

Министерство образования и науки РФ

ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ  
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ

УТВЕРЖДАЮ  
Зав. кафедрой КИПР

\_\_\_\_\_ Д.В.Озеркин

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2015 г.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ  
ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

по дисциплине:

**Эксперимент: планирование, проведение, анализ**

для магистров

направления подготовки: 11.04.03 – Конструирование и технология  
электронных средств

Составитель:

Заведующий кафедрой КИПР

Д.В.Озёркин

2015

## 1 ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ (8 ч)

Основной целью выполнения лабораторных работ является умение проверять истинность выдвигаемых гипотез, выявлять закономерности объективного мира.

При выполнении лабораторных работ студент должен продемонстрировать знание соответствующего теоретического материала и знакомство с учебно-методической литературой по заданной теме. Методические указания к лабораторным работам имеются на образовательном портале ТУСУРа, а также представлены непосредственно на кафедре КИПР.

### Список лабораторных работ

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Наименование лабораторных работ
1	Метод планирования эксперимента в научных исследованиях	Полный факторный эксперимент
2	Анализ и оформление результатов научных исследований	Дробный факторный эксперимент

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1 –  
Полный факторный эксперимент

### **1. Цель работы**

Исследовать радиоэлектронное средство (РЭС) с применением полного факторного эксперимента и получить математическую модель данного РЭС.

### **2. Порядок выполнения работы**

1. В соответствии с индивидуальным заданием необходимо перейти к стандартизированному масштабу факторов, составить матрицу планирования (МП) полного факторного эксперимента (ПФЭ) и проверить ее свойства, рандомизировать опыты.

2. Провести ПФЭ.

3. Проверить воспроизводимость опытов. Если дисперсии неоднородны, повторить эксперимент.

4. Рассчитать оценки коэффициентов регрессионного уравнения.

5. Проверить статистическую значимость коэффициентов регрессии.

6. Проверить адекватность полученной математической модели (ММ).

7. Перейти к исходным физическим переменным.

8. Записать полученную ММ и сделать выводы.

### **3. Содержание отчета**

Отчет по выполненной работе должен содержать:

1. Постановку задачи и цель работы.

2. Матрицу планирования эксперимента.

3. Результаты проверки воспроизводимости опытов. Результаты расчетов коэффициентов регрессии и проверки их статистической значимости.

4. Результаты проверки адекватности полученной ММ исходными экс-

периментальными данными.

5. ММ исследуемого объекта в нормированных и физических переменных.

6. Выводы и предложения о ходе дальнейших исследований, составленные на основании анализа ММ.

#### **4. Контрольные вопросы**

1. В чем сущность планирования эксперимента? Поясните разницу между активным и пассивным экспериментом.

2. Какие задачи решает теория планирования эксперимента?

3. Что такое факторы оптимизации и какие требования к ним предъявляются? Как выбрать уровни варьирования факторов?

4. Какие требования предъявляются к параметрам оптимизации?

5. В чем сущность ПФЭ и какие ММ он позволяет исследовать?

6. Какую область описывает уравнение регрессии, полученное с помощью ПФЭ и в каких границах его можно использовать?

7. Что такое взаимодействие факторов и сколько их в ПФЭ?

8. В чем сущность и цели стандартизации масштаба факторов?

9. Как составляется и какими свойствами обладает МП ПФЭ?

10. Каков порядок постановки опытов при ПФЭ?

11. Как проверить воспроизводимость опытов?

12. Как рассчитать оценки коэффициентов регрессионного уравнения?

