

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Воронежский государственный технический университет»



УТВЕРЖДАЮ

И.о. декана факультета машиностроения
и аэрокосмической техники

Ряжских В.И.

«29» августа 2017 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины

**«Оптимизационная стратегия проектирования энергетического оборудования
газонефтепроводов»**

Направление подготовки (специальность) 21.04.01 Нефтегазовое дело

Программа Моделирование и оптимизация рабочих процессов
в энергетических системах газонефтепроводов

Квалификация (степень) выпускника магистр

Нормативный срок обучения 2 года / 2,5 года

Форма обучения очная/заочная

Автор программы д.т.н., проф.  /Кретинин А.В./

Программа обсуждена на заседании кафедры нефтегазового оборудования
и транспортировки
«28» августа 2017 года Протокол № 1

Зав. кафедрой НГОТ,
д.т.н., профессор  /Валюхов С.Г./

Руководитель ОПОП,
д.т.н., профессор  /Валюхов С.Г./

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Цели дисциплины

формирование компетенций, необходимых для использования современных методов нелинейной оптимизации при проектировании энергетических установок газонефтепроводов (оборудования компрессорных и нефтеперекачивающих станций)

1.2. Задачи освоения дисциплины

изучить методы нелинейного программирования, применяемые для оптимизации рабочих процессов в энергетических системах газонефтепроводов;

приобрести практические навыки и умения работы с компьютерным оптимизационным пакетом, реализующим метод структурно-параметрической оптимизации;

владеть навыками использования интегрированного в рабочую среду ANSYS оптимизационного модуля DesignXplorer;

уметь проводить оптимизацию на основе математических моделей гидродинамических процессов и расчетных алгоритмов прочностных и тепловых задач

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Оптимизационная стратегия проектирования энергетического оборудования газонефтепроводов» относится к дисциплинам вариативной части блока Б1.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины «Оптимизационная стратегия проектирования энергетического оборудования газонефтепроводов» направлен на формирование следующих компетенций:

ОПК-4 - способностью разрабатывать научно-техническую, проектную и служебную документацию, оформлять научно-технические отчеты, обзоры, публикации по результатам выполненных исследований

ОПК-5 - способностью готовность к коммуникации в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и иностранном языке для решения задач профессиональной деятельности

ПК-1 - способностью оценивать перспективы и возможности использования достижений научно-технического прогресса в инновационном развитии отрасли, предлагать способы их реализации

ПК-2 - способностью использовать методологию научных исследований в профессиональной деятельности

ПК-3 - способностью планировать и проводить аналитические, имитационные и экспериментальные исследования, критически оценивать данные и делать выводы

ПК-4 - способностью использовать профессиональные программные комплексы в области математического моделирования технологических

процессов и объектов

ПК-5 - способностью проводить анализ и систематизацию научно-технической информации по теме исследования, осуществлять выбор методик и средств решения задачи, проводить патентные исследования с целью обеспечения патентной чистоты новых разработок

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции
ОПК-4	<i>знать</i> функционал автономных модулей, интегрированных на платформе ANSYS Workbench, в части формирования автоматизированных отчетов по результатам моделирования
	<i>уметь</i> использовать возможности программного комплекса ANSYS для автоматизированного составления отчетов
	<i>владеть</i> методиками автоматизированного синтеза отчетов о проведенном моделировании в среде ANSYS Workbench
ОПК-5	<i>знать</i> основную терминологию интерфейса программного комплекса ANSYS на русском и английском языке
	<i>уметь</i> использовать англоязычный интерфейс программного комплекса ANSYS
	<i>владеть</i> приемами коммуникации в интернет-ресурсах компании ANSYS Inc. и ее партнеров
ПК-1	<i>знать</i> основные методы нелинейного программирования для решения оптимизационных задач
	<i>уметь</i> прогнозировать экстремальные значения критериев эффективности для оценки перспективности проведения модернизации
	<i>владеть</i> навыками использования компьютерных продуктов, реализующих алгоритмы нелинейной оптимизации
ПК-2	<i>знать</i> основные этапы моделирования и оптимизации энергетического оборудования ГНП
	<i>уметь</i> формализовать задачу оптимального проектирования энергетического оборудования ГНП
	<i>владеть</i> методиками решения оптимизационных

	задач в среде ANSYS Workbench
ПК-3	<i>знать</i> основные планы эксперимента, которые возможно реализовать в ANSYS DesignXplore
	<i>уметь</i> оперировать управляющими командами для составления планов эксперимента в ANSYS DesignXplore
	<i>владеть</i> методиками планирования эксперимента в модуле ANSYS DesignXplore
ПК-4	<i>знать</i> функционал модуля ANSYS DesignXplore
	<i>уметь</i> использовать возможности программного комплекса ANSYS DesignXplore и IOSO NM для оптимизации
	<i>владеть</i> методикой оптимизации Response Surface Optimization в модуле ANSYS DesignXplore
ПК-5	<i>знать</i> алгоритмы анализа и обобщения зависимостей критериев эффективности от факторов
	<i>уметь</i> выбирать методики и средства решения задач оптимизации
	<i>владеть</i> методиками анализа множества решений задач оптимизации на основе Парето принципов оптимальности

