

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Саратовский государственный технический университет  
имени Гагарина Ю.А.»  
Кафедра «Автоматизация, управление, мехатроника»

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

по дисциплине

**М.1.1.7 «Проектирование систем автоматизации и управления»**

направление подготовки 15.04.04

«Автоматизация технологических процессов и производств»

Профиль 1: «Автоматизация технологических процессов и производств»

Квалификация - магистр

форма обучения – заочная  
курс – 2  
семестр – 3  
зачетных единиц – 3  
академических часов – 108  
в том числе:  
лекции – 2  
практические занятия – 10  
самостоятельная работа – 96  
зачет – 3 семестр  
контрольная работа – 3 семестр

## 1. Цель и задачи дисциплины

1.1. Цель преподавания дисциплины: изучение студентами магистерской формы обучения направления 15.04.04 основных положений и современного аппарата проектирования и модернизации систем автоматизации и управления.

1.2. Задачи изучения дисциплины: освоение методов модернизации и автоматизации действующих и проектирования новых автоматизированных и автоматических производственных и технологических процессов с использованием автоматизированных средств и систем технологической подготовки производства, методов оптимизации при решении конкретных задач проектирования систем автоматизации, управления жизненным циклом продукции, алгоритмов подготовки заявок на изобретения и промышленные образцы в области автоматизированных технологий и производств. Приобретение навыков разработки и практической реализации средств и систем автоматизации и управления различного назначения.

## 2. Место дисциплины в структуре ООП ВО

Знания и умения, приобретаемые магистрантами после освоения содержания дисциплины, будут использоваться при изучении дисциплин «Интегрированные системы проектирования и управления автоматизированных и автоматических производств», «Системы автоматизации и управления», «Автоматизация процессов измерения, испытаний и контроля», «Современные системы ЧПУ», при курсовом и дипломном проектировании.

## 3. Требования к результатам освоения дисциплины

Изучение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

**(ОПК-4)** способностью руководить подготовкой заявок на изобретения и промышленные образцы в области автоматизированных технологий и производств, управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством.

**Магистрант должен знать:** алгоритм подготовки заявок на изобретения и промышленные образцы в области автоматизированных технологий и производств;

**Магистрант должен уметь:** руководить подготовкой заявок на изобретения и промышленные образцы в области автоматизированных технологий и производств, управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством;

**Магистрант должен владеть:** способностью руководить подготовкой заявок на изобретения и промышленные образцы в области автоматизированных технологий и производств, управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством

**(ПК-6);** способностью осуществлять модернизацию и автоматизацию действующих и проектирование новых автоматизированных и

автоматических производственных и технологических процессов с использованием автоматизированных средств и систем технологической подготовки производства, разрабатывать и практически реализовывать средства и системы автоматизации и управления различного назначения.

**Магистрант должен знать:** автоматизированные средства и системы технологической подготовки производства.

**Магистрант должен уметь:** осуществлять модернизацию и автоматизацию действующих и проектирование новых автоматизированных и автоматических производственных и технологических процессов.

**Магистрант должен владеть:** навыками проектирование новых автоматизированных и автоматических производственных и технологических процессов с использованием автоматизированных средств и систем технологической подготовки производства.

#### 4. Распределение трудоемкости дисциплины по темам и видам занятий (час.)

№ модуля	№ недели	№ темы	Наименование темы	Часы					
				Всего	Лекции	Коллоквиум	Лабораторные	Практические	СРС
1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1		1	Общие сведения о процессе проектирования. Структура процесса проектирования	36	1			3	32
2		2	Патентный поиск. Алгоритм подготовки заявок на изобретения. Системы автоматизированного проектирования	36	1			3	32
3		3	Этапы проектирования и модернизации систем автоматизации и управления.	36	-			4	32
Всего				108	2			10	96

## 5. Содержание лекционного курса

№ темы	Всего часов	№ лекции	Тема лекции. Вопросы, отрабатываемые на лекции	Учебно-методическое обеспечение
1	2	3	4	5
1	1	1	Общие сведения о процессе проектирования. Системный подход к проблеме проектирования сложных систем автоматизации и управления. Системный подход к задаче проектирования систем автоматизации и управления технологическими процессами. Структура процесса проектирования. Иерархические уровни проектирования. Этапы проектирования.	[2,4,5]
2,3	1	1	Методология и принципы проектирования и конструирования машин и приборов. Патентный поиск. Алгоритм подготовки заявок на изобретения. Системы автоматизированного проектирования. Структура и разновидности САПР. Этапы и особенности проектирования систем автоматизации и управления. Открытые системы. Техническое обеспечение систем автоматизированного проектирования. Математическое обеспечение анализа и синтеза проектных решений. Методическое и программное обеспечение автоматизированных систем. Новые технологии и средства проектирования.	[8] [6] [13]

## 6. Содержание коллоквиумов - нет

## 7. Перечень практических занятий

№ темы	Всего часов	№ занятия	Тема практического занятия. Вопросы, отрабатываемые на практическом занятии	Учебно-методическое обеспечение
1	2	3	4	5
1	3		Системный анализ технических объектов Разработка функциональных схем систем автоматизации и управления. Построение конструктивной функциональной структуры Построение улучшенной конструктивной структуры Определение уровня автоматизации подсистем ГПС Выбор критериев развития технических	[6]

			объектов Декомпозиция объектов проектирования. Расчленение больших систем на подсистемы	
2	3	9-12	Подготовка формулы изобретения при подготовке заявок. Алгоритмы и критерии оптимизация компоновки и размещения элементов в ячейках. Системы автоматизированного проектирования печатных плат	[10]
3	6	13-17	Система автоматизированного проектирования КОМПАС-ГРАФИК 3D. SCADA-системы для создания интегрированной системы проектирования и управления реальным технологическим объектом	[8]

