

Министерство образования и науки Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего профессионального образования

**ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ**

**Кафедра компьютерных систем в управлении
и проектировании (КСУП)**

Е. Ф. Жигалова

**АВТОМАТИЗАЦИЯ
КОНСТРУКТОРСКОГО И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО
ПРОЕКТИРОВАНИЯ**

**Методические указания
к выполнению лабораторных работ**

2016

Корректор: Сарина С. Д.

Жигалова Е. Ф.

Автоматизация конструкторского и технологического проектирования : методические указания к выполнению лабораторных работ. – Томск : ФДО ТУСУР, 2016. – 33 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	4
Выбор варианта лабораторных работ	6
Общая характеристика задач автоматизации конструкторского этапа проектирования электронных средств (ЭС)	7
Лабораторный практикум.....	15
Лабораторная работа № 1 «Компоновка и размещение конструктивных модулей радиоэлектронных средств (РЭС)»	15
Лабораторная работа № 2 «Трассировка проводных и печатных соединений»	17
Требования к содержанию и оформлению отчетов по лабораторным работам	19
Литература	20
Приложение А Варианты схем радиоэлектронных устройств.....	21
Приложение Б Варианты схем РЭУ, заданных графами, представленными матрицами смежности.....	26
Приложение В Варианты координат вершин графа схемы, размещенных в пространстве МКП.....	29
Приложение Г Варианты исходных данных для трассировки с помощью волнового алгоритма	30
Приложение Д Образец оформления титульного листа	33

ВВЕДЕНИЕ

Дисциплина «Автоматизация конструкторского и технологического проектирования» (АКТП) входит в вариативную часть дисциплин профессионального цикла образовательной программы бакалавриата по направлению 230100.62 – «Информатика и вычислительная техника», профиль – «Системы автоматизированного проектирования».

Целью изучения данной дисциплины является изучение общих принципов построения математических моделей компонентов электронных (ЭС) и электронно-вычислительных средств (ЭВС), а также основ автоматизации схмотехнического и конструкторско-технологического проектирования ЭС.

Предметом изучения дисциплины являются алгоритмы, методы и средства для схмотехнического и конструкторского проектирования радиоэлектронных средств (РЭС) и электронно-вычислительных средств (ЭВС) с применением современных систем автоматизированного проектирования (САПР).

Основные задачи дисциплины:

- дать общее представление о современных средствах автоматизированного проектирования радиоэлектронных устройств (РЭУ);
- познакомить с основными принципами и методами проектирования;
- дать возможность приобрести навыки самостоятельного решения ряда конкретных проектных задач.

В ходе освоения курса студенты должны изучить теоретический материал, предоставленный в учебном пособии [1], выполнить лабораторные работы. При этом необходимо проявить свое умение пользоваться дополнительной литературой, навыки поиска требуемой информации в сети Интернет и творческий подход к решению заданной технической задачи.

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование у обучающихся следующих компетенций:

- владение культурой мышления, способность к обобщению, анализу, восприятию информации, постановке цели и выбору путей ее достижения (ОК-1);

- готовность к кооперации с коллегами, работе в коллективе (ОК-3);

- способность использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования (ОК-10);

- наличие навыков работы с компьютером как средством управления информацией (ОК-12);

- способность осваивать методики использования программных средств для решения практических задач (ПК-2);

- способность разрабатывать компоненты программных комплексов и баз данных, использовать современные инструментальные средства и технологии программирования (ПК-5).

Выполнение лабораторных работ направлено на:

- обобщение, систематизацию, углубление, закрепление полученных теоретических знаний, связанных с автоматизацией схемотехнического и конструкторского проектирования радиоэлектронных средств;

- формирование умений применять полученные знания на практике, реализацию единства интеллектуальной и практической деятельности;

- развитие у будущих специалистов аналитических, проекторочных, конструктивных умений;

- формирование практических навыков в области разработки математических моделей и алгоритмов для задач автоматизированного конструкторского проектирования РЭС.

ВЫБОР ВАРИАНТА ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

Выбор варианта лабораторных работ осуществляется по общим правилам с использованием следующей формулы:

$$V = (N \times K) \operatorname{div} 100,$$

где V – искомый номер варианта,

N – общее количество вариантов,

div – целочисленное деление,

при $V = 0$ выбирается максимальный вариант,

K – код варианта.

В Приложениях А–Д представлены варианты исходных данных для выполнения лабораторных работ.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЗАДАЧ АВТОМАТИЗАЦИИ КОНСТРУКТОРСКОГО ЭТАПА ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ (ЭС)

Этап конструкторского проектирования радиоэлектронных средств представляет комплекс задач, связанных с преобразованием функциональных или принципиальных электрических схем разработанных устройств в совокупность конструктивных компонентов, между которыми будут существовать необходимые пространственные или электрические связи.

Конструкторский этап является завершающим в общем цикле разработки РЭУ и заканчивается выдачей конструкторско-технологической документации для их изготовления и эксплуатации.

При конструировании ЭС ведущим принципом является модульный, заключающийся в выделении конструктивных модулей (компонентов) различной степени сложности, находящихся в отношении соподчиненности. Из этого следует, что конструкцию РЭС можно представить в виде иерархической структуры, состоящей из компонентов различной степени сложности (рис. 1–2).