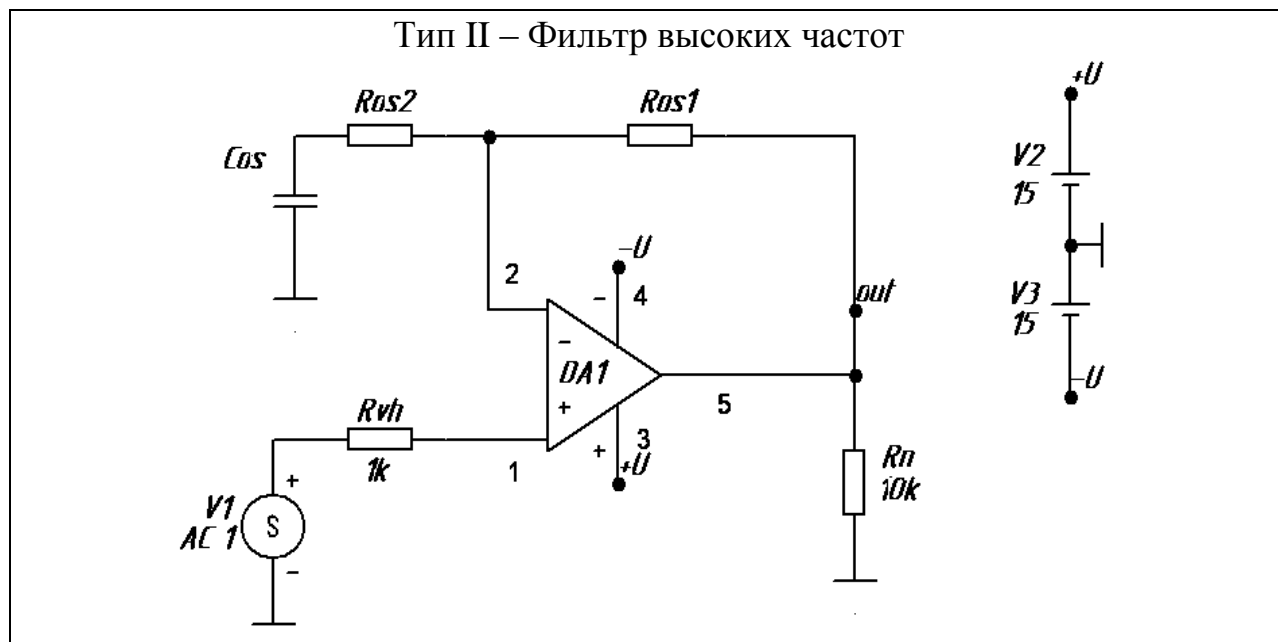
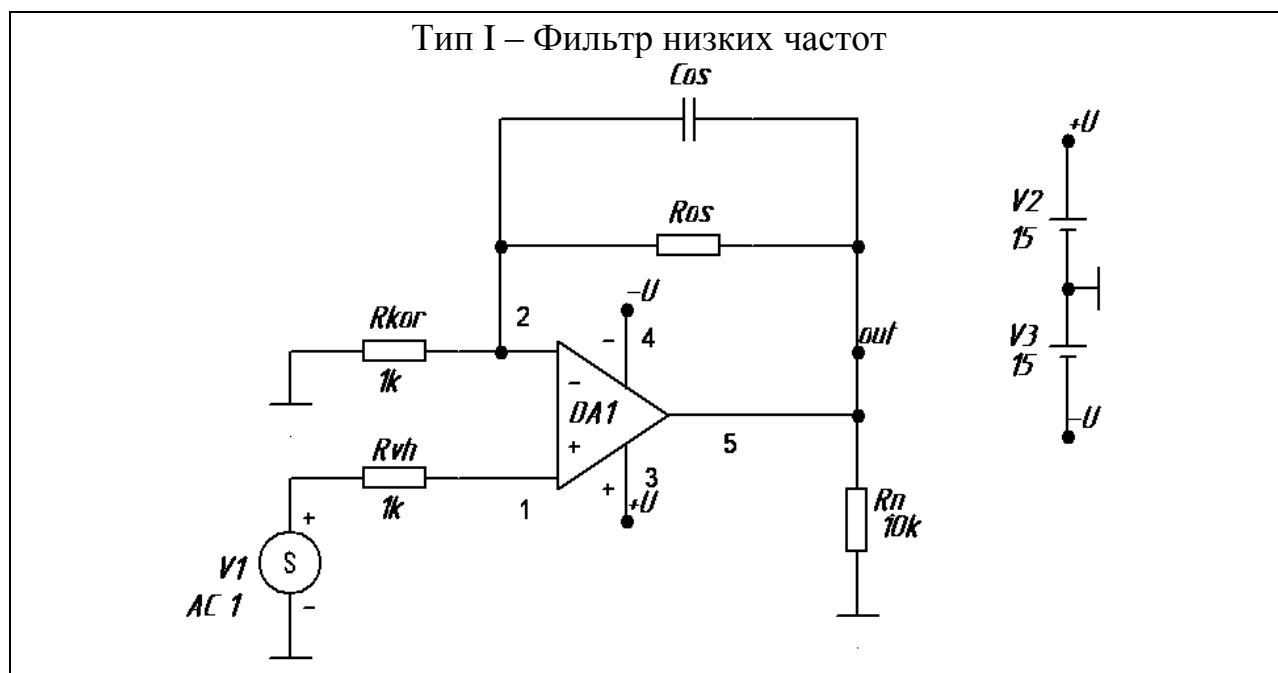
13. Как проверить статистическую значимость оценок коэффициентов регрессии?