**8. Перечень лабораторных работ**  
Учебным планом не предусмотрено

**9. Задания для самостоятельной работы студентов**

№ темы	Всего Часов	Вопросы для самостоятельного изучения (задания)	Учебно-методическое обеспечение
1	2	3	4
1	32	Структурное моделирование. Функциональное моделирование. Логическое моделирование. Схемотехническое моделирование. Системное проектирование и конструирование	[11-13]
2	32	Подготовка формулы изобретения при подготовке заявок. Алгоритмы и критерии оптимизации компоновки и размещения элементов в ячейках. Машиностроительные САПР.	[12]
3	32	Понятие “электронная подпись”. Языки проектирования (GPSS). STEP-технология. Система CAS.CADE. CALS-стандарты.	[5,6]

Методические указания по самостоятельному изучению отдельных разделов дисциплины приведены в соответствующем разделе ИОС

### **10. Расчетно-графическая работа**

Учебным планом не предусмотрено

### **11. Курсовая работа**

Учебным планом не предусмотрено

### **12. Курсовой проект**

Учебным планом не предусмотрено

### **13. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации**

Процедура оценивания знаний, умений и навыков проводится в соответствии со следующими методическими материалами и заключается в проведении устного опроса в виде диалога преподавателя со студентом, цель которого – систематизация и уточнение имеющихся у студента знаний, проверка его индивидуальных возможностей усвоения материала, оценка способности студента применить полученные ранее знания; в проведении модулей и коллоквиумов, как способов межсессионной проверки знаний, умений, навыков студента в середине семестра по пройденным темам изучаемого предмета.

Показателем оценивания степени усвоения знаний является оценка, полученная на зачете при ответе на вопросы для зачета. Оценка выставляется по четырехбалльной шкале, соответствующей оценкам «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно» и осуществляется путем анализа ответа на вопросы для зачета. При этом руководствуются следующими критериями.

<b>Оценка</b>	<b>Критерии оценивания результатов обучения (дескрипторы)</b>
Отлично	заслуживает обучающийся, обнаруживший всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала, предусмотренного программой, усвоивший основную литературу и знакомый с дополнительной литературой, рекомендованной программой.
Хорошо	заслуживает обучающийся, обнаруживший полное знание учебного материала, усвоивший основную литературу, рекомендованную в программе. Оценка "хорошо" выставляется обучающимся, показавшим систематический характер знаний по дисциплине и способным к их самостоятельному пополнению и обновлению в ходе дальнейшей учебной работы и профессиональной деятельности.
Удовлетворительно	заслуживает обучающийся, обнаруживший знания основного учебного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей

	работы по профессии, знакомых с основной литературой, рекомендованной программой. Оценка выставляется обучающимся, допустившим погрешности в ответе на экзамене и при выполнении экзаменационных заданий, но обладающим необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя.
Неудовлетворительно	выставляется обучающемуся, обнаружившему пробелы в знаниях основного учебного материала. Оценка ставится обучающимся, которые не могут продолжить обучение или приступить к профессиональной деятельности по окончании образовательного учреждения без дополнительных занятий по рассматриваемой дисциплине.

Оценки «отлично», «хорошо» и «удовлетворительно» служит основанием для зачета знаний, умений и навыков по дисциплине с простановкой в ведомости «зачтено».

Умения и навыки, приобретенные студентом на этапе освоения указанной части компетенций при преподавании рассматриваемой дисциплины, оцениваются по результатам выполнения практических заданий, включающих одну или несколько задач (вопросов) в виде краткой формулировки действий (комплекса действий), которые следует выполнить, или описание результата, который нужно получить. Показателем оценивания степени усвоения знаний этого элемента компетенции, является оценка, полученная при представлении материалов и докладе по выданной теме. Оценка выставляется по четырехбалльной шкале, соответствующей оценкам «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно» и осуществляется путем анализа представленного материала в ответ на практические контрольные задания. При этом руководствуются следующими критериями:

Оценка	Критерии оценивания результатов обучения (дескрипторы)
Отлично	5 баллов выставляется студенту, если задание выполнено в полном объеме с соблюдением необходимой последовательности. Студенты работают полностью самостоятельно: подбирают необходимые для выполнения предлагаемых работ в задании источники знаний, показывают необходимые для проведения практической работы теоретические знания, практические умения и навыки.
Хорошо	4 балла выставляется студенту, если задание выполнено в полном объеме и самостоятельно. Допускаются отклонения от необходимой последовательности выполнения, не влияющие на

	<p>правильность конечного результата. Студенты используют указанные преподавателем источники знаний, включая страницы атласа, таблицы из приложения к учебнику, страницы из справочной литературы по предмету. Задание показывает знание учащихся основного теоретического материала и овладение умениями, необходимыми для самостоятельного выполнения работы. Могут быть неточности и небрежность в оформлении результатов работы.</p>
удовлетворительно	<p>3 балла выставляется студенту, если задание на практическую работу выполняется и оформляется студентами при помощи преподавателя или хорошо подготовленных и уже выполненных на «отлично» данную работу студентов. На выполнение задания затрачивается много времени (можно дать возможность доделать работу дома). Студенты показывают знания теоретического материала, но испытывают затруднение при самостоятельной работе с физическими приборами, графиками, таблицами справочной литературы.</p>
неудовлетворительно	<p>2 балла выставляется, если студенты показывают плохое знание теоретического материала и отсутствие умения применить знания к решению практической задачи. Руководство и помощь со стороны преподавателя и хорошо подготовленных студентов неэффективны по причине плохой подготовки студента.</p>

Процедура оценивания знаний, умений, навыков включает учет успешности выполнения практических работ, самостоятельной работы и сдачу зачета.

### **Вопросы для зачета**

1. Дайте определение понятия “проектирование”.
2. Задачи проектирования.
3. Методология автоматизации проектирования.
4. Стадии проектирования АС.
5. Этапы проектирования АС.
6. Системный подход к проектированию сложных систем.
7. Итерационный характер проектирования.
8. САПР как объект проектирования.
9. Обзор и сравнительный анализ современных САПР.
10. Машиностроительные САПР. Обзор и сравнительный анализ.
11. Основные требования и направления развития САПР.