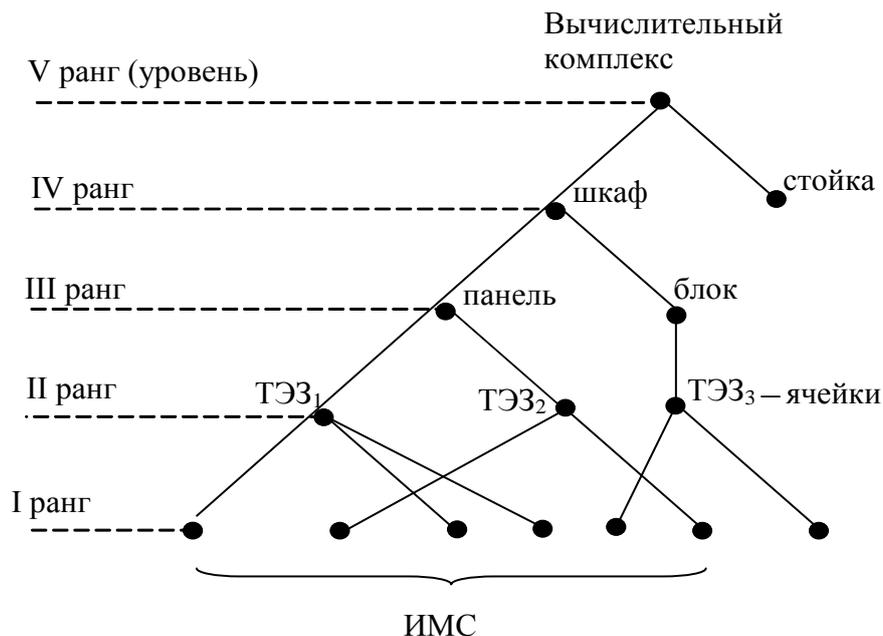


Рис. 1 – Иерархические уровни конструктивных модулей ЭС

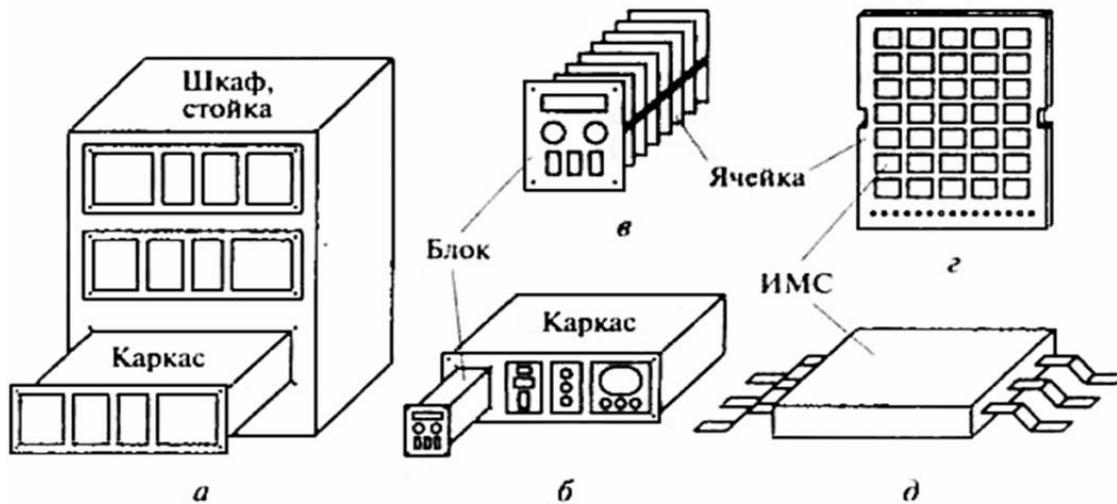


Рис. 2 – Иерархия конструктивных модулей

Применение модульного конструирования РЭС позволяет выделить ряд стандартных задач конструкторского этапа проектирования, которые приходится решать на различных уровнях. Так для микросистемных устройств РЭС к этим задачам относятся: задачи компоновки модулей, заключающихся в распределении модулей низшего уровня по конструктивным модулям высшего уровня; задачи размещения модулей низшего уровня в модуле высшего (например, микросхем на печатной плате); задачи трассировки межсоединений; задачи получения конструкторско-технологической документации. Для решения задач конструкторского проектирования радиоустройства (РЭУ) представляются множеством конструктивных модулей, группы контактов которых связаны эквипотенциальными электрическими соединениями. Такое представление устройства называют *коммутационной схемой*.

Постановка и решение перечисленных конструкторских задач на ЭВМ невозможны без определения математических моделей *коммутационного пространства* и принципиальной электрической схемы проектируемого устройства. *Коммутационным пространством* конструктивного модуля какого-либо уровня называют область, ограниченную габаритами этого модуля, в котором располагаются модули предыдущего уровня и осуществляются

электрические соединения контактов модулей низшего уровня. К моделям схем и коммутационного пространства, используемых для решения задач автоматизации конструкторского проектирования, наибольшее распространение получили модели, использующие аппарат теории графов, теории множеств.

Для размещения конструктивных модулей и трассировки соединений между их контактами, которые должны быть соединены электрическими цепями, предназначено монтажно-коммутационное пространство (МКП). В лабораторных работах будем считать, что МКП имеет прямоугольную форму. Модели МКП для решения задач размещения строятся следующим образом: МКП разбивается на элементарные площадки – *дискреты*, каждая из которых предназначена для размещения одного конструктивного модуля более низкого уровня (это может быть микросхема на печатной плате). Каждый дискрет в процессе решения задачи размещения может находиться в одном из следующих состояний: свободен для размещения, занят и т. д. Одной из разновидностей модели МКП является модель с ортогональной сеткой (рис. 3), в узлах которой могут размещаться модули низкого уровня (рис. 4).

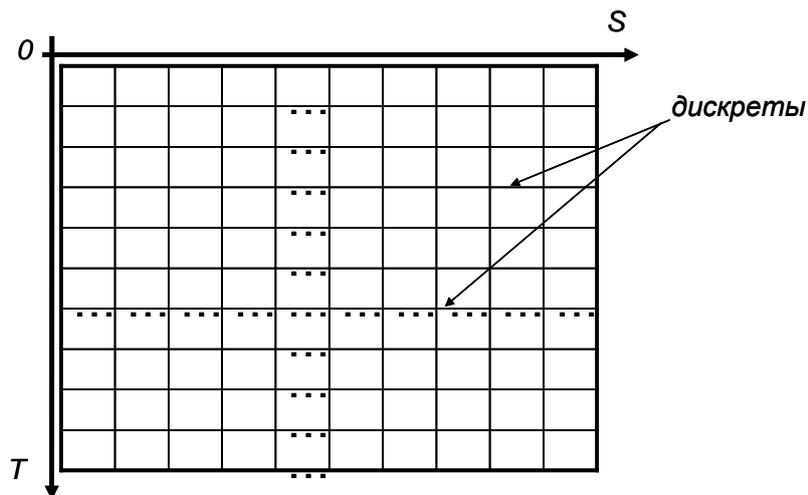


Рис. 3 – Модель МКП с наложенной на нее сеткой и ортогональной системой координат *SOT*

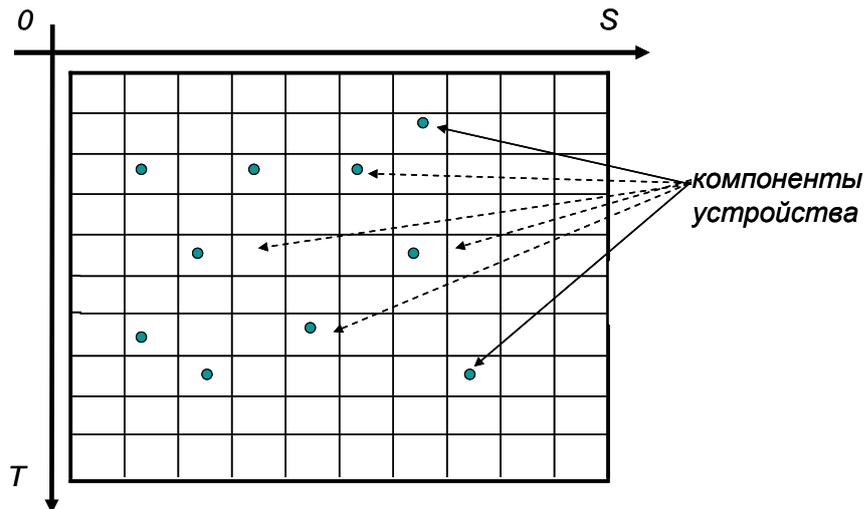


Рис. 4 – Вершины графа $G(X, V)$, интерпретирующие компоненты моделируемого устройства, размещенные в коммутационном пространстве МКП

