

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Владимирский государственный университет  
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»  
(ВлГУ)

УТВЕРЖДАЮ

Проректор  
по образовательной деятельности

А. А. Панфилов

« 04 » 09 2019 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**ЗАДАЧИ ОПТИМИЗАЦИИ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ**

(наименование дисциплины)

Направление подготовки	13.03.02 Электроэнергетика и электротехника
Профиль/программа подготовки	Электроснабжение
Уровень высшего образования	Бакалавриат
Форма обучения	Очная

Семестр	Трудоемкость зач. ед./ час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	СРС, час.	Форма промежуточной аттестации (экзамен/зачет/зачет с оценкой)
5	4/144	36	18		90	зачет
Итого	4/144	36	18		90	зачет

Владимир 2019

## 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины «Задачи оптимизации в электроэнергетике» является:

- ознакомление с методами оптимизации, используемыми в электроэнергетике.

Задачи:

- практическое применение общетеоретического курса математики в области энергетики,
- использование конкретного математического аппарата для прикладных исследований.

## 2 МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина «Задачи оптимизации в электроэнергетике» относится к дисциплинам базовой части программы подготовки бакалавров направления «Электроэнергетика и электротехника» по профилю «Электроснабжение».

Пререквизиты дисциплины: «Математика», «Информатика».

## 3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения ОПОП

Код формируемых компетенций	Уровень освоения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине характеризующие этапы формирования компетенций (показатели освоения компетенции)
1	2	3
УК-2: Способность определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений	<i>частичное</i>	Знать: методы теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач. Уметь: формулировать в рамках поставленной цели проекта совокупность задач, обеспечивающих ее достижение. Владеть: выбором оптимального способа решения задач, учитывая действующие правовые нормы и имеющиеся условия, ресурсы и ограничения.
ПК-2: Способность обосновывать выбор целесообразного решения при Проектировании объектов профессиональной деятельности	<i>частичное</i>	Знать: методы анализа и моделирования при решении профессиональных задач. Уметь: принимать участие в проектировании объектов профессиональной деятельности в соответствии с техническим заданием и нормативно-технической документацией. Владеть: способностью применять соответствующий физико-математический аппарат при решении профессиональных задач, способностью к самоорганизации и самообразованию.

#### 4. ОБЪЕМ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единиц 144 часов

№ п/п	Наименование тем и/или разделов/тем дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Объем учебной работы, с применением интерактивных методов (в часах / %)	Формы текущего контроля успеваемости, форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	СРС		
1	Математическая модель оптимизационной задачи	5	1	4	2		10	3 / 50%	
2	Линейные оптимизационные задачи	5	5	8	2		20	5 / 50 %	Рейтинг-контроль № 1
3	Транспортные задачи электроэнергетики	5	8	8	4		20	6 / 50 %	Рейтинг-контроль № 2
4	Нелинейные оптимизационные задачи	5	12	8	6		20	7 / 50 %	
5	Многокритериальные оптимизационные задачи	5	15	8	4		20	6 / 50 %	Рейтинг-контроль № 3
Всего за 5 семестр:				36	18		90	27 / 50 %	Зачет
Наличие в дисциплине КП/КР									
Итого по дисциплине				36	18		90	27 / 50 %	Зачет

#### Содержание лекционных занятий по дисциплине

Раздел 1. Математическая модель оптимизационной задачи

Тема 1 Основные понятия

Целевая функция. Ограничения. Граничные условия. Условная, безусловная оптимизация. Локальный, глобальный экстремумы.

Раздел 2 Линейные оптимизационные задачи

Тема 1

Линейная двухпараметрическая целевая функция. Область допустимых значений. Симплекс-метод поиска оптимума.

Раздел 3 Транспортные задачи электроэнергетики

Тема 1 Математическая постановка задачи

Баланс мощностей источника, потребителя. Затраты на электрическую сеть. Удельные затраты на передачу мощностей.

Тема 2 Реализация задачи в пакете MathCad.

Организация совместного учета ограничений. Визуализация решения. Организация учета переменных мощностей потребителя.

Раздел 4 Нелинейные оптимизационные задачи

Тема 1 Математическая постановка задачи

Нелинейное программирование. Визуализация решения. Градиентные методы. Метод неопределенных множителей Лагранжа.