12. Легкие САПР. Функциональные возможности. Пример.
13. Средние САПР. Функциональные возможности. Пример.
14. Тяжелые САПР. Функциональные возможности. Пример.
15. Модульный принцип построения CAD\CAM\CAE систем.
16. Приведите примеры проектных процедур, выполняемых в системах CAE, CAD, CAM.
17. Автоматизированный технологический комплекс.
18. Системный подход к проектированию автоматизированного технологического комплекса.
19. Назовите признаки, присущие сложной системе.
20. Приведите примеры иерархической структуры технических объектов, их внутренних, внешних и выходных параметров.
21. Приведите примеры условий работоспособности.
22. Почему проектирование обычно имеет итерационный характер?
23. Какие причины привели к появлению и развитию CALS-технологии?
24. Что понимают под комплексной автоматизированной системой?
25. Назовите основные типы промышленных автоматизированных систем и виды их обеспечения.
26. Что такое “электронная подпись”?

### **Вопросы для экзамена**

Учебным планом не предусмотрено

### **Тестовые задания по дисциплине**

1. Дайте определение понятия “проектирование”.
2. Задачи проектирования.
3. Стадии проектирования АС.
4. Этапы проектирования АС.
5. Системный подход к проектированию сложных систем.
6. САПР как объект проектирования.
7. Машиностроительные САПР.
8. Основные требования и направления развития САПР.
9. CAD системы.
10. CAM системы.
11. PDM системы.
12. CAE системы.
13. Легкие САПР.
14. Средние САПР.
15. Тяжелые САПР.
16. Модульный принцип построения CAD\CAM\CAE систем.
17. Автоматизированный технологический комплекс.
18. Назовите признаки, присущие сложной системе.
19. Условия работоспособности.

20. Какие причины привели к появлению и развитию CALS-технологии?
21. Приведите примеры проектных процедур, выполняемых в системах CAE, CAD, CAM.
22. Что понимают под комплексной автоматизированной системой?
23. Назовите основные функции автоматизированных систем: САПР, АСУП, АСУТП, АСД.
24. Что такое “растеризация”?
25. Что такое “векторизация”?
26. Что такое “промышленный компьютер”?
27. коммутации каналов
28. Методы коммутации пакетов.
29. В чем заключается сущность методов временного (TDM) и частотного (FDM) разделения каналов?
30. Рассчитайте размер окна столкновений в сети 10Base-5, если линия передачи данных представлена одним сегментом кабеля длиной 500 м.
31. Что такое “стаффинг”?
32. В чем сущность метода предотвращения конфликтов в RadioEthernet?
33. Почему в сетях Ethernet введено ограничение на размер кадра снизу? Рассчитайте нижнюю границу длины кадра для Gigabit Ethernet.
34. Какой может быть максимальная информационная скорость в канале передачи данных с полосой пропускания 4 кГц и отношением сигнал/помеха 130?
35. В чем заключаются преимущества перевода системы сотовой связи в более высокочастотный диапазон?
36. Рассчитайте задержку в передаче сигнала в спутниковых системах с использованием геостационарных орбит (высота спутника 36 тыс. км).
37. Сколько телефонных разговоров одновременно можно передавать по каналу T1?
38. Принцип работы схемы эхо-компенсации.
39. Каким образом выполняется контроль правильности передачи данных по протоколу TCP?
40. В IP-пакете имеется контрольный код заголовка или всего пакета?
41. Что такое “менеджеры” в сетевом программном обеспечении?
42. Что такое “агенты” в сетевом программном обеспечении?
43. Назовите факторы, обуславливающие высокие скорости передачи данных в сетях ATM.
44. Что такое “маршрутизация от источника”?
45. Что понимают под виртуальной ЛВС?
46. Дайте определение области адекватности математической модели.
47. Что понимают под постоянной времени физической системы?
48. Каким образом обеспечивается сходимость итераций при решении СНАУ?

49. На чем основаны алгоритмы автоматического выбора шага интегрирования при решении систем дифференциальных уравнений?

50. Что такое “вторичные ненулевые элементы” в методах разреженных матриц?

51. В чем заключается различие способов интерпретации и компиляции при реализации метода разреженных матриц?

52. Что понимают под областью работоспособности?

53. Сущность событийного метода моделирования.

54. Что такое “параметрическая модель”?

55. Что такое “ассоциативное моделирование”?

56. В чем заключаются отличия геометрических моделей Безье и В-сплайнов?

57. Дайте формулировку задачи математического программирования.

58. В чем заключаются трудности решения многокритериальных задач оптимизации?

59. Что такое “множество Парето”?

60. Как Вы считаете, можно ли применять метод проекции градиента для решения задач оптимизации с ограничениями типа неравенств?

61. Что такое “овражная целевая функция”?

62. Какие свойства характеризуют класс **NP**-полных задач?

63. Морфологическая таблица содержит 8 строк и 24 столбца. Сколько различных вариантов структуры представляет данная таблица?

64. Какие функции выполняет сетевое ПО?

65. Что понимают под менеджером в ПО управления сетью?

66. Что понимают под агентом в ПО управления сетью?

67. Что такое “эмуляция терминала”?

68. Назовите основные функции браузера.

69. Какие средства имеются в языке HTML для реализации гипертекста?

70. Что такое “электронная подпись”?

71. Перечислите основные особенности БД в САПР.

72. Что такое “транзакция” в системах обработки данных?

73. Что понимают под системой PDM?

74. Назовите основные особенности PDM

75. Поясните назначение брокера ORB в технологии CORBA.

76. Что такое язык описания интерфейсов IDL?

77. Каково назначение системы CAS.CADE?

78. Назовите основные стадии проектирования технических систем.

79. Для чего нужно прототипирование?

80. Что такое “профиль открытой системы”?

81. Чем обеспечивается открытость систем?

82. Что понимают под диаграммой потока данных?

83. Что называют прикладным протоколом в STEP-технологии?

84. Что понимается под метамоделью в CASE системах?