Для решения задач размещения наибольшее распространение получили модели электрических принципиальных схем устройства в виде взвешенного графа $G(X, V)$, в котором множество вершин X сопоставлено множеству установочных позиций S (центры дискрет) в коммутационном пространстве МКП. Множество ребер (ветвей) V интерпретирует множество связей между соответствующими установочными позициями в МКП. Каждому ребру графа v_{ij} присваивается вес q_{ij} , равный числу условных единиц расстояния между центрами установочных позиций s_i, s_j , сопоставленных вершинам графа, инцидентных данному ребру.

Вес ребра q_{ij} определяется по формуле:

$$q_{ij} = |s_i - s_j| + |t_i - t_j|,$$

где s_i, s_j и t_i, t_j – координаты дискрет, в которых размещены смежные вершины графа G .

Для описания взвешенного графа удобно использовать матрицу смежности Q , строки и столбцы которой соответствуют вершинам графа, т. е. множеству установочных позиций S .

Для примера представлен фрагмент электрической принципиальной схемы устройства (рис. 5, а). На рис. 5, б, в показано представление коммутационной схемы данного устройства мультиграфом и взвешенным графом $G(X,V)$. Компонент v_0 является фиктивным, ему принадлежат все внешние контакты устройства. Фиктивный компонент v_0 интерпретирует разъем устройства.

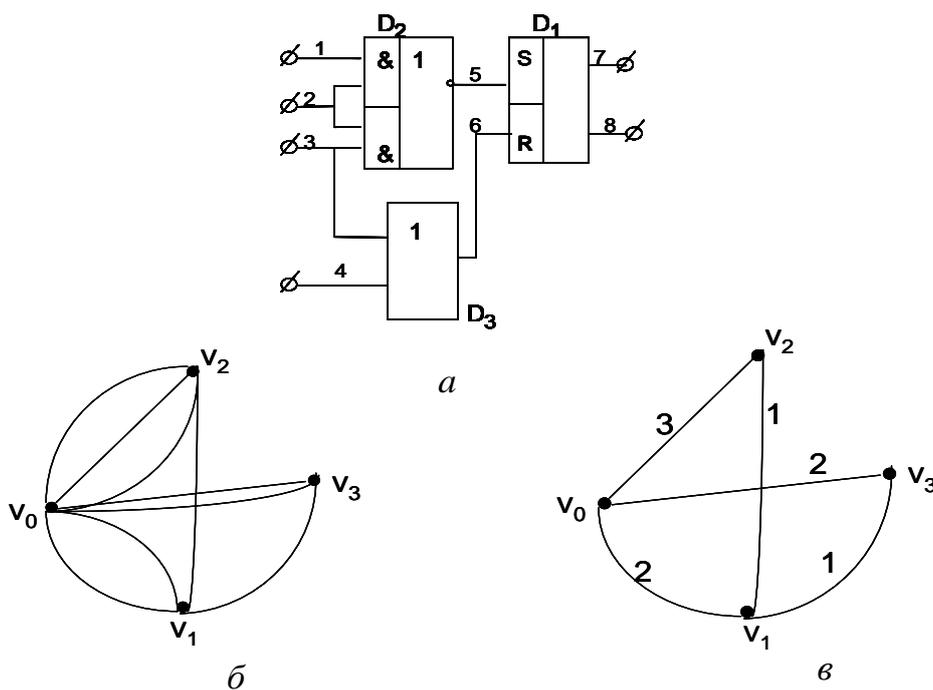


Рис. 5 – Графовые модели устройства для решения задач компоновки и размещения

Пример размещения графа $G(X,V)$ на прямоугольной монтажной плоскости МКП, разбитой на дискреты с наложенной ортогональной системой координат SOT , показан на рисунке 6: для вариантов представления $G(X,V)$ в виде мультиграфа (рис. 6, а) и для взвешенного графа (рис. 6, б).

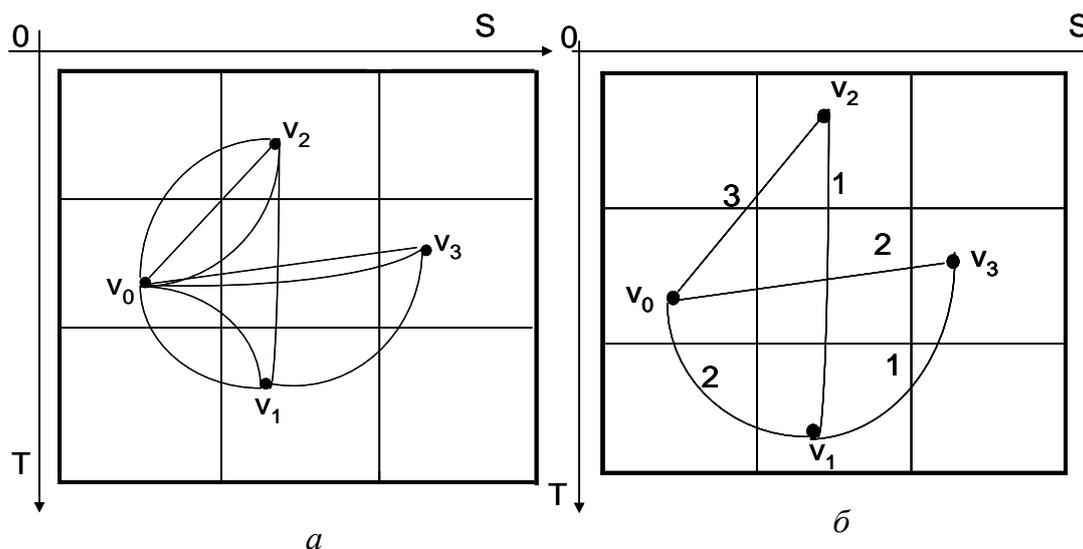


Рис. 6 – Варианты размещения графа $G(X, V)$ в монтажном пространстве МКП

Математические модели устройств, предназначенные для решения задач трассировки электрических соединений, должны учитывать конструктивно технологические особенности конструктивных модулей, между контактами которых осуществляется построение трасс электрических соединений. К этим особенностям следует отнести порядок расположения контактов в коммутационном пространстве МКП (рис. 7).