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Оптимизационная стратегия проектирования энергетического оборудования газонефтепроводов» составляет 5 з.е.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий
очная форма обучения

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры
		3
Аудиторные занятия (всего)	54	54
В том числе:		
Лекции	18	18
Лабораторные работы (ЛР)	36	36
Самостоятельная работа	99	99
Курсовой проект	+	+
Часы на контроль	27	27
Виды промежуточной аттестации - экзамен	+	+
Общая трудоемкость: академические часы	180	180

зач.ед.	5	5
заочная форма обучения		
Виды учебной работы	Всего часов	Семестры 4
Аудиторные занятия (всего)	10	10
В том числе:		
Лекции	4	4
Лабораторные работы (ЛР)	6	6
Самостоятельная работа	161	161
Курсовой проект	+	+
Часы на контроль	9	9
Виды промежуточной аттестации - экзамен	+	+
Общая трудоемкость:		
академические часы	0	180
зач.ед.	5	5

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

5.1 Содержание разделов дисциплины и распределение трудоемкости по видам занятий

очная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Лаб. зан.	СРС	Всего, час
1	Методы решения оптимизационных задач	Постановка задач оптимизации проектирования и функционирования нефтегазового оборудования. Оптимизация и решение уравнений. Метод перебора. Метод случайного поиска. Метод покоординатного спуска. Метод наискорейшего спуска. Метод градиентного спуска. Метод сопряженных градиентов	4	6	16	26
2	Методы решения оптимизационных задач	Метод последовательного квадратичного программирования. Метод регулярного симплекса. Метод деформируемого многогранника	4	6	16	26
3	Методы решения оптимизационных задач	Генетические алгоритмы оптимизации. Метод непрямой оптимизации на основе самоорганизации. Оптимизация с использованием регрессионных моделей. Методология Response Surface Optimization	4	6	16	26
4	Программно-алгоритмические средства оптимизационных процедур	Оптимизация с использованием модуля ANSYS DesignXplorer.	2	6	16	24
5	Программно-алгоритмические средства оптимизационных процедур	Оптимизационный пакет IOSO NM	2	6	18	26
6	Программно-алгоритмические средства оптимизационных процедур	Оптимизация с использованием моделей, гидродинамических, прочностных и тепловых задач в нефтегазовом оборудовании	2	6	17	25
Итого			18	36	99	153

заочная форма обучения

№	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Лаб.	СРС	Всего,
---	-------------------	--------------------	------	------	-----	--------

п/п				зан.		час
1	Методы решения оптимизационных задач	Постановка задач оптимизации проектирования и функционирования нефтегазового оборудования. Оптимизация и решение уравнений. Метод перебора. Метод случайного поиска. Метод покоординатного спуска. Метод наискорейшего спуска. Метод градиентного спуска. Метод сопряженных градиентов	2	2	26	30
2	Методы решения оптимизационных задач	Метод последовательного квадратичного программирования. Метод регулярного симплекса. Метод деформируемого многогранника	2	2	26	30
3	Методы решения оптимизационных задач	Генетические алгоритмы оптимизации. Метод не прямой оптимизации на основе самоорганизации. Оптимизация с использованием регрессионных моделей. Методология Response Surface Optimization	-	2	26	28
4	Программно-алгоритмические средства оптимизационных процедур	Оптимизация с использованием модуля ANSYS DesignXplorer.	-	-	28	28
5	Программно-алгоритмические средства оптимизационных процедур	Оптимизационный пакет IOSO NM	-	-	28	28
6	Программно-алгоритмические средства оптимизационных процедур	Оптимизация с использованием моделей, гидродинамических, прочностных и тепловых задач в нефтегазовом оборудовании	-	-	27	27
Итого			4	6	161	171

5.2 Перечень лабораторных работ

1. Функционал комплекса многодисциплинарного моделирования, проектирования и оптимизации ANSYS.
2. Автоматизированное проектирование магистрального нефтяного насоса на платформе ANSYS Workbench
3. Гидравлический расчет нефтяного насоса в программе ANSYS CFX
4. Функционал модуля ANSYS DesignXplorer;
5. Оптимизационный пакет IOSO NM;
6. Генерация и интерпретация отчета по автоматизированному проектированию проточной части нефтяного насоса

6. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ (РАБОТ) И КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины предусматривает выполнение курсового проекта в 3 семестре для очной формы обучения, в 4 семестре для заочной формы обучения.