## Контрольные задания

Практикум №1.

### Пример

Оптимизировать размещение элементов в ячейке управляющего устройств, выдающее последовательность управляющих сигналов на станок, соответствующую управляющей программе. Для этого:

1. Построить граф коммуникационной схемы.
2. Создать модель схемы.
3. Построить граф элементных комплексов.
4. Построить взвешенный граф схемы.
5. Оптимизировать размещение элементов.

На этапе конструкторского проектирования выполняется преобразование функциональных или принципиальных электрических схем в совокупность конструктивных узлов с необходимыми пространственными, электрическими, механическими связями. Ведущим принципом конструирования является функционально-узловой (модульный) метод. Конструктивное деление устройства имеет вид иерархического дерева изображенного на рисунке 1.

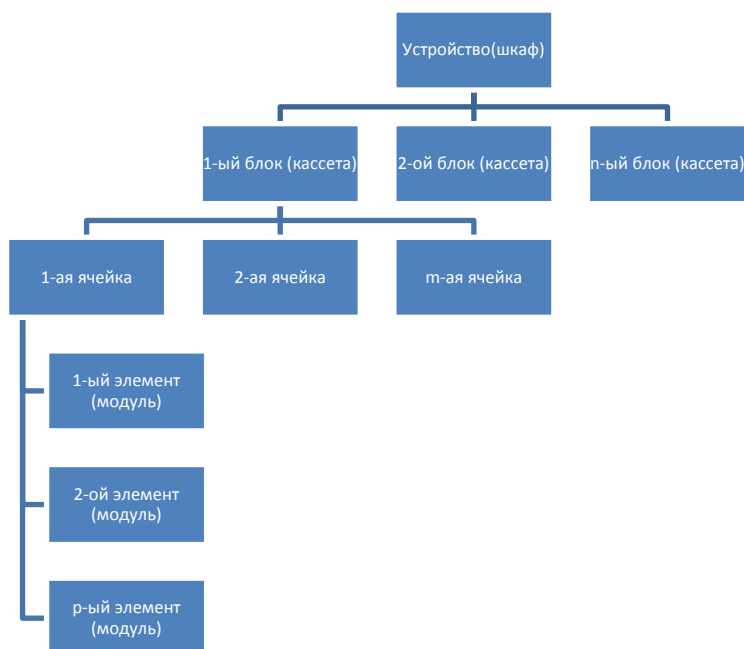


Рисунок 1 – Функциональная иерархическая структура устройства управления.

На различных уровнях этой иерархии расположены узлы различной сложности, находящихся в соподчинении (модули – ячейки – кассеты – шкафы). Ячейка содержит модули, кассеты состоят из ячеек и т.д.

Функциональное деление также имеет функциональную структуру: элемент – ячейка – блок – устройство (рисунок 1).

Конструкции на каждом уровне иерархии унифицируются. Модули имеют одинаковый или кратный размер, число, шаг выводов и их количество.

При такой унификации разработка узлов различных уровней может быть выполнена отдельно от проектирования устройства.

Конструкторское проектирование устройства будет заключаться в компоновке функциональной схемы из узлов с заранее заданными конструктивными характеристиками. Этот процесс может быть формализован и автоматизирован на основе применения ЭВМ. Проектирование идет с низа вверх в порядке увеличения ранга конструктивных узлов. Процесс проектирования имеет следующие этапы:

1. Выбор конструктивов;
2. Компоновка и размещение элементов нижнего уровня в узлах более высокого уровня;
3. Трассировка;
4. Оформление документации.

Результаты оформляются в виде удобном для последующих этапов технологического синтеза. Обычно используется программно-управляемое оборудование.

Конструкторский этап проектирования весьма трудоемкий, требует переработки больших объемов информации, тщательности, внимания. Доля творческого труда минимальна, поэтому автоматизация конструкторского этапа осуществляется в первую очередь.

## **Критерии оценки радиоэлектронных схем (РЭС)**

Для выполнения конструкторского проектирования используется исходная принципиальная или функциональная схема. Для формализованного представления принципиальной электрической схемы используется граф коммуникационной схемы ГКС, который выражает зависимость между множеством элементов  $E$ , выводов  $C$ , цепей  $V$ , матрицей связей между цепями и выводами  $A$ , матрицей связей между элементами и выводами.

Матрица  $A$  (таблица 1) формируется по схеме:

$$A = \|a_{ij}\|_{|V| \times |C|}$$

Матрица  $A$  состоит из элементов  $a_{ij}$ , выражающих связь между цепями и выводами. Каждая строка матрицы  $A$  соответствует определенной цепи, а столбец - выводу.

Матрица  $B$  (таблица 2) формируется по схеме:

$$B = \|b_{ij}\|_{|E| \times |C|}$$

Матрица  $B$  состоит из элементов  $b_{ij}$ , выражающих связь между цепями и выводами. Каждая строка матрицы  $B$  соответствует определенному элементу, а столбец - выводу.

Матрицы  $A$  и  $B$ , представленные в таблицах 1 и 2, являются сильно разреженными. Но информация, содержащаяся в ГКС для задач конструкторского проектирования избыточна. Поэтому используют более компактное представление данных о проектируемой схеме в виде графа элементных комплексов (ГЭК):

$$\text{ГЭК} = (E, V, Q),$$

где  $E$  и  $V$  - множества элементов и цепей;

$Q$  - матрица отношений между этими множествами:

$$Q = \|q_{ij}\|_{|E| \times |V|}$$

ГЭК может быть построен по ГКС. Для этого вычисляется матрица  $Q$  (таблица 3) по формуле:

$$Q = B * A^T,$$

где  $A^T$  – транспонированная матрица  $A$ .