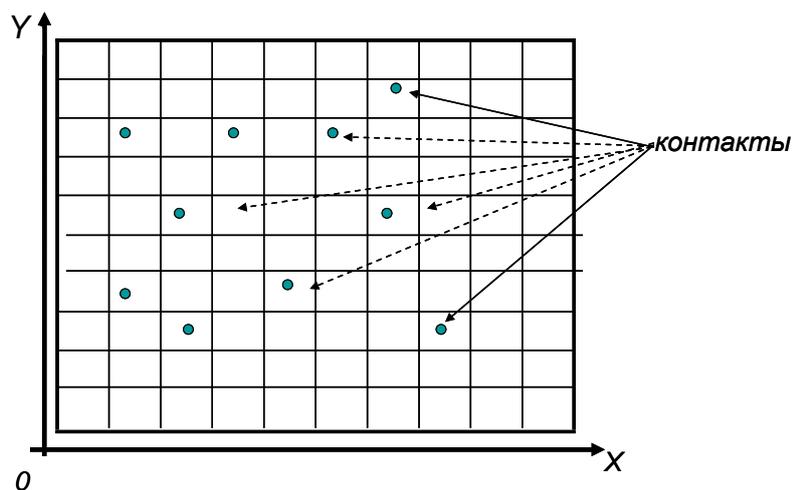


Рис. 7 – Пример расположения контактов модулей устройства в коммутационном пространстве МКП

Расстояние l_{ij} между соединяемыми контактами модулей с координатами (x_i, y_i) и (x_j, y_j) будем определять следующим способом:

$$l_{ij} = \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2}.$$

Данный способ соответствует прокладке проводных соединений по кратчайшему расстоянию между соединяемыми контактами модулей.

Для выполнения лабораторной работы № 2 ограничимся только изучением алгоритма трассировки проводного монтажа по прямым, соединяющим контакты отдельных компонентов (монтаж в навал). Задача трассировки такого монтажа формулируется следующим образом: задана графовая модель коммутационной схемы устройства координатами множества контактов X и соединяющими их ветвями V . Требуется построить в графе $G(X, V)$ дерево, включающее все контактные вершины графа и имеющие минимальную суммарную длину ветвей (соединений). Решение задачи трассировки в такой постановке можно выполнять с помощью алгоритма Прима.

Этот алгоритм позволяет строить кратчайшие связывающие сети при наличии ограничений на степени вершин дерева, т. е. количество проводников, подходящих к одному контакту. Построение дерева алгоритмом Прима выполняется в несколько этапов. На первом из них выделяется подмножество вершин X_i подграфа G_i , которые должны быть соединены эквипотенциальной цепью минимальной длины. После построения первой эквипотенциальной цепи аналогичным способом строятся следующие эквипотенциальные цепи. Пример построенной алгоритмом Прима кратчайшей эквипотенциальной сети приведен на рисунке 8.

Алгоритм Прима построения кратчайшего (минимального) связывающего дерева для проводного монтажа подробно рассмотрен в учебном пособии [1].

ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ

Лабораторный практикум предназначен для закрепления знаний, полученных при изучении теоретического материала, представленного в учебном пособии [1], посвященного вопросам автоматизации схемотехнического и конструкторского этапа проектирования радиоэлектронных средств.

В результате выполнения лабораторных работ будут получены практические навыки в области разработки математических моделей и алгоритмов для задач автоматизированного конструкторского проектирования РЭС.

Лабораторная работа № 1 «Компоновка и размещение конструктивных модулей радиоэлектронных средств (РЭС)»

Цель работы: изучение математических моделей монтажно-коммутационных площадок (МКП), математических моделей задач компоновки и размещения компонентов РЭС, алгоритмов компоновки и размещения.

Прежде чем приступить к выполнению лабораторной работы, необходимо изучить разделы 3.2.1, 4.1, 4.2 учебного пособия [1], в которых подробно рассмотрены следующие вопросы: принцип получения математических моделей объектов проектирования электронно-вычислительной и радиоэлектронной аппаратуры для решения задач структурного синтеза на примерах компоновки, размещения, трассировки, алгоритмы и модели компоновки (приведен пример решения задачи компоновки в постановке покрытия), задача размещения конструктивных элементов в монтажном пространстве (приведен подробный пример решения задачи размещения).

Задание на лабораторную работу № 1

1. Записать математическую модель задачи разбиения схемы радиоэлектронного устройства (РЭУ) в общем виде в соответствии с выбранным вариантом (Приложение А).

2. Выполнить разбиение заданного варианта схемы с помощью итерационного алгоритма и реализовать данный алгоритм на языке программирования высокого уровня (Паскаль). Схему разбить на три части (количество элементов в каждой части задать самостоятельно). Предварительно схему нужно представить графовой моделью.

3. Записать математическую модель задачи размещения компонентов схемы РЭУ, заданной графом. Граф задан матрицей смежности (Приложение Б).

Описание исходных данных

Математическая модель схемы радиоустройства для решения задачи размещения задана мультиграфом $G = (X, U)$, где X, U – соответственно множество вершин и множество ребер данного графа. Граф G задан матрицей смежности Q , строки и столбцы которой соответствуют вершинам графа (конструктивным модулям низшего уровня). Элементы матрицы смежности $q_{ii} = 0$, а остальные элементы матрицы смежности q_{ij} равны числу ребер, соединяющих соответственно x_i и x_j вершины графа G .

В Приложении Б приведены варианты графов схем РЭУ, представленных матрицами смежности. По матрице смежности построить граф G .

Необходимо выполнить первоначальное размещение компонентов схемы в пространстве условно заданного МКП прямоугольной формы с помощью итерационного алгоритма. Считать, что компоненты размещения – одногабаритные. Число позиций m на коммутационной плате не меньше числа n размещаемых модулей ($m \geq n$).

4. Оформить отчет по выполненной работе.

Лабораторная работа № 2 «Трассировка проводных и печатных соединений»

Цель работы: изучение математических моделей конструкций РЭС для решения задачи трассировки, алгоритмов трассировки: Прима, Штейнера, волнового алгоритма.

Прежде чем приступить к выполнению лабораторной работы, необходимо изучить раздел 4.1 учебного пособия [1], в котором рассмотрены способы проводных и печатных соединений с помощью алгоритмов Прима, Штейнера, волнового алгоритма.

Задание на лабораторную работу № 2

1. Построить графовую математическую модель какой-либо части схемы согласно выбранному варианту (Приложение А), содержащей 3 или 4 элемента, для решения задачи трассировки.

2. Выполнить построение кратчайшего покрывающего дерева с помощью алгоритма Прима для группы из пяти контактов, принадлежащих одной эквипотенциальной цепи. Варианты данных для трассировки с помощью алгоритма Прима приведены в Приложении В.

