2$	$p-1$	$p$	$p$	$p-1$
$l+2$	$p-2$	$p-1$	$p-1$	$p-1$	$p-1$

### 3 Пример выполнения задания

Рассмотрим исходную абонентскую матрицу. Отмеченное на рисунке 3 препятствие содержит горизонтальный компонент перерасхода на линию по столбцам 4, 5 и 6. Поскольку схема должна ориентироваться на середину препятствия, то  $l = 5$  (центральный столбец) и  $p=1$  ( $1+2p = 3$ , где 3 – длина препятствия). Поскольку препятствие занимает нечетное число ячеек, то используем таблицу 1. По формулам (9) и (10), для столбцов 4, 5 и 6 и для  $h = 4$  находим перерасход на линию. Результаты расчета занесем в таблицу 3.

$As_{k\ v}$	2469	1960	1543	1486	1503	1564	1619	1904	2259	2760	$Q_{z_i}$	$Az_{k\ cв}$	$Az_{k\ cн}$	$Az_k$
$MA_{k\ в}$				150	198	150								
	16		15	15				9	9	19	83	0	1543	1543
	10		17	15	12	9	9	12	9		93	83	1045	1128
$M_{4н}$	10	15	20	12	15	9	12	9	9		111	259	640	899
		24	15	16	19	9	9		15		107	546	346	892
			13	15	24	10		5			67	940	159	1099
			15	15			10		20	21	81	1401	39	1440
$M_{4в}$	7	10				11			11		39	1943	0	1943
$Q_{s_j}$	36	46	105	88	70	48	40	35	73	40				
$As_{k\ cл}$	0	36	118	305	580	925	1318	1751	2219	2760				
$As_{k\ cн}$	2469	1924	1425	1031	725	489	301	153	40	0				
$As_k$	2469	1960	1543	1336	1305	1414	1619	1904	2259	2760				
$MA_{k\ н}$				262	354	262								
$As_{k\ н}$	2469	1960	1543	1598	1659	1676	1619	1904	2259	2760				

Рисунок 3 – Определение места расположения станции при наличии препятствия

Таблица 3 – Перерасход на линию

Перерасход	Номер столбца		
	$k = 4$	$k = 5$	$k = 6$
$M_{j\ в}$	60	48	42
$M_{j\ н}$	116	92	54



$$MA_{4e} = pM_{4e} + pM_{5e} + pM_{6e} = 150,$$

$$MA_{5e} = pM_{4e} + (p+1)M_{5e} + pM_{6e} = 198,$$

$$MA_{6e} = pM_{4e} + pM_{5e} + pM_{6e} = 150,$$

$$MA_{4n} = pM_{4n} + pM_{5n} + pM_{6n} = 262,$$

$$MA_{5n} = pM_{4n} + (p+1)M_{5n} + pM_{6n} = 354,$$

$$MA_{6n} = pM_{4n} + pM_{5n} + pM_{6n} = 262.$$

Наличие препятствия приводит к тому, что оптимальное место расположения узла смещается в квадрат А4,3.

Если препятствие занимает часть вертикальной линии растровой сетки, то аналогичные соображения справедливы для сумм строк, находящихся слева или справа от препятствия.

#### **4 Задание на лабораторную работу**

Самостоятельно сформировать абонентскую матрицу  $7 \times 10$ .

Работы с одинаковыми абонентскими матрицами к защите не допускаются.

Выполнить расчет по пунктам 2.1 – 2.3.

Препятствие расположить по горизонтали. Размер препятствия принять равным 5 ячейкам.

## 5 Содержание отчета

Практическая работа рассчитана на 6 часов для очной и заочной форм обучения направления подготовки 11.03.02 и выполняется в 1й контрольной точке.

По результатам выполненной работы представляется отчет, в котором должны содержаться следующие пункты:

1. Цель работы;
2. Индивидуальное задание;
3. Краткие теоретические сведения;
4. Ход выполнения работы;
5. Абонентские матрицы, рассчитанные каждым из 3х методов.
6. Выводы о проделанной работе с анализом полученных результатов;
7. Ответы на контрольные вопросы.

Минимальный балл за практическую работу составляет 0.5 балла (выполнил работу, но не защитил). Максимальный балл – 3 (выполнил работу и защитил без замечаний).

Примерные критерии оценки качества отчётов по лабораторной работе:

- оформление отчёта не соответствует предъявляемым требованиям – минус 0,5 балла;
- полученные экспериментальные материалы не обработаны (осциллограммы, спектрограммы и т. п.) – минус 0,5 балла;
- выводы не соответствуют результатам работы – минус 0,5 балла;
- работа защищена не вовремя (после окончания 1й контрольной точки) – минус 0,5 балла.

## **5 Контрольные вопросы**

- 1) Как формируется абонентская матрица?
- 2) В чем заключается задача определения места районной АТС?
- 3) Перечислите и поясните факторы, влияющие на окончательный выбор места районной АТС.
- 4) Дайте классификацию сетей связи.
- 5) Раскройте понятие ВСС РФ.
- 6) Сформулируйте задачи сети доступа и транспортной сети.

## **6 Список используемых источников**

1. Основы построения телекоммуникационных систем и сетей [Текст] : учебник / под ред.: В. Н. Гордиенко, В. И. Крухмалева. - 2-е изд., испр. - М. : Горячая линия - Телеком, 2008. - 424 с.
2. Проектирование и техническая эксплуатация цифровых телекоммуникационных систем и сетей [Текст] : учебное пособие / Е. Б. Алексеев [и др.] ; под ред. В. Н. Гордиенко и М. С. Тверецкого. - Москва : Горячая линия-Телеком, 2014. - 391 с.
3. Крук, Б. И. Телекоммуникационные системы и сети [Текст] : учебное пособие / Б. И. Крук, В. Н. Попантопуло, В. П. Шувалов ; под ред. В. П. Шувалова. - 4-е изд., испр. и доп. - Москва : Горячая линия - Телеком. Т. 1 : Современные технологии. - 2013. - 620 с.
4. Гольдштейн Б. С., Соколов Н. А., Яновский Г. Г. Сети связи. [Текст]/ Б. С. Гольдштейн, Н. А. Соколов, Г. Г. Яновский – СПб.: БХВ – Петербург, 2010. – 302 с.