Перемножение булевых матриц  $B$  и  $A^T$  выполняются по логической формуле:

$$q_{ij} = \bigcup_{s=1}^k b_{is} a_{sj}^T = \bigcup_{s=1}^k b_{is} a_{js}$$

Таким образом, в отличие от ГКС в ГЭК рассматриваются только соединения элементов без указания конкретных выводов. Каждая цепь содержит множество эквипотенциальных точек. Граф монтажных соединений, в котором отображается порядок соединения этих точек, на первых этапах конструкторского проектирования не известен. Он строится на этапе трассировки соединений после решения задачи размещения и представляет собой дерево связный граф без циклов. Для такой оценки показателя связности  $r_{ij}$  элемента  $e_i$  с элементом  $e_j$  используют число цепей, в которые входят оба элемента. Но поскольку для соединения выводов одной цепи в действительности используются деревья соединений, оценка связности  $r_{ij}$  по числу цепей оказывается грубой. Поэтому используются вероятностные оценки, отражающие фактор неизвестности соединений в пределах комплекса. Вероятность появления ребра  $P_s$  полного графа при построении дерева  $s$ -ой цепи будет  $P_s = 2/n_s$ . Для нахождения  $n_s$  выводов необходимо в каждом столбце матрицы  $Q$  подсчитать количество единиц:

$$n_1 = n_4 = n_5 = \dots = n_{22} = n_{29} = n_{30} = n_{32} = n_{33} = \dots = n_{54} = 2$$

$$n_2 = 10$$

$$n_3 = 12$$

$$n_{23} = n_{24} = n_{25} = \dots = n_{28} = n_{31} = 3$$

Таким образом, вероятность появления ребер:

$$P_1 = P_4 = P_5 = \dots = P_{22} = P_{29} = P_{30} = P_{32} = P_{33} = \dots = P_{54} = 2/2 = 1$$

$$P_2 = 2/10$$

$$P_3 = 2/12$$

$$P_{23} = P_{24} = P_{25} = \dots = P_{28} = P_{31} = 2/3$$

Допустим, что все цепи однозначны, т.е.  $W_s = 1$ ,  $s = 1 \dots 21$ . Коэффициент связности вершин вычисляется по формуле:

$$r_{ij} = \sum q_{is} * q_{js} * W_s * P_s$$

Матрица R взвешенного графа схемы (таблица 4) формируется по схеме:

$$R = ||r_{ij}||_{|E| \times |E|}$$

Таблица 4 – Матрица R взвешенного графа схемы

										0	1	2	3	
		4/12	/12	/12	/12	/12	/12	/12		/12	/12	/12	0/12	
	,17		1/30	1/30	/12	1/30	1/30	1/30		1/30	1/30	1/30	1/30	
	,17	,37		1/30	/30	1/30	1/30	1/30		1/30	1/30	1/30	1/30	
	,17	,37	,37		/12	1/30	1/30	1/30		1/30	1/30	1/30	1/30	
	,17	,17	,17	,17		6/12	/12	/12		/12	/12	/12	/12	
	,17	,36	,37	,36	,17		1/30	1/30	/3	/3	1/30	01/30	81/30	31/30
	,17	,36	,36	,36	,17	,36		1/30		1/30	1/30	1/30	1/30	
	,17	,36	,36	,36	,17	,37	,36			1/30	1/30	1/30	1/30	
						,67						/3		
						,67						/3		
0	,17	,36	,36	,36	,17	,03	,36	,36			1/30	1/30	1/30	
1	,17	,36	,36	,36	,17	0,03	,36	,36		,36		1/30	1/30	
2	,17	,36	,36	,36	,17	,03	,36	,36	,67	,67	,03	,03	1/30	
3	,5	,36	,36	,36	,17	4,37	,36	,36		,36	,36	,36		