Описание исходных данных

С помощью алгоритма Прима соединить точки (вершины графа G), расположенные на прямоугольной монтажно-коммутационной плоскости (МКП). На МКП наложены координатная сетка и декартова система координат (рис. 9).

Точки (вершины графа) размещаются в узлах дискрет МКП.

Считать, что к одной точке может подходить не более 3-х линий (соединений). Вычислить суммарную длину соединений точек в системе ортогональной метрики.

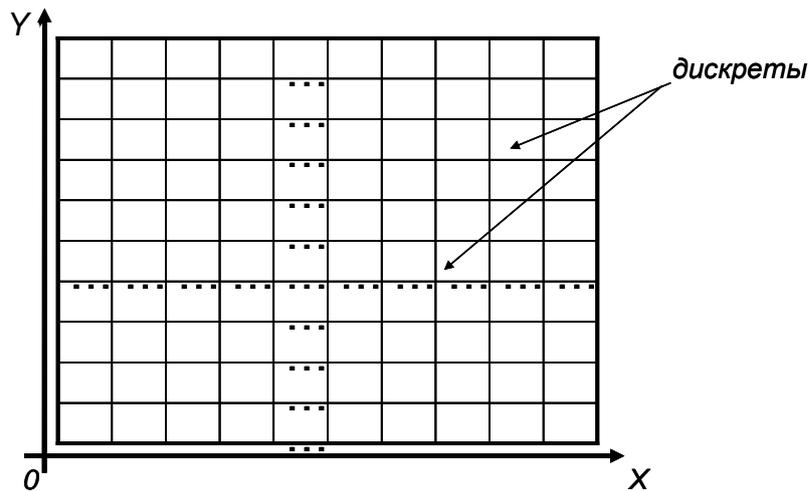


Рис. 9 – Пример МКП

Привести схему полученных соединений точек.

3. Выполнить построение кратчайшего дерева Штейнера для группы из пяти контактов, принадлежащих одной эквипотенциальной цепи. Варианты данных приведены в Приложении В.

4. Выполнить трассировку печатных соединений с помощью волнового алгоритма. Варианты данных для трассировки с помощью волнового алгоритма приведены в Приложении Г.

Описание исходных данных

Точка А – источник. Точка В – цель. Запрещенные ячейки ДРП помечены «х». Используя волновой алгоритм, определить минимальное значение номера фронта Φ_k волны, достигающей цель В. Принять начальное значение номера фронта $k = 1$.

Считать, что для трассы проводника не допустимы диагональные направления.

5. Оформить отчет по выполненной работе.

ТРЕБОВАНИЯ К СОДЕРЖАНИЮ И ОФОРМЛЕНИЮ ОТЧЕТОВ ПО ЛАБОРАТОРНЫМ РАБОТАМ

Отчет по лабораторной работе оформляется отчет в соответствии с требованиями образовательного стандарта вуза ОС ТУСУР 01-2013. Работы студенческие по направлениям подготовки и специальностям технического профиля. Общие требования и правила оформления [2].

Отчет должен включать:

1. **Титульный лист** (пример оформления представлен в Приложении Г).
2. **Задание** на лабораторную работу
3. **Введение** содержит общую информацию по теме лабораторной работы: краткую характеристику поставленной задачи, описание методов решения данной задачи.
4. **Основной раздел отчета** включает: постановку задачи, математическую модель постановки задачи с описанием интерпретации ее элементов, математическую модель схемы, описание (по шагам) алгоритма решения задачи.
5. **Результат решения** задачи (если применялся итерационный алгоритм, то приводить результат решения на каждой итерации).
6. **Заключение.** В данном разделе приводятся основные выводы по результатам выполненных расчетов (сопоставление прогнозируемых и полученных результатов, эффективность алгоритма решения поставленной задачи и пр.).
7. **Список литературы** – список источников, используемых при выполнении работы. (Может содержать не только литературные источники, но и ссылки на различные ресурсы в сети Интернет).
8. **Приложения** – листинги разработанных программ (указанных в задании на лабораторную работу) с комментариями по процедурам.

Вместе с отчетом на проверку необходимо представить файлы с исходным кодом программы и запускающим программу файлом (*.exe).

ЛИТЕРАТУРА

Основная

1. Жигалова Е. Ф. Автоматизация конструкторского и технологического проектирования : учеб. пособие / Е. Ф. Жигалова. – Томск : ФДО ТУСУР, 2016. – 201 с.

2. Образовательный стандарт вуза ОС ТУСУР 01-2013. Работы студенческие по направлениям подготовки и специальностям технического профиля. Общие требования и правила оформления.

http://www.tusur.ru/export/sites/ru.tusur.new/ru/education/documents/inside/tech_01-2013_new.pdf

Дополнительная

1. Кудинов А. А. Проектирование автоматизированных систем : учеб. пособие / А. А. Кудинов. – Амурский гос. ун-т, Благовещенск, 2010. – 80 с.

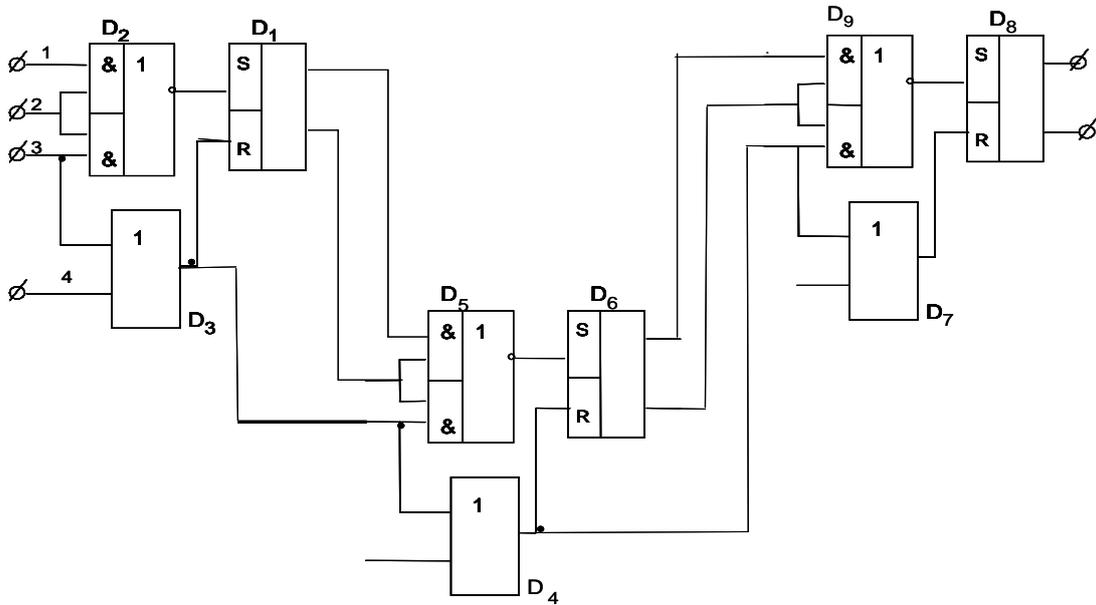
2. Коновалов Б. И. Теория автоматического управления : учеб. пособие / Б. И. Коновалов. – 3-е изд. – СПб. : Лань, 2010. – 220 с. (ЭБС Лань)

3. Королев А. П., Баршутин С. Н. Автоматизация технологического проектирования РЭС : учеб. пособие. – Тамбов : Изд-во ТГТУ, 2006. – 76 с.