Примерная тематика курсового проекта: **«Оптимизация проектирования проточной части центробежного насоса»**

Задачи, решаемые при выполнении курсового проекта:

- Методика проектирования проточной части насоса с использованием турбо- инструментов ANSYS;
- Расчет гидравлического КПД насоса с использованием модуля

ANSYS CFX;

- Проведение оптимизации для поиска значений факторов, при которых КПД насоса достигает максимального значения, с использованием модуля ANSYS DesignXplore. Курсовой проект включают в себя графическую часть и расчетно-пояснительную записку.

7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

7.1. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

7.1.1 Этап текущего контроля

Результаты текущего контроля знаний и межсессионной аттестации оцениваются по следующей системе:

«аттестован»;

«не аттестован».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Аттестован	Не аттестован
ОПК-4	<i>знать</i> функционал автономных модулей, интегрированных на платформе ANSYS Workbench, в части формирования автоматизированных отчетов по результатам моделирования	Тест	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	<i>уметь</i> использовать возможности программного комплекса ANSYS для автоматизированного составления отчетов	Решение стандартных практических задач	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	<i>владеть</i> методиками автоматизированного синтеза отчетов о проведенном моделировании в среде ANSYS Workbench	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
ОПК-5	<i>знать</i> основную терминологию интерфейса программного комплекса ANSYS на русском и английском языке	Тест	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	<i>уметь</i> использовать англоязычный интерфейс программного	Решение стандартных практических задач	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

	комплекса ANSYS <i>владеть</i> приемами коммуникации в интернет-ресурсах компании ANSYS Inc. и ее партнеров	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
ПК-1	<i>знать</i> основные методы нелинейного программирования для решения оптимизационных задач	Тест	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	<i>уметь</i> прогнозировать экстремальные значения критериев эффективности для оценки перспективности проведения модернизации	Решение стандартных практических задач	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	<i>владеть</i> навыками использования компьютерных продуктов, реализующих алгоритмы нелинейной оптимизации	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
ПК-2	<i>знать</i> основные этапы моделирования и оптимизации энергетического оборудования ГНП	Тест	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	<i>уметь</i> формализовать задачу оптимального проектирования энергетического оборудования ГНП	Решение стандартных практических задач	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	<i>владеть</i> методиками решения оптимизационных задач в среде ANSYS Workbench	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
ПК-3	<i>знать</i> основные планы эксперимента, которые возможно реализовать в ANSYS DesignXplore	Тест	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	<i>уметь</i> оперировать управляющими командами для составления планов эксперимента в ANSYS DesignXplore	Решение стандартных практических задач	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	<i>владеть</i> методиками	Решение прикладных задач	Выполнение работ в	Невыполнение

	планирования эксперимента в модуле ANSYS DesignXplore	в конкретной предметной области	срок, предусмотренный в рабочих программах	работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
ПК-4	знать функционал модуля ANSYS DesignXplore	Тест	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	уметь использовать возможности программного комплекса ANSYS DesignXplore и IOSO NM для оптимизации	Решение стандартных практических задач	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	владеть методикой оптимизации Response Surface Optimization в модуле ANSYS DesignXplore	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
ПК-5	знать алгоритмы анализа и обобщения зависимостей критериев эффективности от факторов	Тест	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	уметь выбирать методики и средства решения задач оптимизации	Решение стандартных практических задач	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	владеть методиками анализа множества решений задач оптимизации на основе Парето принципов оптимальности	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

7.1.2 Этап промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются в 3 семестре для очной формы обучения, 4 семестре для заочной формы обучения по четырехбалльной системе:

«отлично»;

«хорошо»;

«удовлетворительно»;

«неудовлетворительно».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неудовл.
ОПК-4	знать функционал автономных модулей, интегрированных на платформе ANSYS Workbench, в части	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов

	формирования автоматизированных отчетов по результатам моделирования					
	уметь использовать возможности программного комплекса ANSYS для автоматизированного составления отчетов	Решение стандартных практических задач	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	владеть методиками автоматизированного синтеза отчетов о проведенном моделировании в среде ANSYS Workbench	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
ОПК-5	знать основную терминологию интерфейса программного комплекса ANSYS на русском и английском языке	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	уметь использовать англоязычный интерфейс программного комплекса ANSYS	Решение стандартных практических задач	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	владеть приемами коммуникации в интернет-ресурсах компании ANSYS Inc. и ее партнеров	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
ПК-1	знать основные методы нелинейного программирования для решения оптимизационных задач	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	уметь прогнозировать экстремальные значения критериев эффективности для	Решение стандартных практических задач	Задачи решены в полном объеме и получены верные	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены

	оценки перспективности проведения модернизации		ответы	верный ответ во всех задачах		
	<i>владеть</i> навыками использования компьютерных продуктов, реализующих алгоритмы нелинейной оптимизации	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
ПК-2	<i>знать</i> основные этапы моделирования и оптимизации энергетического оборудования ГНП	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	<i>уметь</i> формализовать задачу оптимального проектирования энергетического оборудования ГНП	Решение стандартных практических задач	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	<i>владеть</i> методиками решения оптимизационных задач в среде ANSYS Workbench	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
ПК-3	<i>знать</i> основные планы эксперимента, которые возможно реализовать в ANSYS DesignXplore	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	<i>уметь</i> оперировать управляющими командами для составления планов эксперимента в ANSYS DesignXplore	Решение стандартных практических задач	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	<i>владеть</i> методиками планирования эксперимента в модуле ANSYS DesignXplore	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены