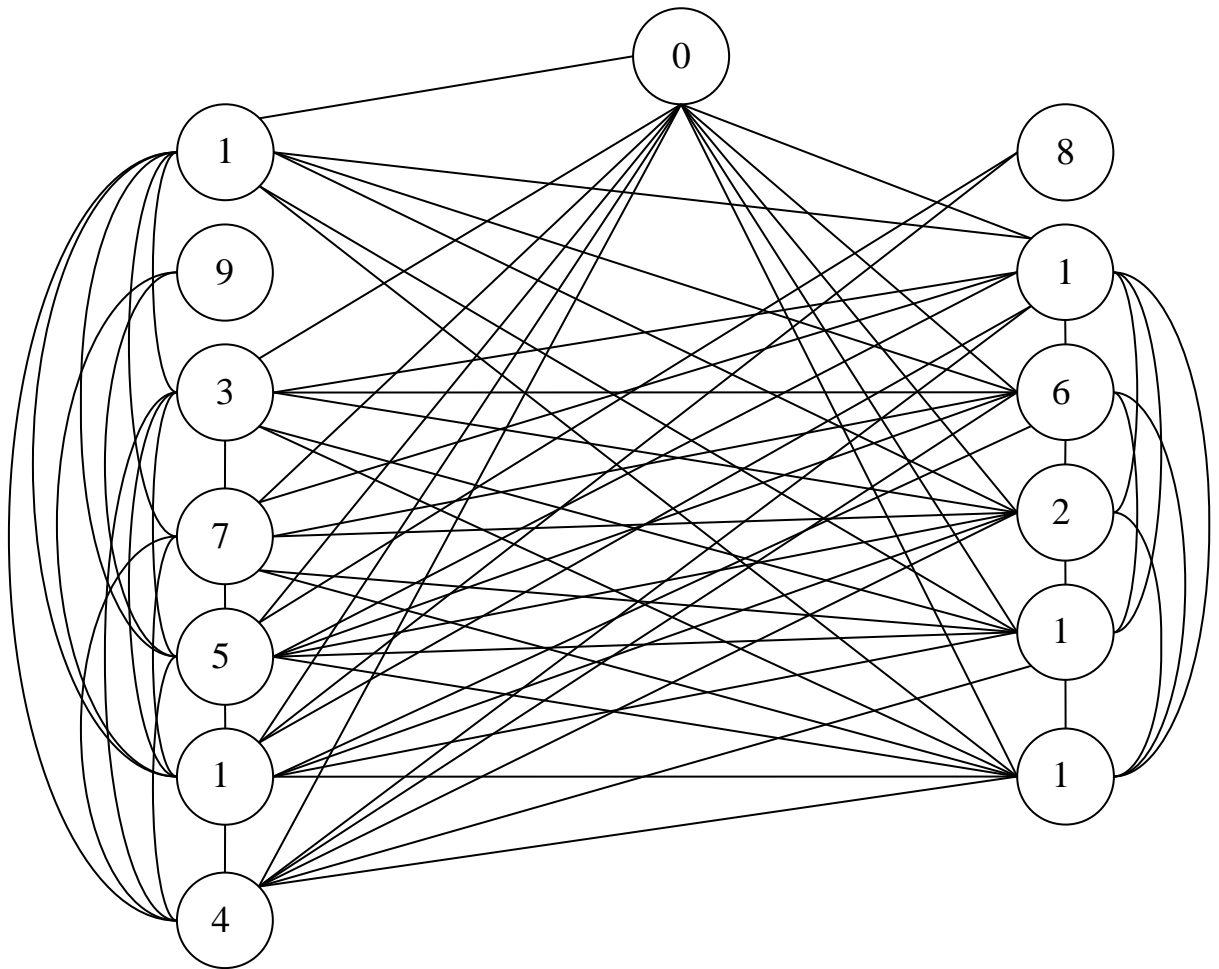


Рисунок 1 - Взвешенный граф схемы

### Компоновка

Компоновкой – называют объединение узлов низшего уровня конструктивной иерархии в узлы следующего уровня: модулей в ячейки, ячеек в кассеты и т.д. В нашем случае будем рассматривать компоновку модулей в ячейки. Так как количество элементов  $e=14$ , то для их размещения достаточно одной печатной платы.

### Размещение

Размещение – это определение расположение модулей, ячеек, блоков в проектируемом устройстве. Целью размещения является обеспечение удобства трассировки соединения и уменьшение искажений сигналов. Для оптимального размещения рассчитываются показатели  $c$ ,  $r$ ,  $\delta$ . Вначале

выбирается первый элемент –  $e_0$  (разъем), его помещаем в одну из центральных позиций монтажного пространства.

Рассмотрим правила выбора очередного из неразмещенных модулей. Обозначим  $E_k$  и  $\underline{E}_k$  множество размещенных и неразмещенных модулей, а  $r_i$  – суммарный вес связей каждого элемента с остальными. Рассчитываем показатели:

$$c_i = \max\{r_{ij}\},$$

$$r_i(E_k) = \text{сумме } r_{ij} \text{ размещенных элементов,}$$

$$\underline{r}_i(\underline{E}_k) = \text{сумме } r_{ij} \text{ неразмещенных элементов,}$$

$$\delta = r_i(E_k) - \underline{r}_i(\underline{E}_k).$$

Показатель  $c_i$  учитывает максимальную связь с одним из размещенных модулей. Показатель  $\delta$  учитывает связи, как с размещенными элементами, так и с неразмещенными модулями.

В качестве очередного размещаемого модуля выбирают такой, у которого эти показатели максимальны. Представим этот выбор в виде таблицы с номерами шагов.

#### Шаг 1

№ элемента	$C(e_0, e_i) = (s_0, s_i)$	$C(e_i, A/e_i)$	$R_{0i}$
1	2	20	1, 17
2	1	21	0, 17
3	1	20	0, 17
4	1	23	0, 17
5	1	63	0, 17
6	1	20	0, 17
7	7	24	2, 17
8	1	2	0
9	0	2	0
10	0	28	0, 17
11	1	32	0, 17
12	1	36	0, 17
13	15	34	2, 5

Т.к 2,5 это максимум, то более связанным элементом к  $e_0$  является элемент  $e_{13}$ .

#### Шаг 2.

№ элемента	$C(e_{13},$	$R_i(E_k)$	$\underline{R}_i(\underline{E}_k)$	$\delta$
------------	-------------	------------	------------------------------------	----------

	$e_i$ )			
1	2	1,53	3,07	-1,54
2	2	0,53	4,08	-3,55
3	2	0,53	3,07	-2,54
4	1	0,34	3,53	-3,19
5	16	14,54	27,42	-12,88
6	2	0,53	3,05	-2,52
7	2	2,53	5,06	-2,53
8	0	0	1,34	-1,34
9	0	0	1,34	-1,34
10	2	0,53	8,39	-7,86
11	2	0,53	14,39	-13,86
12	2	0,53	14,4	-13,87

Более связанными к  $e_0$  и  $e_{13}$  являются  $e_8$  и  $e_9$ .

### Шаг 3

№ элемента	$C(e_{8,9}, e_i)$	$R_i(E_k)$	$\underline{R_i(E_k)}$	$\delta$
1	0	1,53	3,07	-1,54
2	0	0,53	4,08	-3,55
3	0	0,53	3,07	-2,54
4	0	0,34	3,53	-3,19
5	1	15,88	26,08	-10,2
6	0	0,53	3,05	-2,52
7	0	2,53	5,06	-2,53
10	0	0,53	8,39	-7,86
11	0	0,53	14,39	-13,86
12	1	1,87	13,06	-11,19

Для размещенных модулей по предыдущим шагам более связанным элементом является  $e_1$ .

### Шаг 4

№ элемента	$C(e_1, e_i)$	$R_i(E_k)$	$\underline{R_i(E_k)}$	$\delta$
2	2	0,9	3,71	-2,81
3	2	0,9	2,7	-1,8
4	1	0,51	3,36	-2,85
5	2	16,24	25,72	-9,48
6	2	0,89	2,69	-1,8
7	2	2,89	4,7	-1,81
10	2	0,89	8,03	-7,14
11	2	0,89	14,03	-13,14
12	2	2,23	12,7	-10,47

Для размещенных модулей по предыдущим шагам более связанным элементами являются  $e_3$  и  $e_6$ .