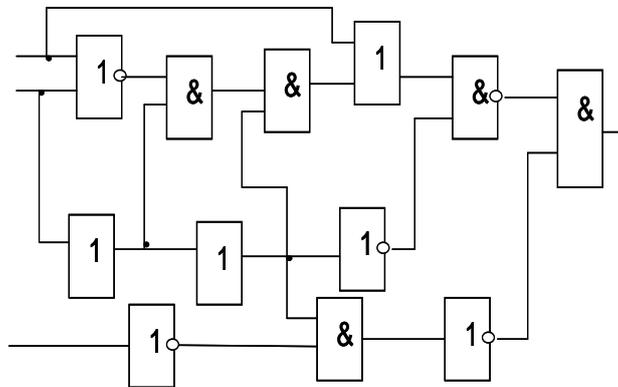
ПРИЛОЖЕНИЕ А

ВАРИАНТЫ СХЕМ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ

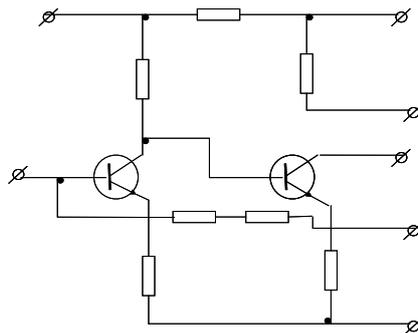
Вариант 1

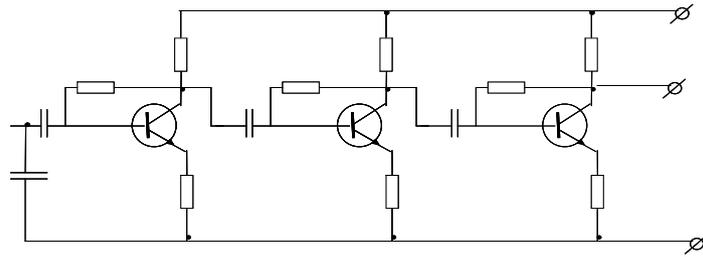
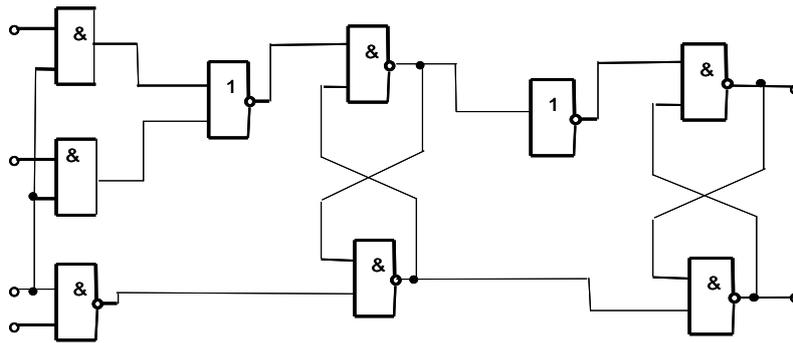
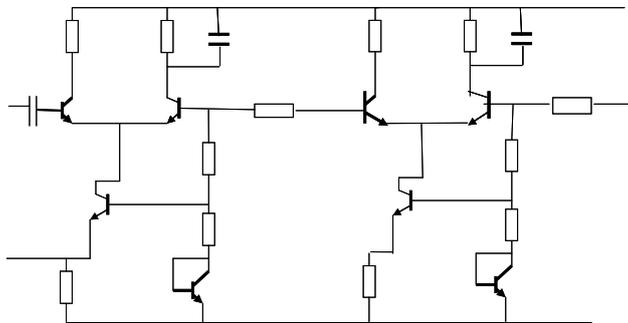
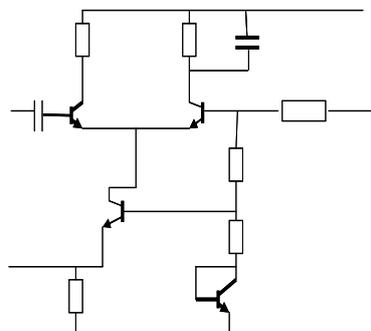


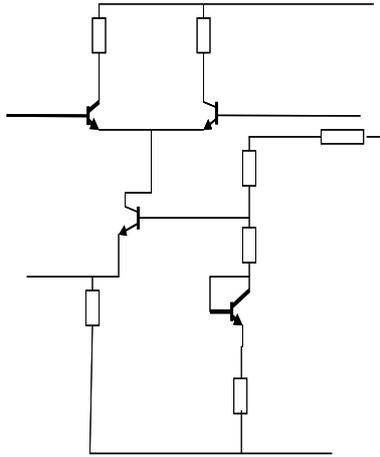
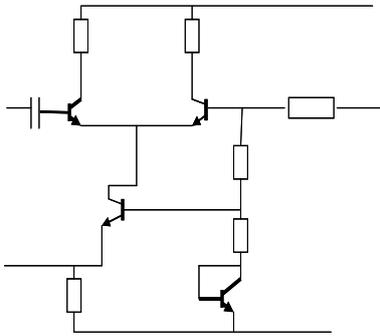
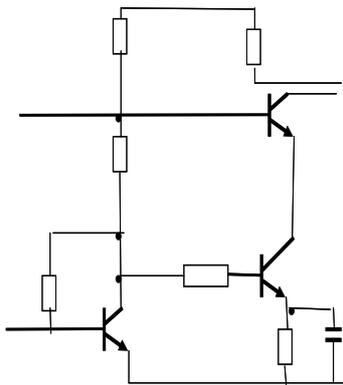
Вариант 2