14. Как проверить адекватность полученной ММ?

15. Как перейти к исходным физическим переменным?

- Во всех вариантах задания одинаковыми являются следующие данные:
- модель операционного усилителя 140UD8;
  - напряжение питания ОУ  $\pm 15\text{В}$ ;
  - отсутствие корреляционной связи между параметрами ЭРЭ;
  - верхняя или нижняя частота полосы пропускания измеряется по уровню  $-3\text{дБ}$ .

### Типовые схемы



### Варианты заданий

№ варианта	Типовая схема	Нулевой уровень варьирования	Интервалы варьирования
1	I	$R_{OC}=10\text{кОм}; C_{OC}=15\text{нФ}$	$\Delta R_{OC}=\pm 2\text{кОм}; \Delta C_{OC}=\pm 3\text{нФ}$
2	II	$R_{OC1}=100\text{кОм}; R_{OC2}=10\text{кОм}; C_{OC}=15\text{нФ}$	$\Delta R_{OC1}=\pm 10\text{кОм}; \Delta R_{OC2}=\pm 1\text{кОм}; \Delta C_{OC}=\pm 1.5\text{нФ}$
3	I	$R_{OC}=50\text{кОм}; C_{OC}=5\text{нФ}$	$\Delta R_{OC}=\pm 10\text{кОм}; \Delta C_{OC}=\pm 1\text{нФ}$
4	II	$R_{OC1}=75\text{кОм}; R_{OC2}=10\text{кОм}; C_{OC}=25\text{нФ}$	$\Delta R_{OC1}=\pm 15\text{кОм}; \Delta R_{OC2}=\pm 2\text{кОм}; \Delta C_{OC}=\pm 5\text{нФ}$
5	I	$R_{OC}=150\text{кОм}; C_{OC}=10\text{нФ}$	$\Delta R_{OC}=\pm 50\text{кОм}; \Delta C_{OC}=\pm 2\text{нФ}$
6	II	$R_{OC1}=15\text{кОм}; R_{OC2}=1\text{кОм}; C_{OC}=50\text{нФ}$	$\Delta R_{OC1}=\pm 5\text{кОм}; \Delta R_{OC2}=\pm 0.3\text{кОм}; \Delta C_{OC}=\pm 15\text{нФ}$
7	I	$R_{OC}=75\text{кОм}; C_{OC}=1\text{нФ}$	$\Delta R_{OC}=\pm 25\text{кОм}; \Delta C_{OC}=\pm 1\text{нФ}$
8	II	$R_{OC1}=20\text{кОм}; R_{OC2}=15\text{кОм}; C_{OC}=30\text{нФ}$	$\Delta R_{OC1}=\pm 10\text{кОм}; \Delta R_{OC2}=\pm 7.5\text{кОм}; \Delta C_{OC}=\pm 15\text{нФ}$
9	I	$R_{OC}=35\text{кОм}; C_{OC}=55\text{нФ}$	$\Delta R_{OC}=\pm 7\text{кОм}; \Delta C_{OC}=\pm 11\text{нФ}$
10	II	$R_{OC1}=10\text{кОм}; R_{OC2}=10\text{кОм}; C_{OC}=20\text{нФ}$	$\Delta R_{OC1}=\pm 1\text{кОм}; \Delta R_{OC2}=\pm 5\text{кОм}; \Delta C_{OC}=\pm 5\text{нФ}$