Тема 2 Реализация задачи в пакете MathCad.

Компенсация реактивной мощности. Целевые функции потерь мощности для радиальных, магистральных схем электроснабжения.

Раздел 5 Многокритериальные оптимизационные задачи

Тема 1 Математическая постановка задачи

Весовая значимость критериев. Обобщенная целевая функция. Экспертная оценка.

Тема 2 Реализация задачи в пакете MathCad.

Программирование алгоритмов в пакете MathCad.

### **Содержание практических/лабораторных занятий по дисциплине**

Раздел 1. Математическая модель оптимизационной задачи.

Тема 1 Синтаксис входного языка MathCad.

Изучение синтаксиса входного языка MathCad с целью реализации математической модели оптимизационной задачи.

Раздел 2 Линейные оптимизационные задачи.

Тема 1 Линейное программирование.

Графический метод оптимизации двухпараметрической линейной функции.

Раздел 3 Транспортные задачи электроэнергетики

Тема 1 Транспортная задача с фиксированными мощностями нагрузки.

Оптимизация системы электроснабжения с двумя источниками и четырьмя потребителями.

Тема 2 Транспортная задача с переменными мощностями нагрузки.

Оптимизация системы электроснабжения с двумя источниками и четырьмя потребителями.

Раздел 4 Нелинейные оптимизационные задачи.

Тема 1 Однопараметрические нелинейные оптимизационные задачи.

Поиск экстремумов однопараметрической нелинейной функции.

Тема 2 Двухпараметрические нелинейные оптимизационные задачи.

Поиск экстремумов двухпараметрической нелинейной функции.

Тема 3. Оптимизация компенсации реактивной мощности.

Оптимизация компенсации реактивной мощности для радиальных, магистральных схем электроснабжения.

Раздел 5 Многокритериальные оптимизационные задачи .

Тема 1 Многопараметрические задачи с ограничениями и граничными условиями .

Задача оптимального распределения активной мощности генерации между ТЭС энергосистемы.

## **5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

В преподавании дисциплины «Задачи оптимизации в электроэнергетике» используются разнообразные образовательные технологии как традиционные, так и с применением активных и интерактивных методов обучения.

Активные и интерактивные методы обучения:

- интерактивные лекции (по всем темам).

## **6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ**

Для текущего контроля успеваемости применяется рейтинг-контроль, проводимый в форме тестов на 6-й, 12-й и 17-й неделе.

### **Рейтинг-контроль № 1.**

1. Что такое целевая функция?
2. Как математически записывается целевая функция?
3. Как задаются граничные условия при решении оптимизационных задач?

4. Как задаются начальные условия при решении оптимизационных задач?
5. Что такое глобальный экстремум функции?
6. Что такое локальный экстремум функции?
7. В чем заключается алгоритм решения оптимизационной задачи?
8. В чем особенности однопараметрических и двухпараметрических целевых функций?
9. Где находится экстремум двухпараметрической функции при условии соблюдения нескольких линейных ограничений?
10. В чем заключаются особенности поиска экстремумов для линейных и нелинейных целевых функций?
11. Как математически сформулировать понятие экстремума нелинейной функции?
12. Для чего нужны начальные приближения при поиске экстремума?
13. Что из себя представляет алгоритм поиска глобального экстремума?
14. Как формулируются граничные условия неотрицательности переменных?
15. Из чего складывается область допустимых значений двухпараметрической целевой функции?

### Рейтинг-контроль № 2.

1. Как формулируется задача линейного программирования?
2. Как графически определить область допустимых значений переменных целевой функции?
3. Что такое линии равного уровня целевой функции?
4. Где находится оптимальное решение оптимизационной задачи относительно многогранника ограничений?
5. В чем заключается идея симплекс-метода при решении задач линейного программирования?
6. Что такое базисная переменная при решении задач линейного программирования?
7. Что такое свободная переменная при решении задач линейного программирования?
8. В чем заключается смысл транспортной задачи применительно к электроэнергетике?
9. Как определить количество переменных в транспортной задаче применительно к электроэнергетике?
10. В чем заключается смысл граничных условий транспортной задачи применительно к электроэнергетике?
11. Какие балансы учитываются при решении транспортной задачи применительно к электроэнергетике?
12. Куда должна стремиться целевая функция при оптимизации транспортной задачи?
13. Каковы особенности формулировки транспортной задачи применительно к электрическим сетям?
14. Что такое транзитный узел схемы электрической сети?
15. Что означает транзит мощности в транспортной задаче?