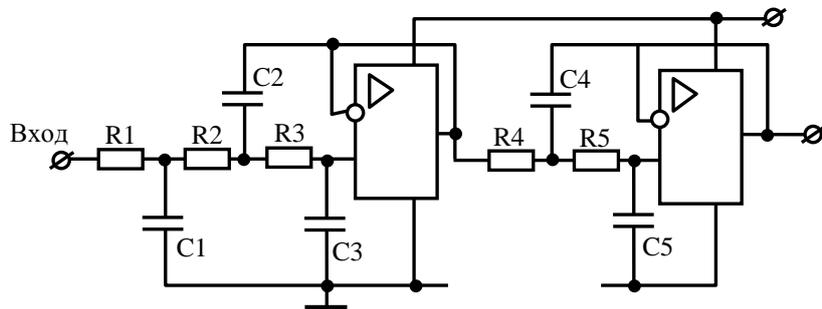
Вариант 3



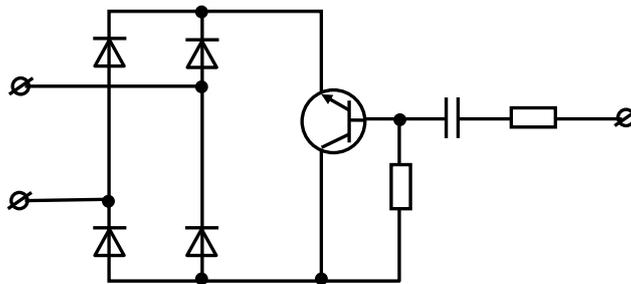
Вариант 4**Вариант 5****Вариант 6****Вариант 7**

Вариант 8**Вариант 9****Вариант 10**

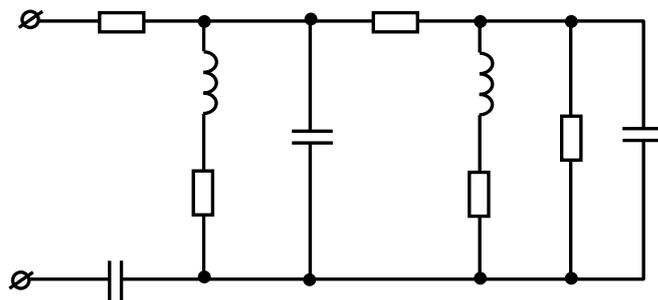
Вариант 11

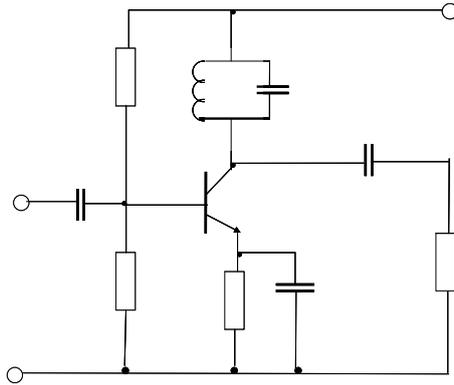
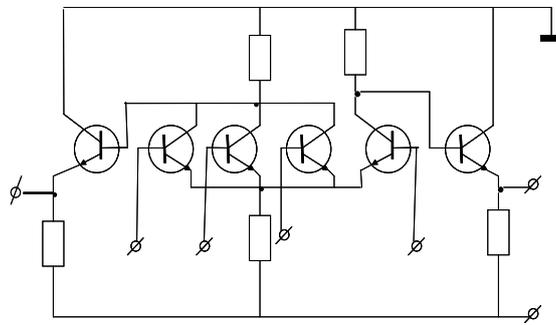


Вариант 12



Вариант 13



Вариант 14**Вариант 15**

ПРИЛОЖЕНИЕ Б
ВАРИАНТЫ СХЕМ РЭУ, ЗАДАНЫХ ГРАФАМИ,
ПРЕДСТАВЛЕННЫМИ МАТРИЦАМИ СМЕЖНОСТИ

Вариант 1

	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9
x_1	0	2	0	1	1	0	0	0	0
x_2	2	0	1	0	0	0	0	1	0
x_3	0	1	0	0	0	0	3	0	0
x_4	1	0	0	0	2	1	0	0	0
x_5	1	0	0	2	0	2	0	1	0
x_6	0	0	0	1	0	0	0	1	0
x_7	0	0	3	0	0	0	0	0	3
x_8	0	1	0	0	1	1	0	0	0
x_9	0	0	0	0	0	0	3	0	0

Вариант 2

	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9
x_1	0	2	0	1	5	0	0	0	0
x_2	2	0	3	0	0	0	0	1	0
x_3	0	3	0	0	0	0	3	0	0
x_4	1	0	0	0	2	1	0	0	0
x_5	5	0	0	2	0	2	0	1	0
x_6	0	0	0	1	0	0	0	2	0
x_7	0	0	3	0	0	0	0	0	3
x_8	0	1	0	0	1	2	0	0	0
x_9	0	0	0	0	0	0	3	0	0

Вариант 3

	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9
x_1	0	2	0	1	1	0	0	0	0
x_2	2	0	1	0	0	0	0	1	0
x_3	0	1	0	0	0	0	3	0	0
x_4	1	0	0	0	2	1	0	0	0
x_5	1	0	0	2	0	2	0	1	0
x_6	0	0	0	1	0	0	0	1	0
x_7	0	0	3	0	0	0	0	0	3
x_8	0	1	0	0	1	1	0	0	0
x_9	0	0	0	0	0	0	3	0	0

Вариант 4

	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9
x_1	0	2	0	1	1	0	0	0	0
x_2	2	0	1	0	0	0	0	1	0
x_3	0	1	0	0	0	0	3	0	0
x_4	1	0	0	0	7	1	0	0	0
x_5	1	0	0	7	0	2	0	5	0
x_6	0	0	0	1	0	0	0	1	0
x_7	0	0	3	0	0	0	0	0	1
x_8	0	1	0	0	5	1	0	0	0
x_9	0	0	0	0	0	0	1	0	0

Вариант 5

	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9
x_1	0	2	0	5	1	0	0	0	0
x_2	2	0	1	0	0	0	0	7	0
x_3	0	1	0	0	0	0	3	0	0
x_4	5	0	0	0	2	1	0	0	0
x_5	1	0	0	2	0	2	0	1	0
x_6	0	0	0	1	0	0	0	1	0
x_7	0	0	3	0	0	0	0	0	3
x_8	0	7	0	0	1	1	0	0	0
x_9	0	0	0	0	0	0	3	0	0

Вариант 6

	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9
x_1	0	2	0	3	1	0	0	0	0
x_2	2	0	1	0	0	0	0	1	0
x_3	0	1	0	0	0	0	3	0	0
x_4	3	0	0	0	2	1	0	0	0
x_5	1	0	0	2	0	2	0	1	0
x_6	0	0	0	1	0	0	0	4	0
x_7	0	0	3	0	0	0	0	0	6
x_8	0	1	0	0	1	4	0	0	0
x_9	0	0	0	0	0	0	6	0	0