## Шаг 5

№ элемента	$C(e_{3,6}, e_i)$	$R_i(E_k)$	$\underline{R_i(E_k)}$	$\delta$
2	2	1,63	2,98	-1,35
4	1	0,85	3,02	-2,17
5	2	16,96	25	-8,04
7	2	3,61	3,98	-0,37
10	2	1,61	7,31	-5,7
11	2	1,61	13,31	-11,7
12	2	2,95	11,98	-9,03

Для размещенных модулей по предыдущим шагам более связанным элементом является  $e_7$ .

## Шаг 6.

№ элемента	$C(e_7, e_i)$	$R_i(E_k)$	$\underline{R_i(E_k)}$	$\delta$
2	2	1,99	2,62	-0,63
4	1	1,02	2,85	-1,83
5	4	19,33	22,63	-3,3
10	2	1,97	6,95	-4,98
11	2	1,97	12,95	-10,98
12	2	3,31	11,62	-8,31

Для размещенных модулей по предыдущим шагам более связанным элементом является  $e_2$ .

## Шаг 7.

№ элемента	$C(e_2, e_i)$	$R_i(E_k)$	$\underline{R_i(E_k)}$	$\delta$
4	1	1,19	2,68	-1,49
5	3	20,7	21,26	-0,56
10	2	2,33	6,59	-4,26
11	2	2,33	12,59	-10,26
12	2	3,67	11,26	-7,59

Для размещенных модулей по предыдущим шагам более связанным элементом является  $e_5$ .

## Шаг 8.

№ элемента	$C(e_5, e_i)$	$R_i(E_k)$	$\underline{R_i(E_k)}$	$\delta$
4	3	3,36	0,51	2,85
10	6	5,36	3,56	1,8
11	12	12,36	2,56	9,8

12                    10                    9,7                    5,23                    4,47

Для размещенных модулей по предыдущим шагам более связанным элементом является  $e_{11}$ .

Шаг 9.

№ элемента	$C(e_{11}, e_i)$	$R_i(E_k)$	$\underline{R_i(E_k)}$	$\delta$
4	1	3,53	0,34	3,19
10	2	5,72	3,2	2,52
12	4	11,73	3,2	8,53

Для размещенных модулей по предыдущим шагам более связанным элементом является  $e_{12}$ .

Шаг 10.

№ элемента	$C(e_{12}, e_i)$	$R_i(E_k)$	$\underline{R_i(E_k)}$	$\delta$
4	1	3,7	0,17	3,53
10	6	8,75	0,17	8,58

Для размещенных модулей по предыдущим шагам более связанным элементом является  $e_{10}$ .

$e_0, e_{13}, e_8, e_9, e_1, e_3, e_6, e_7, e_2, e_5, e_{11}, e_{12}, e_{10}, e_4$ .

Полученная последовательность поможет в размещении модулей в узлы правильной прямоугольной решетки и оптимизации трассировки. Прокладка печатных проводников, соединяющих модули, осуществляется в двух взаимно перпендикулярных направлениях – в вертикальных и горизонтальных каналах.

В ходе размещения элементов на печатной плате добились максимального числа прямолинейных соединений и уменьшения искажения сигнала, т.е. уменьшения уровня помех. Искажение сигнала связано с длиной соединения, которая в свою очередь зависит от размещения элементов на печатной плате.

#### 14. Образовательные технологии

Для успешного освоения дисциплины в ходе изложения материала используются лекции на основе мультимедийных презентаций. При изложении материала лектор обсуждает проблемные вопросы, направленные на практическую и самостоятельную деятельность магистранта. Большое внимание на лекционных и практических занятиях уделяется решению задач.

Для развития самостоятельной активности в изучении материала магистрантам предлагается использование интернет-ресурсов (электронных

каталогов, специализированных порталов и сайтов), подготовка к участию в дискуссиях по предлагаемым темам курса, выступление с рефератами. По всем практическим и самостоятельным работам магистрантам предлагается индивидуальное задание.

При защите рефератов используется технология рецензирования «1-2-3»: студент рецензент по рецензируемому реферату должен сделать одно замечание, два положительных момента, три предложения по улучшению.

При решении задач магистранты делятся на пары. Члены каждой микрогруппы придумывают тесты для проверки задачи коллеги, а также проверяют решения друг друга:

-Разбор ситуации по компьютерной симуляции возможности координации при проектировании конкретного изделия в среде системы автоматизированного проектирования КОМПАС 3D

-Разбор ситуации по компьютерной симуляции в среде системы автоматизированного проектирования Electronics Workbench

-Разбор ситуации по декомпозиции объектов проектирования при создании современной системы управления на примере создания узла.

-Разбор ситуации по компьютерной симуляции генерации сигнала для созданного канала в среде SCADA-системы TRACE MODE

-Разбор ситуации по компьютерной симуляции создания современной системы управления на базе применения адаптивных интеллектуальных систем.

Удельный вес занятий, проводимых в интерактивных формах, составляет 60% аудиторных занятий.

При обучении лиц с ограниченными возможностями и инвалидов используются подходы, способствующие созданию безбарьерной образовательной среды: технологии дифференциации и индивидуализации обучения, сопровождение тьюторами в образовательном пространстве; увеличивается время на самостоятельное освоение материала.

## **15. Перечень учебно-методического обеспечения**

### **Обязательные издания**

1. Исследовательское проектирование в машиностроении. М.: Машиностроение, 2011. 256 с. - Режим доступа: - <http://www.studentlibrarv.ru/book/ISBN9785437200735.html?SSr=2101337a8c1047404de951ckylvra> ЭБС «Электронная библиотека технического вуза» - доступ по паролю.

2. Никифоров А.Д. Процессы жизненного цикла продукции в машиностроении: Учеб. пособие/А.Д. Никифоров, А.В. Бакиев. - М.: Абрис, 2012. - 688 с.: ил. - Режим доступа: -<http://www.studentlibrarv.ru/book/ISBN9785437200735.html?SSr=2101337a8c1047404de951ckylvra> ЭБС «Электронная библиотека технического вуза» - доступ по паролю.