### Рейтинг-контроль № 3.

1. Что такое компенсация реактивной мощности потребителя?
2. Какие электротехнические устройства используются в качестве компенсаторов реактивной мощности?
3. Из каких составляющих складывается баланс денежных затрат на компенсацию реактивной мощности?
4. Каков критерий оптимальности при компенсации реактивной мощности в электросети?
5. Как выглядит целевая функция, учитывающая суммарные затраты на установку устройств компенсации и потери активной мощности в схеме?
6. Приведите пример простейшей магистральной схемы электроснабжения.
7. Приведите пример простейшей радиальной схемы электроснабжения.
8. Приведите пример простейшей схемы компенсации реактивной мощности.
9. Как располагаются потребители при радиальной и магистральной схемах электроснабжения?
10. Каковы ограничения при работе электросети с учетом компенсации реактивной мощности?
11. Как выглядит целевая функция, учитывающая затраты на потери активной мощности в схеме?
12. Какие ограничения распространяются на суммарную мощность источников реактивной мощности?
13. В чем измеряются реактивные нагрузки узлов схемы электроснабжения?

14. Что такое градиент целевой функции?
15. Как проявляются условия неопределенности оптимизационных задач?

Самостоятельная работа студентов заключается в освоении компьютерных технологий, в изучении математических пакетов MathCad и MATLAB. Контроль за выполнением СРС проводится на практических занятиях и учитывается при рейтинг-контролях. Самостоятельная работа студентов обеспечена учебно-методическими материалами:

- методическими указаниями по выполнению практических работ по дисциплине «Задачи оптимизации в электроэнергетике»,
- учебной литературой по программированию в математических пакетах MathCad и MATLAB;
- Интернет-ресурсами.

Вопросы для СРС:

1. Как учитываются балансы мощности транспортной задачи при решении в MathCad?
2. Как определить глобальный экстремум целевой функции?
3. Какие параметры передаются в функцию Minimize?
4. Как записывается целевая функция в MathCad?
5. Как организовать ввод матрицы в MathCad?
6. Как организовать вывод графика в MathCad?
7. Как записать комментарий в рабочем поле MathCad?
8. Как организовать решение системы алгебраических уравнений в MathCad?
9. Как привязать единицу измерения к переменной в MathCad?
10. Как описать область ограничений целевой функции в MathCad?
11. Как формируется область совместно решаемых уравнений в MathCad?
12. Как задаются начальные приближения в MathCad?
13. Как организовать вызов функции Minimize MathCad?
14. Как организовать вызов функции Maximize MathCad?
15. Как организовать вывод результатов расчетов при использовании функции Minimize MathCad?

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины проводится в форме зачета.

**Вопросы к зачету.**

1. Математическая модель оптимизационной задачи.
2. Понятие целевой функции.
3. Ограничения в математических моделях.
4. Граничные условия в математических моделях.
5. Методы математического программирования.
6. Методы линейного программирования.
7. Методы нелинейного программирования.
8. Параметрический анализ в оптимизации.
9. Структурный анализ в оптимизации.
10. Многокритериальный анализ в оптимизации.
11. Графическое решение задачи линейного программирования.
12. Постановка транспортной задачи в электроснабжении.
13. Учет пропускной способности линий в транспортной задаче.
14. Транзит мощности в транспортной задаче.
15. Задачи безусловной оптимизации.
16. Задачи условной оптимизации.
17. Графическое представление задачи нелинейного программирования.
18. Компенсация реактивной мощности в схеме электроснабжения.

19. Общая характеристика градиентных методов.
20. Метод покоординатного спуска.
21. Метод проектирования градиента.
22. Метод неопределенных множителей Лагранжа.
23. Задача оптимального распределения активной мощности.
24. Задача оптимального распределения компенсирующих устройств.
25. Целочисленное программирование.
26. Двоичное программирование.
27. Дискретное программирование.
28. Стохастическое программирование.
29. Математические модели стохастических задач.
30. Условия неопределенности оптимизационных задач.
31. Задачи многокритериальной оптимизации.
32. Оптимизация по обобщенной целевой функции.