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2 –  
Дробный факторный эксперимент

### **1. Цель работы**

Исследовать радиоэлектронное средство (РЭС) с применением дробного факторного эксперимента и получить математическую модель.

### **2. Порядок выполнения работы**

1. В соответствии с индивидуальным заданием необходимо перейти к стандартизированному масштабу факторов, составить МП дробного факторного эксперимента (ДФЭ), рандомизировать опыты.

2. Провести ДФЭ.

3. Проверить воспроизводимость опытов. Если дисперсии неоднородны, повторить эксперимент.

4. Рассчитать оценки коэффициентов регрессионного уравнения.

5. Проверить статистическую значимость коэффициентов регрессии.

6. Проверить адекватность полученной ММ.

7. Перейти к исходным физическим переменным.

8. Записать полученную ММ и сделать вывод.

### **3. Содержание отчета**

Отчет по выполненной работе должен содержать:

1. Постановку задачи и цель работы.

2. Матрицу планирования эксперимента.

3. Результаты проверки воспроизводимости опытов.

4. Результаты расчетов коэффициентов регрессии и проверки их статистической значимости.

5. Результаты проверки адекватности полученной ММ исходными экс-

периментальными данными.

6. ММ исследуемого объекта в кодированных и физических переменных.

7. Генераторы плана. Контрасты плана.

8. Обобщающий контраст плана. Систему смешанности коэффициентов.

9. Выводы и предложения о ходе дальнейших исследований, составленные на основании анализа ММ.

#### **4. Контрольные вопросы**

1. В чем сущность планирования эксперимента? Поясните разницу между активным и пассивным экспериментом.

2. Какие задачи решает теория планирования эксперимента?

3. Что такое факторы оптимизации и какие требования к ним предъявляются? Как выбрать уровни варьирования факторов?

4. Какие требования предъявляются к параметрам оптимизации?

5. В чем сущность ДФЭ и какие ММ он позволяет исследовать?

6. Какую область описывает уравнение регрессии, полученное с помощью ДФЭ, и в каких границах его можно использовать?

7. Что такое взаимодействие факторов и сколько их может быть в ДФЭ?

8. В чем сущность и цели стандартизации масштаба факторов?

9. Как составляется и какими свойствами обладает МП ДФЭ?

10. Что такое генератор плана и из каких соображений он выбирается?

11. Что такое контраст плана и что такое обобщающий контраст?

12. Что такое смешанность оценок коэффициентов регрессии и как ее найти?

13. Каков порядок постановки опытов при ДФЭ?

14. Как проверить воспроизводимость опытов?