ПК-4	знать функционал модуля ANSYS DesignXplore	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	уметь использовать возможности программного комплекса ANSYS DesignXplore и IOSO NM для оптимизации	Решение стандартных практических задач	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	владеть методикой оптимизации Response Surface Optimization в модуле ANSYS DesignXplore	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
ПК-5	знать алгоритмы анализа и обобщения зависимостей критериев эффективности от факторов	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	уметь выбирать методики и средства решения задач оптимизации	Решение стандартных практических задач	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	владеть методиками анализа множества решений задач оптимизации на основе Парето принципов оптимальности	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены

7.2 Примерный перечень оценочных средств (типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности)

7.2.1 Примерный перечень заданий для подготовки к тестированию

1. Независимые варьируемые параметры называются:

- критериями;
- ограничениями;
- факторами.

2. Метод Нелдера-Мида является:

- градиентным методом;
- методом деформируемого многогранника;

- методом случайного поиска.
- 3. Ортогональный центрально-композиционный план используется для:
 - множественной регрессии;
 - обучения нейронной сети;
 - нахождения функции регрессии в виде полного квадратичного полинома.
- 4. Метод бисекции предназначен для:
 - решения нелинейных уравнений;
 - алгоритмизации статистических испытаний;
 - линейной оптимизации.
- 5. Какой из перечисленных ниже методов не является методом оптимизации:
 - метод сопряженных градиентов;
 - метод Монте-Карло;
 - метод случайного поиска.
- 6. Для решения многокритериальной задачи оптимизации может использоваться:
 - критерий в виде "свертки";
 - правило "буравчика";
 - метод "жулика".
- 7. Оптимизация с наличием ограничений называется:
 - неявной оптимизацией;
 - непрямой оптимизацией;
 - условной оптимизацией.
- 8. Для чего применяется метод "штрафных функций":
 - для декомпозиции плана эксперимента;
 - для учета ограничений при решении задачи оптимизации;
 - для оптимизации по поверхности отклика.
- 9. На какие группы разделяются методы оптимизации в зависимости от существования или отсутствия ограничений:
 - полной и безусловной оптимизации;
 - полной и неполной оптимизации;
 - условной и безусловной оптимизации.
- 10. Как называют методы оптимизации первого порядка
 - методами прямого поиска;
 - градиентных методов;
 - методами условного поиска;
 - методами спуска.

7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач

1. Модуль Vista CPD предназначен для:
 - решения одномерных задач динамики жидкости;
 - предварительного проектирования проточной части центробежного насоса;
 - расчета температурных напряжений конструкций;
 - термоэлектрического анализа.

2. Модуль *BladeGen* предназначен для:

- решения задач безусловной оптимизации;
- генерации плана эксперимента;
- проектирования лопасти рабочего колеса;
- расчета критериев функционирования турбомашин

3. Поиск называется пассивным или параллельным, когда

- стратегия известна до получения результатов эксперимента;
- стратегия неизвестна до получения результатов эксперимента;
- известны значения производных функции;
- определены начальные условия поиска.

4. Метод Ньютона более близок к методу

- последовательного поиска;
- параллельного поиска;
- рандомизации;
- градиента.

5. Точки, где первая производная обращается в ноль, называются

- устойчивыми;
- переменными;
- постоянными;
- стационарными

6. К методу градиента можно отнести следующие методы

- дихотомии;
- рандомизации;
- наискорейшего спуска;
- покоординатный спуск.

7. Наиболее распространенные методы оптимизации используют понятие

- функциональной экстремали;
- среднеквадратичного критерия оптимизации;
- минимума (или максимума) функции или функционала;
- системного подхода.

8. В методе золотого сечения исходный интервал неопределенности делится на две неравные части таким образом, чтобы выполнялось следующее условие

- меньшая часть интервала в два раза меньше большей части;
- меньшая часть интервала в три раза меньше большей части;
- отношение всего интервала к меньшей части равно отношению большей части к меньшей;
- отношение всего интервала к большей части равно отношению большей части к меньшей.

9. Задача оптимизации сводится к нахождению величины?

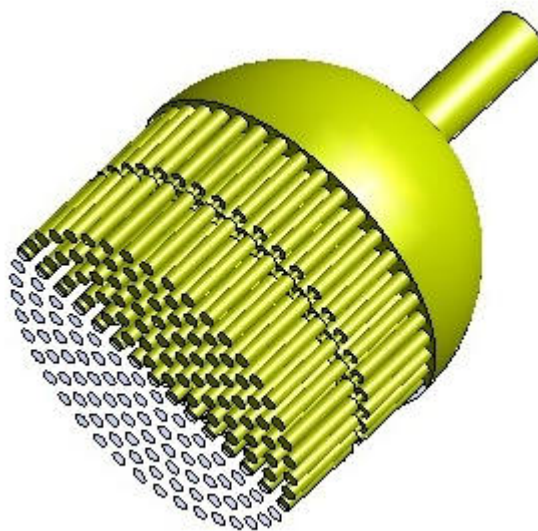
- роста целевой функции;
- экстремума целевой функции;
- спада целевой функции;
- правильного ответа нет.