Вариант 7

	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9
x_1	0	2	0	3	1	0	0	0	0
x_2	2	0	1	0	0	0	0	1	0
x_3	0	1	0	0	0	0	3	0	0
x_4	3	0	0	0	2	8	0	0	0
x_5	1	0	0	2	0	2	0	1	0
x_6	0	0	0	8	0	0	0	9	0
x_7	0	0	3	0	0	0	0	0	3
x_8	0	1	0	0	1	9	0	0	0
x_9	0	0	0	0	0	0	3	0	0

Вариант 8

	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9
x_1	0	2	0	1	1	0	0	0	0
x_2	2	0	1	0	0	0	0	1	0
x_3	0	1	0	0	0	0	3	0	0
x_4	1	0	0	0	2	3	0	0	0
x_5	1	0	0	2	0	2	0	1	0
x_6	0	0	0	3	0	0	0	5	0
x_7	0	0	3	0	0	0	0	0	3
x_8	0	1	0	0	1	5	0	0	0
x_9	0	0	0	0	0	0	3	0	0

Вариант 9

	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9
x_1	0	2	0	6	4	0	0	0	0
x_2	2	0	1	0	0	0	0	1	0
x_3	0	1	0	0	0	0	8	0	0
x_4	6	0	0	0	2	1	0	0	0
x_5	4	0	0	2	0	2	0	1	0
x_6	0	0	0	1	0	0	0	1	0
x_7	0	0	8	0	0	0	0	0	3
x_8	0	1	0	0	1	1	0	0	0
x_9	0	0	0	0	0	0	3	0	0

Вариант 10

	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9
x_1	0	4	0	2	5	0	0	0	0
x_2	4	0	3	0	0	0	0	4	0
x_3	0	3	0	0	0	0	6	0	0
x_4	2	0	0	0	2	1	0	0	0
x_5	5	0	0	2	0	2	0	1	0
x_6	0	0	0	1	0	0	0	1	0
x_7	0	0	6	0	0	0	0	0	3
x_8	0	4	0	0	1	1	0	0	0
x_9	0	0	0	0	0	0	3	0	0

Вариант 11

	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9
x_1	0	2	0	3	3	0	0	0	0
x_2	2	0	1	0	0	0	0	1	0
x_3	0	1	0	0	0	0	6	0	0
x_4	3	0	0	0	2	7	0	0	0
x_5	3	0	0	2	0	2	0	1	0
x_6	0	0	0	7	0	0	0	1	0
x_7	0	0	6	0	0	0	0	0	3
x_8	0	1	0	0	1	1	0	0	0
x_9	0	0	0	0	0	0	3	0	0

Вариант 12

	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9
x_1	0	2	0	1	1	0	0	0	0
x_2	2	0	1	0	0	0	0	1	0
x_3	0	1	0	0	0	0	3	0	0
x_4	1	0	0	0	8	1	0	0	0
x_5	1	0	0	8	0	2	0	7	0
x_6	0	0	0	1	0	0	0	5	0
x_7	0	0	3	0	0	0	0	0	6
x_8	0	1	0	0	7	5	0	0	0
x_9	0	0	0	0	0	0	6	0	0

Вариант 13

	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9
x_1	0	2	0	5	5	0	0	0	0
x_2	2	0	1	0	0	0	0	1	0
x_3	0	1	0	0	0	0	6	0	0
x_4	5	0	0	0	2	4	0	0	0
x_5	5	0	0	2	0	2	0	1	0
x_6	0	0	0	4	0	0	0	1	0
x_7	0	0	6	0	0	0	0	0	3
x_8	0	1	0	0	1	1	0	0	0
x_9	0	0	0	0	0	0	3	0	0

Вариант 14

	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9
x_1	0	2	0	3	1	0	0	0	0
x_2	2	0	1	0	0	0	0	1	0
x_3	0	1	0	0	0	0	5	0	0
x_4	3	0	0	0	2	7	0	0	0
x_5	1	0	0	2	0	2	0	1	0
x_6	0	0	0	7	0	0	0	1	0
x_7	0	0	5	0	0	0	0	0	3
x_8	0	1	0	0	1	1	0	0	0
x_9	0	0	0	0	0	0	3	0	0

Вариант 15

	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9
x_1	0	2	0	1	1	0	0	0	0
x_2	2	0	1	0	0	0	0	1	0
x_3	0	1	0	0	0	0	3	0	0
x_4	1	0	0	0	2	7	0	0	0
x_5	1	0	0	2	0	2	0	0	0
x_6	0	0	0	1	0	0	0	0	0
x_7	0	0	3	0	0	0	0	0	3
x_8	0	1	0	0	0	0	0	0	0
x_9	0	0	0	0	0	0	3	0	0

ПРИЛОЖЕНИЕ В
ВАРИАНТЫ КООРДИНАТ ВЕРШИН ГРАФА СХЕМЫ,
РАЗМЕЩЕННЫХ В ПРОСТРАНСТВЕ МКП

Вариант 1

(9, 7); (15, 4); (5, 12); (11, 8); (17, 10).

Вариант 2

(12, 4); (6, 4); (9, 5); (2, 3); (5, 7).

Вариант 3

(10, 7); (6, 4); (8, 5); (2, 3); (5, 7).

Вариант 4

(9, 9); (7, 4); (8, 5); (11, 3); (5, 7).

Вариант 5

(9, 7); (7, 4); (8, 5); (11, 3); (7, 7).

Вариант 6

(9, 7); (7, 4); (8, 9); (11, 3); (7, 10).

Вариант 7

(12, 4); (6, 4); (9, 11); (2, 3); (5, 7).

Вариант 8

(10, 7); (6, 4); (8, 11); (2, 3); (5, 7).

Вариант 9

(9, 9); (7, 6); (8, 5); (11, 3); (5, 7).

Вариант 10

(9, 7); (7, 8); (8, 5); (11, 8); (7, 7).

Вариант 11

(9, 7); (7, 4); (5, 12); (11, 8); (7, 10).

Вариант 12

(12, 4); (6, 4); (7, 7); (5, 9); (5, 7).

Вариант 13

(10, 7); (6, 6); (8, 5); (4, 9); (5, 7).

Вариант 14

(9, 9); (8, 4); (8, 5); (11, 3); (5, 7).

Вариант 15

(9, 7); (7, 4); (18, 5); (11, 13); (7, 7).

ПРИЛОЖЕНИЕ Д
ОБРАЗЕЦ ОФОРМЛЕНИЯ ТИТУЛЬНОГО ЛИСТА

Министерство образования и науки Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования

ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ (ТУСУР)

Кафедра компьютерных систем в управлении и проектировании (КСУП)

Отчет по лабораторной работе № _____
по дисциплине «Автоматизация конструкторского
и технологического проектирования» (АКТП)
Тема работы: _____

Вариант № ...

Выполнил:
Студент И. О. Фамилия
Проверил:
доцент каф. КСУП ТУСУР,
канд. тех. наук
Е. Ф. Жигалова