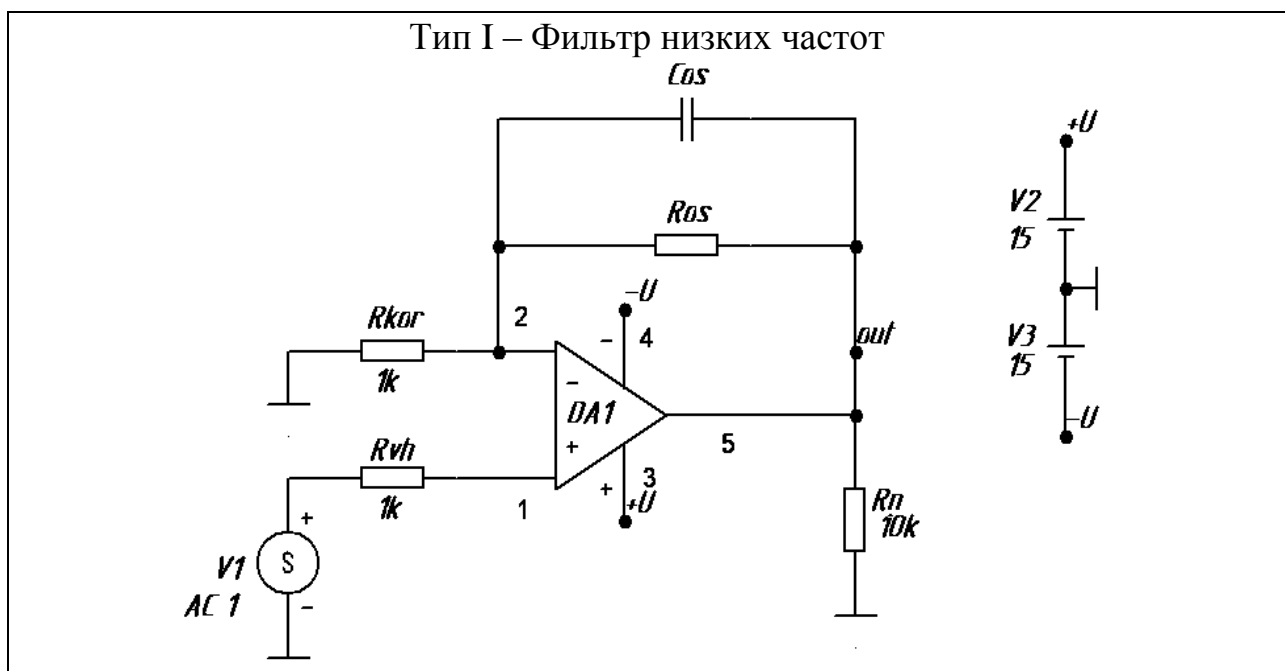


15. Как рассчитать оценки коэффициентов регрессионного уравнения?
16. Как проверить статистическую значимость оценок коэффициентов регрессии?
17. Как проверить адекватность полученной ММ?
18. Как перейти к исходным физическим переменным?
19. Проведите сравнительный анализ ПФЭ и ДФЭ.

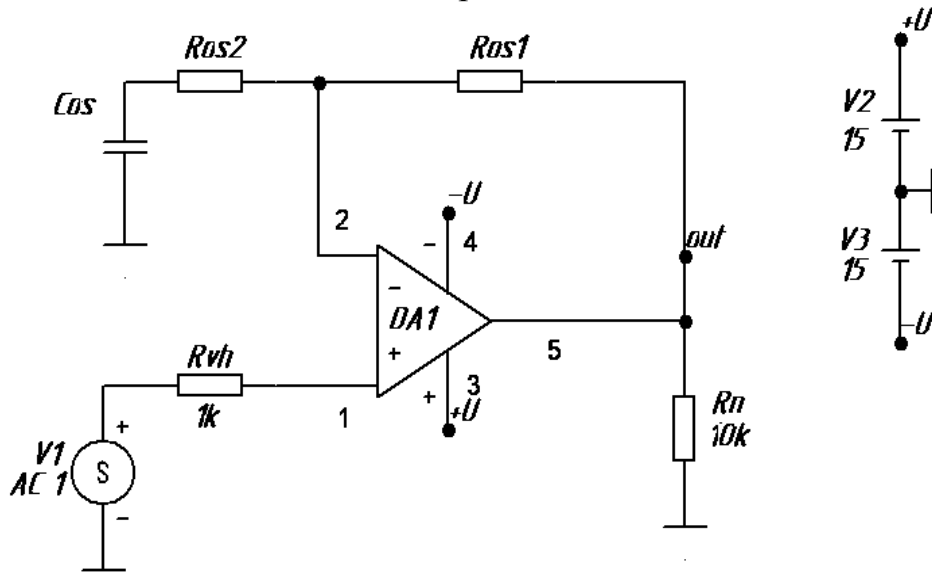
Во всех вариантах задания одинаковыми являются следующие данные:

- модель операционного усилителя 140UD8;
- напряжение питания ОУ  $\pm 15\text{В}$ ;
- отсутствие корреляционной связи между параметрами ЭРЭ;
- верхняя или нижняя частота полосы пропускания измеряется по уровню  $-3\text{дБ}$ .