10. На основании выбранного критерия оптимальности составляют...

- оптимальную функцию;
- функцию критерия оптимальности;
- целевую функцию;
- правильного ответа нет.

7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

1. На рисунке приведена исследуемая геометрическая модель проточной части теплообменника. В модели реализуется осевой центральный подвод теплоносителя в распределительную камеру как наиболее благоприятный с точки зрения равномерного распределения компонента по трубной решетке. Формирование трубной решетки осуществляется из труб постоянного диаметра, расположенных рядами на 7 концентрических окружностях (плюс одна трубка в центре) в количестве $1+6+12+18+24+30+36+42$: всего 169 трубок.



В каждой трубке предусмотрена втулка меньшего диаметра, причем для трубок, расположенных в одном ряду, диаметры втулок одинаковы, но от ряда к ряду диаметры втулок могут меняться.

Необходимо построить 3D модель теплообменника в модуле ANSYS Design Modeler, создать сеточную модель в Meshing, провести расчет распределения теплоносителя по трубкам различных рядов в ANSYS CFX. В каком ряду получается максимальное значение расхода теплоносителя?

- в 1 ряду;
- в 3 ряду;
- в 7 ряду;
- распределение расходов по рядам равномерное.

2. Для условий предыдущей задачи провести оптимизацию, т.е. подобрать такие диаметры втулок, при которых уровень неравномерности будет минимальным. В каком ряду получится максимальный диаметр втулки?

- в 1 ряду;
- в 3 ряду;
- в 7 ряду;
- диаметры втулок должны быть одинаковы.

3. Результаты расчета гидравлического КПД и радиальной силы на ротор в нефтяном насосе в ANSYS CFX в 16 точках плана эксперимента в зависимости от углов установки лопасти ($\beta_{1s} \in [11, 21]$ и $\beta_{2s} \in [17, 27]$) представлены в табл.

Таблица - Результаты расчета

№	β_{1s}	β_2	η_r	F_p , Н
1	16	22	0.947524	16479
2	18.5	19.5	0.942664	17722
3	13.5	24.5	0.94536	15542.3
4	14.75	20.75	0.9495	16959.7
5	19.75	25.75	0.93047	15228
6	17.25	18.25	0.946543	18562.7
7	12.25	23.25	0.9837	15925
8	12.875	20.125	0.951928	17253
9	17.875	25.125	0.937205	15366.7
10	20.375	17.625	0.938231	19162
11	15.375	22.625	0.946841	16164.7
12	14.125	18.875	0.951914	17993.56
13	11.625	26.375	0.9402	15068.4
14	16.625	21.375	0.946316	16733
15	19.125	23.875	0.936129	15748.6
16	11.9375	21.6875	0.948014	16532

Необходимо сформировать математическую модель типа поверхности отклика в модуле ANSYS DesignXplore, провести оптимизацию с использованием данной модели и найти значение углов установки, при которых достигается максимальное значение гидравлического КПД.

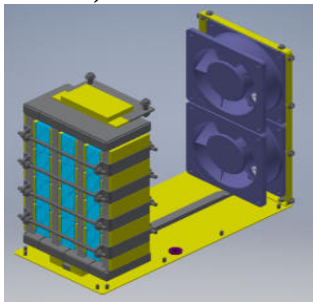
- $\beta_2 = 17$;
- $\beta_2 = 20$;
- $\beta_2 = 24$;
- $\beta_2 = 27$.

4. Для условий предыдущей задачи провести оптимизационные исследования в модуле ANSYS DesignXplore и определить углы установки лопасти, при которых достигается минимальная сила на ротор насоса.

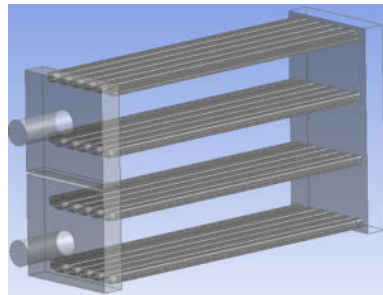
- $\beta_2 = 17$;
- $\beta_2 = 20$;
- $\beta_2 = 24$;
- $\beta_2 = 27$.

5. На рисунках приведены особенности моделируемой конструкции термоэлектрического блока охлаждения гибридной системы локальной

термостабилизации.