Фонд оценочных средств для проведения аттестации уровня сформированности компетенций обучающихся по дисциплине оформляется отдельным документом.

## 7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 7.1. Книгообеспеченность

Наименование литературы: автор, название, вид издания, издательство	Год издания	КНИГООБЕСПЕЧЕННОСТЬ	
		Количество экземпляров изданий в библиотеке ВлГУ в соответствии с ФГОС ВО	Наличие в электронной библиотеке ВлГУ
1	2	3	4
Основная литература			
1. Андрианов Д.П., Максимов Ю.П. Методические указания к практическим работам по дисциплине «Оптимизация систем электроснабжения». – Владимир: ВлГУ	2015		<a href="http://e.lib.vlsu.ru/bitstream/123456789/4454/1/00585.doc">http://e.lib.vlsu.ru/bitstream/123456789/4454/1/00585.doc</a>
2. Дьяконов В.П. Энциклопедия компьютерной алгебры. –М.: ДМК-Пресс. ISBN 978-5-94074-490-0	2010		<a href="https://vlsu.bibliotech.ru/?SearchType=User@BasicSearchString=MathCad@ViewMode=false@Packind=O@Page=1">https://vlsu.bibliotech.ru/?SearchType=User@BasicSearchString=MathCad@ViewMode=false@Packind=O@Page=1</a>
Дополнительная литература			
1. Матюнина Ю.В. и др. Электроснабжение потребителей и режимы. -М.: Изд. дом МЭИ. ISBN 978-5-383-00753-2	2013		<a href="http://www.studentlibrary.ru/book/MPEI196.html">http://www.studentlibrary.ru/book/MPEI196.html</a>
2. Конюхова Е.А. Электроснабжение. - М.: Изд. дом МЭИ. ISBN 978-5-383-00897-3	2014		<a href="http://www.studentlibrary.ru/book/MPEI229.html">http://www.studentlibrary.ru/book/MPEI229.html</a>
3. Бурман А.П. и др. Управление потоками электроэнергии и повышение эффективности электроэнергетических систем . - М.: Изд. дом МЭИ. ISBN: 978-5-383-00738-9	2012		<a href="http://www.studentlibrary.ru/book/MPEI172.html">http://www.studentlibrary.ru/book/MPEI172.html</a>

### 7.2. Периодические издания

Электрик – международный электротехнический журнал (корпус 3, ауд. 414)

### 7.3. Интернет-ресурсы

1. <http://radiomaster.ru/>
2. <http://nickolay.info/study/mathcad>

## 8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Для реализации данной дисциплины имеются специальные помещения для проведения занятий лекционного типа, оборудованные проектором - аудитория 520-3.

Практические/лабораторные работы проводятся в компьютерном классе 519-3.

Перечень используемого лицензионного программного обеспечения:

Microsoft Office 2007,

MathCad 14,

MATLAB R2010b.

Рабочую программу составил доц. Андрианов Д.П.

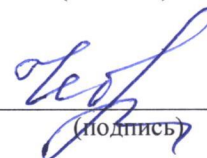


(подпись)

Рецензент

(представитель работодателя)

Нач. ПО ООО «МФ-Электро» Ю.С.Чебрякова

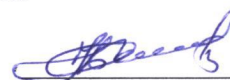


(подпись)

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ЭтЭн

Протокол № 1 от 04.09.19 года

Заведующий кафедрой Бадалян Н.П.

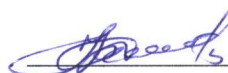


(подпись)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании учебно-методической комиссии направления 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»

Протокол № 1 от 04.09.19 года

Председатель комиссии: заведующий кафедрой Бадалян Н.П.



(подпись)



**ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ  
РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ**

Рабочая программа одобрена на 2020/2021 учебный год

Протокол заседания кафедры № 1 от 02.09.2020 года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  


Рабочая программа одобрена на \_\_\_\_\_ учебный год

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

Рабочая программа одобрена на \_\_\_\_\_ учебный год

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

**ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ**

в рабочую программу дисциплины

*НАИМЕНОВАНИЕ*

образовательной программы направления подготовки код и наименование ОП, направленность:  
*наименование (указать уровень подготовки)*

Номер изменения	Внесены изменения в части/разделы рабочей программы	Исполнитель ФИО	Основание (номер и дата протокола заседания кафедры)
1			
2			

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_  
*Подпись* *ФИО*