### Типовые схемы



Тип II – Фильтр высоких частот



Варианты заданий

№ варианта	Типовая схема	Нулевой уровень варьирования	Интервалы варьирования
1	I	$R_{OC}=10\text{кОм}; C_{OC}=15\text{нФ}$	$\Delta R_{OC}=\pm 2\text{кОм}; \Delta C_{OC}=\pm 3\text{нФ}$
2	II	$R_{OC1}=100\text{кОм}; R_{OC2}=10\text{кОм}; C_{OC}=15\text{нФ}$	$\Delta R_{OC1}=\pm 10\text{кОм}; \Delta R_{OC2}=\pm 1\text{кОм}; \Delta C_{OC}=\pm 1.5\text{нФ}$
3	I	$R_{OC}=50\text{кОм}; C_{OC}=5\text{нФ}$	$\Delta R_{OC}=\pm 10\text{кОм}; \Delta C_{OC}=\pm 1\text{нФ}$
4	II	$R_{OC1}=75\text{кОм}; R_{OC2}=10\text{кОм}; C_{OC}=25\text{нФ}$	$\Delta R_{OC1}=\pm 15\text{кОм}; \Delta R_{OC2}=\pm 2\text{кОм}; \Delta C_{OC}=\pm 5\text{нФ}$
5	I	$R_{OC}=150\text{кОм}; C_{OC}=10\text{нФ}$	$\Delta R_{OC}=\pm 50\text{кОм}; \Delta C_{OC}=\pm 2\text{нФ}$
6	II	$R_{OC1}=15\text{кОм}; R_{OC2}=1\text{кОм}; C_{OC}=50\text{нФ}$	$\Delta R_{OC1}=\pm 5\text{кОм}; \Delta R_{OC2}=\pm 0.3\text{кОм}; \Delta C_{OC}=\pm 15\text{нФ}$
7	I	$R_{OC}=75\text{кОм}; C_{OC}=1\text{нФ}$	$\Delta R_{OC}=\pm 25\text{кОм}; \Delta C_{OC}=\pm 1\text{нФ}$
8	II	$R_{OC1}=20\text{кОм}; R_{OC2}=15\text{кОм}; C_{OC}=30\text{нФ}$	$\Delta R_{OC1}=\pm 10\text{кОм}; \Delta R_{OC2}=\pm 7.5\text{кОм}; \Delta C_{OC}=\pm 15\text{нФ}$
9	I	$R_{OC}=35\text{кОм}; C_{OC}=55\text{нФ}$	$\Delta R_{OC}=\pm 7\text{кОм}; \Delta C_{OC}=\pm 11\text{нФ}$
10	II	$R_{OC1}=10\text{кОм}; R_{OC2}=10\text{кОм}; C_{OC}=20\text{нФ}$	$\Delta R_{OC1}=\pm 1\text{кОм}; \Delta R_{OC2}=\pm 5\text{кОм}; \Delta C_{OC}=\pm 5\text{нФ}$

## 2 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

1. Алексеев В.П., Озеркин Д.В. Основы научных исследований и патентоведение / Учебное пособие. – Томск, ТУСУР, 2012. – 171 с. Электронный ресурс <http://edu.tusur.ru/training/publications/1283>.

2. Артемьев Е. И. и др. Патентоведение: учебник для вузов / Под ред. В.А.Рясенцев. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1984. - 350с. 18 экз.

3. Байбурин В.Б., Кутенков Р.П. Модели и методы планируемого эксперимента: Учебное пособие для студентов специальности 2202, 2204 - Саратов; Саратовский государственный технический университет, 1994. - 49 с. – 1 экз.

4. Решетников М.Т. Планирование эксперимента и статистическая обработка данных: Учебное пособие для вузов - Томск : ТУСУР, 2000. - 232 с. 39 экз.