Модель блока
охлаждения



Общий вид проточной части
жидкостного тракта

Теплообмен с жидкостью осуществляется через стенки каналов тракта охлаждения, состоящего из 4 секций по 11 каналов в каждой. Подвод и отвод теплоносителя осуществляется с одной стороны теплообменника, поэтому в 2 секциях жидкость течет в одном направлении, а в 2 других - в обратном.

Провести моделирование распределения теплоносителя по каналам жидкостного тракта с использованием ANSYS CFX и определить максимальный уровень расходной неравномерности

- ~5%;
- ~10%;
- ~15%;
- распределение расходов по каналам равномерное.

6. Для условий предыдущей задачи определить зоны гидродинамической и тепловой стабилизации в процентах от общей длины каналов теплообмена.

- ~5%;
- ~10%;
- ~15%;
- ~20%;
- ~25%;
- ~30%;

7. В планируемом эксперименте факторами (варьируемыми параметрами) принимаются следующие величины:

dT - разность температур жидкости на входе в ТЭМО T_{fix} и окружающей среды T_{vxx} , т.е. $dT = T_{\text{fix}} - T_{\text{vxx}}$;

N_{imo} - потребляемая электрическая мощность ТЭМО, т.е. $N_{\text{imo}} = U_{\text{imo}} \cdot I_{\text{imo}}$, где U_{imo} это напряжение, подаваемое на ТЭМО, а I_{imo} - сила тока;

N_{vent} - потребляемая электрическая мощность вентиляторов, т.е. $N_{\text{vent}} = U_{\text{vent}} \cdot I_{\text{vent}}$, где U_{vent} и I_{vent} соответственно напряжение и сила тока, подаваемые на вентиляторы;

Rashod - расход теплоносителя на входе в ТЭМО ($\text{м}^3/\text{час}$), т.е. $\dot{V}_f$.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	Utmo	ltmo	Uvent	lvent	Tfx	Tfyx	Twx	Twyx	dT	Rashod	Treb	Eps	Ntmo	Nvent	Qx
1	21.9	30.1	17.8	9.1	15	12.3	29.06	35.24	-14.06	0.069	46.1	0.328129	659.19	161.98	216.2993
2	22.6	31.3	19.8	10.5	17.57	11.31	29.3	34.57	-11.73	0.028	45.72	0.287524	707.38	207.9	203.3888
3	14.4	20	18.6	9.8	18.82	15.99	29.35	32.53	-10.53	0.064	38.21	0.728214	288	182.28	209.7257
4	15.8	22.1	23	13	21.73	16.48	29.94	33.04	-8.21	0.044	39.33	0.765139	349.18	299	267.1711
5	13.1	18	14.6	6.9	23.14	18.95	29.09	33.18	-5.95	0.047	38.55	0.964669	235.8	100.74	227.4689
6	16.5	22.8	16.2	8	24.97	15.44	29.3	33.57	-4.33	0.019	41.1	0.556265	376.2	129.6	209.267
7	11.7	16.4	20.2	11	26.89	19.11	28.87	31.51	-1.98	0.022	36.2	1.029022	191.88	222.2	197.4487
8	19.2	27.5	22.6	12.9	28.61	24	28.84	35.24	-0.23	0.081	44.71	0.814125	528	291.54	429.858
9	26.7	36.5	19	10.1	30.63	23.74	29.52	39.7	1.109999	0.056	56.17	0.455518	974.55	191.9	443.925
10	21.2	28.9	14.2	6.6	32	25.47	30.8	40.2	1.200001	0.053	52.7	0.649303	612.68	93.71999	397.8152
11	23.3	32.7	23.4	12.6	33.54	23.97	30.18	38.51	3.360001	0.042	51.09	0.60638	761.91	294.84	462.0067
12	24.6	33.4	16.6	8.3	35.6	21.5	30.91	40.75	4.689999	0.025	55.3	0.493194	821.6401	137.78	405.2284
13	11.02	16.2	18.2	9.6	37.6	33.2	30.37	35.46	7.229998	0.078	41.4	2.201288	178.524	174.72	392.9828
14	20.54	28.7	17	8.5	38.9	32.8	30.78	40.5	8.120001	0.084	53.56	0.995054	589.498	144.5	586.5825
15	10.34	15.6	22.2	12.4	40.86	33.82	30.48	34.81	10.38	0.05	40.31	2.496142	161.304	275.28	402.6377
16	18.5	26.1	21.8	12.2	42.7	21.07	31.26	37.42	11.44	0.016	46.78	0.822336	482.85	265.96	397.0651
17	12.41	17.2	17.4	8.8	44.68	31.92	30.55	36.41	14.13	0.03	44.08	2.050328	213.452	153.12	437.6467
18	17.8	26.1	23.5	12.5	46.7	38.24	31.79	39.1	14.91	0.067	50.29	1.391936	464.58	293.75	646.6657
19	25.9	36.1	21.1	11.6	48.22	39.03	32.32	43.23	15.9	0.072	61	0.806925	934.9899	244.76	754.4667
20	13.74	20.6	15	7.1	50.08	40.8	29.92	38.03	20.16	0.058	48.66	2.166419	283.044	106.5	613.1919
21	24	33.2	15.4	7.3	51.7	41.16	30.89	44.28	20.81	0.061	62.96	0.918849	796.8	112.42	732.1385
22	25.3	35.5	20.6	11.2	53.58	34.83	30.78	41.97	22.8	0.036	59.51	0.856696	898.15	230.72	769.4415
23	19.9	28.2	15.8	7.6	55.88	37.61	30.06	41.04	25.82	0.033	56.43	1.223238	561.18	120.08	686.4567
24	17.1	25.7	19.4	10.2	57.04	47.25	30.53	39.7	26.51	0.075	53.37	1.897874	439.47	197.88	834.0588
25	15.1	23.3	21.4	11.7	58.91	41.66	30.58	38.14	28.33	0.039	49.31	2.173745	351.83	250.38	764.7886