3. Machine-Building Automation. Автоматизация машиностроения : [электронный ресурс] учеб. пособие/ Л.В. Аристова, О.С. Воячек, Т.Н.

Кондрашина, С.А. Кокурина; при участии Г.Б. Моисеевой, Ю.В. Шепелевой; под ред. Т.Н. Кондрашиной. - 2-е изд., стереотип. -М. : ФЛИНТА, 2011. - 142 с. - Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785437200735.html?SSr=2101337a8c1047404de951ckyltvra> ЭБС «Электронная библиотека технического вуза» - доступ по паролю.

#### Дополнительные издания

4. Бунаков П.Ю. Сквозное проектирование в машиностроении. [Электронный ресурс]: основы теории и практикум: учеб. пособие / П.Ю. Бунаков, Э.В. Широких. - Электрон. текстовые дан. - М.: Изд-во ДМК, 2010. - on-line. -Режим доступа: <http://lib.sstu.ru/index.php/elmrazdel/melellib/3321-elreselibonline>.

5. Автоматизированные системы управления, проектирования и технологической подготовки производства: учеб. пособие для бакалавров и магистров направления "Автоматизация технологических процессов и производств" / С.А. Игнатъев [и др.]; Саратовский гос. техн. ун-т им. Гагарина Ю.А. - Саратов: СГТУ, 2015. - 112 с. Экземпляры всего: 7

6. Виноградов М.В. Автоматизированное проектирование узлов и систем управления: учеб. пособие / М.В. Виноградов, А.А. Игнатъев, Е.М. Самойлова; Саратовский гос. техн. ун-т. - Саратов: СГТУ, 2014. - 56 с. Экземпляры всего: 40

7. Самойлова Е.М. Создание графического пользовательского интерфейса АСУТП в среде TRACE MODE 6 // Самойлова Е.М., Виноградов М.В. Саратов: СГТУ. 2014.- 32 с. Экземпляры всего: 40

8. Самойлова Е.М. 3D-моделирование в САПР КОМПАС: учеб. пособие / Е.М. Самойлова, А.А. Игнатъев, М.В. Виноградов; Сарат. гос. техн. ун-т (Саратов). - Саратов: СГТУ, 2008. - 60 с. Экземпляры всего: 40

9. Игнатъев А.А. Интеллектуальные технологии в машиностроении: учеб. пособие для студ. машиностроительных спец. / А.А. Игнатъев, Е.М. Самойлова, С.А. Игнатъев; Саратовский гос. техн. ун-т. - Саратов: СГТУ, Ч.1, - 2012 - 100 с. Экземпляры всего: 40

10. Игнатъев А.А. Интеллектуальные технологии в машиностроении : учеб. пособие для студ. машиностроительных спец. / А.А. Игнатъев, Е.М. Самойлова, С.А. Игнатъев ; Саратовский гос. техн. ун-т. - Саратов : СГТУ, - Ч.2, - 2015. - 92 с. Экземпляры всего: 40

#### Методические указания

11. Автоматизированное управление станком на базе системы числового программного управления SINUMERIK 840D: метод. указания к практ. занятиям / Саратовский гос. техн. ун-т; сост.: С.А. Игнатъев, Н.А. Казинский. - Электронный аналог печатного издания. - Режим доступа: <http://lib.sstu.ru> раздел "Электронная библиотека"- подраздел "Издания СГТУ".

12. Создание графического пользовательского интерфейса АСУТП в среде TRACE MODE 6 [Текст]: метод. указания для выполнения практ. работ / Саратовский гос. техн. ун-т ; сост.: М.В. Виноградов, Е.М. Самойлова. -

Саратов: СГТУ, 2014. - 31 с. Экземпляры всего: 40.

13.Создание математической базы АСУТП в среде TRACE MODE 6 [Текст]: метод, указания для выполнения практ. работ / Саратовский гос. техн. ун-т; сост.: М.В. Виноградов, Е.М. Самойлова. - Саратов: СГТУ, 2014. - 22 с. Имеется электронный аналог печатного издания. Экземпляры всего: 3.

#### Периодические издания

14.Современные технологии автоматизации. - М.: СТА-ПРЕСС, 2010-2015гг. - Выходит ежеквартально.

15.Мехатроника, автоматизация, управление: теорет. и прикл. науч.-техн. журн. - М.: Новые технологии, 2009-2015гг. - Выходит ежемесячно.

16.Автоматизация в промышленности: науч.-техн. и произв. - М. : ООО Издательский дом "ИнфоАвтоматизация", 2009-2015гг. - Выходит ежемесячно.

#### Интернет-ресурсы

17.Основные Российские образовательные порталы [www.edu.ru](http://www.edu.ru) - Федеральный портал «Российское образование» [www.informika.ru](http://www.informika.ru) - Государственный научно-исследовательский институт информационных технологий и телекоммуникаций

18. «Программирование на языке С++» (2010-2015г.г.) <http://course.sgu.ru/course/view.php?id=137> Учебный ресурс для обучения программированию на языке С++.

19.Информационно-справочный портал корпорации Microsoft <http://msdn.microsoft.com/ru-ru/default.aspx>  
Справочный материал по особенностям работы с продуктам Microsoft (MicrosoftOffice, Visual Studio).

#### *Источники ИОС*

20.Все лекционные и учебно-методические материалы размещены в электронной форме в ИОС СГТУ имени Гагарина Ю.А.  
<https://portal3.sstu.ru/Facult/INETM/AUM/15.04.04/m.1.1.7/default.aspx>  
<HTTPS://PORTAL3.SSTU.RU/FACULT/INETM/AUM/15.04.04Z/M.1.1.7/>

#### **16. Материально-техническое обеспечение**

Лекционные и практические занятия проходят с использованием компьютеров в компьютерном классе, оборудованном специализированной учебной мебелью, технических средств обучения (мультимедийный проектор, интерактивная доска).

Электронная библиотека вуза:

<http://lib.sstu.ru/index.php/elmrazdel/melellib>

Электронная информационно-образовательная среда:

<https://portal.sstu.ru>