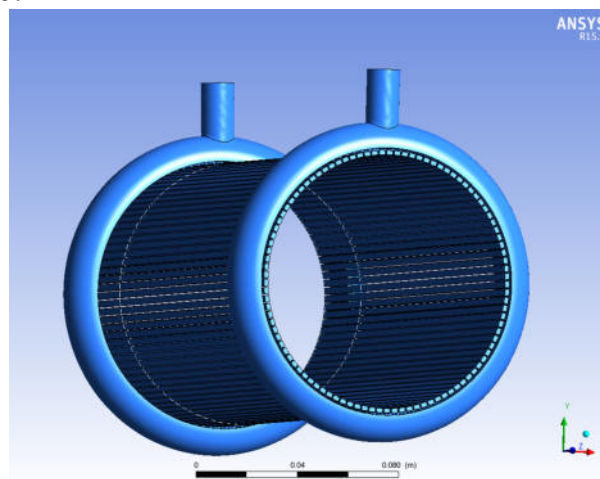
Использовать функционал модуля ANSYS DesignXplore, построить и оценить точность регрессионной зависимости холодопроизводительности Q_x от варьируемых параметров на основе полного квадратичного полинома

- ~5%;
- ~10%;
- ~15%;
- ~20%.

8. Для условий предыдущей задачи построить и оценить точность регрессионной зависимости холодопроизводительности Q_x от варьируемых параметров на основе полного кубического полинома

- ~1%;
- ~5%;
- ~10%;
- ~20%.

9. Геометрическая модель проточной части охлаждающего тракта камеры сгорания, состоящая из 101 канала в совокупности с коллекторами подвода и сбора охладителя, построенная в модуле ANSYS Design Modeler представлена на рис.



Необходимо построить 3D модель теплообменника в модуле ANSYS Design Modeler, создать сеточную модель в Meshing, провести расчет распределения ;жидкости по каналам тракта охлаждения в ANSYS CFX.

В каком канале получается минимальное значение расхода жидкости?

- в первом;*
- в пятьдесят первом;*
- в двадцать пятом;*
- в семидесятом.*

10. Для условий предыдущей задачи на основе моделирования в ANSYS CFX оценить влияние неперпендикулярности подводящего патрубка на величину неравномерности распределения жидкости по каналам тракта охлаждения. На какую величину могут измениться расходы в отдельных каналах?

- не изменяются;*
- 1-2 %;*
- 4-5 %;*
- 10-20 %.*

7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету

Не предусмотрено учебным планом

7.2.5 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

1. Оптимизация и решение уравнений. Метод перебора. Метод случайного поиска.

2. Метод покоординатного спуска. Метод наискорейшего спуска. Метод градиентного спуска.

3. Метод сопряженных градиентов.

4. Метод последовательного квадратичного программирования.

5. Метод регулярного симплекса. Метод деформируемого многогранника

6. Генетические алгоритмы оптимизации.

7. Метод не прямой оптимизации на основе самоорганизации.

8. Оптимизация с использованием модуля ANSYS DesignXplorer.

9. Оптимизационный пакет IOSO.

10. Оптимизация с использованием регрессионных моделей.

11. Оптимизация с использованием моделей, основанных на численном решении систем дифференциальных уравнений в частных производных.

12. Параметрическая идентификация вычислительных алгоритмов.

13. Процедуры условной и многокритериальной оптимизации.

14. Метод случайного поиска. Метод "золотого" сечения.

15. Метод Ньютона решения систем нелинейных алгебраических уравнений.

16. Суррогатные математические модели (поверхности отклика).

17. Нейросетевые модели поверхностей отклика.

18. Метод обратного распространения ошибки.

19. Параметрически замкнутые расчетные блоки на платформе ANSYS

Workbench.

20. Direct Optimization и Response Surface Optimization.

7.2.6. Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации

(Например: Экзамен проводится по тест-билетам, каждый из которых содержит 10 вопросов и задачу. Каждый правильный ответ на вопрос в тесте оценивается 1 баллом, задача оценивается в 10 баллов (5 баллов верное решение и 5 баллов за верный ответ). Максимальное количество набранных баллов – 20.

1. Оценка «Неудовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал менее 6 баллов.

2. Оценка «Удовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал от 6 до 10 баллов

3. Оценка «Хорошо» ставится в случае, если студент набрал от 11 до 15 баллов.

4. Оценка «Отлично» ставится, если студент набрал от 16 до 20 баллов.)

7.2.7 Паспорт оценочных материалов

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции	Наименование оценочного средства
1	Постановка задач оптимизации проектирования и функционирования нефтегазового оборудования. Оптимизация и решение уравнений. Метод перебора. Метод случайного поиска. Метод покоординатного спуска. Метод наискорейшего спуска. Метод градиентного спуска. Метод сопряженных градиентов	ОПК-4, ОПК-5, ПК -1, ПК-2, ПК-3, ПК -4, ПК-5	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, требования к курсовому проекту
2	Метод последовательного квадратичного программирования. Метод регулярного симплекса. Метод деформируемого многогранника	ОПК-4, ОПК-5, ПК -1, ПК-2, ПК-3, ПК -4, ПК-5	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, требования к курсовому проекту
3	Генетические алгоритмы оптимизации. Метод непрямой оптимизации на основе самоорганизации. Оптимизация с использованием регрессионных моделей. Методология Response Surface Optimization	ОПК-4, ОПК-5, ПК -1, ПК-2, ПК-3, ПК -4, ПК-5	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, требования к курсовому проекту
4	Оптимизация с использованием модуля ANSYS DesignXplorer.	ОПК-4, ОПК-5, ПК -1, ПК-2, ПК-3, ПК -4, ПК-5	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, требования к курсовому проекту
5	Оптимизационный пакет IOSO NM	ОПК-4, ОПК-5, ПК -1, ПК-2, ПК-3, ПК -4, ПК-5	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, требования к курсовому проекту
6	Оптимизация с использованием моделей, гидродинамических, прочностных и тепловых задач в нефтегазовом оборудовании	ОПК-4, ОПК-5, ПК -1, ПК-2, ПК-3, ПК -4, ПК-5	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, требования к курсовому проекту

7.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Тестирование осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных тест-заданий на бумажном носителе. Время тестирования 30 мин. Затем осуществляется проверка теста экзаменатором и выставляется оценка согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение стандартных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение прикладных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Защита курсовой работы, курсового проекта или отчета по всем видам практик осуществляется согласно требованиям, предъявляемым к работе, описанным в методических материалах. Примерное время защиты на одного студента составляет 20 мин.

8 УЧЕБНО МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

8.1 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

1. Сухарев, А.Г. Курс методов оптимизации [Электронный ресурс] : учебное пособие / А.Г. Сухарев, А.В. Тимохов, В.В. Федоров. — Электрон. дан. — Москва : Физматлит, 2011. — 384 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/2330>.

2. Н.А.Медведь, А.А.Фокин. Методы оптимизации в примерах и задачах [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Воронеж : ВГТУ, 2001

3. Л.В. Холопкина, О.Б. Кремер Методы оптимизации. Компьютерные технологии : Учеб. пособие. - Воронеж : ФГБОУ ВО "Воронежский государственный технический университет".

4. Видеоуроки "Оптимизация ANSYS <https://www.cadfem-cis.ru/knowledge/view/article/cadfem-v11701> (1702)

8.2 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень лицензионного программного обеспечения, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

1. Электронная информационно-образовательная среда университета <http://eios.vorstu.ru>

2. Консультирование посредством электронной почты
3. Использование презентаций при проведении лекционных занятий
4. Приобретение знаний в процессе общения со специалистами в области математического моделирования на профильных специализированных сайтах (форумах)
5. Программное обеспечение: **Лицензия ПО ANSYS** (Лиц. № 1020620 ВГТУ)
6. Рекомендуемая литература в виде электронных ресурсов представлена на сайте ВГТУ (электронный каталог научно-технической библиотеки):
http://catalog.vorstu.ru/MarcWeb/Work.asp?ValueDB=41&DisplayDB=vgtu_lib
7. Электронно-библиотечная система «Лань» (доступ с компьютеров ВУЗа) <http://e.lanbook.com>
8. Информационно-аналитическая система SCINCE INDEX <http://elibrary.ru/>
9. Сайт компании КАДФЕМ Россия
<https://www.cadfer-cis.ru/knowledge/video-cadfer/cfd>
10. Международный научно-образовательный сайт EqWorld
<http://eqworld.ipmnet.ru/indexr.htm>

9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

Специализированная лекционная аудитория, оснащенная оборудованием для лекционных демонстраций и проекционной аппаратурой

Проектно-конструкторский центр по договору между ОАО Турбонасос и ФГБОУ ВПО ВГТУ №132/316-13 от 29 ноября 2013 года на создание и обеспечение деятельности базовой кафедры нефтегазового оборудования и транспортировки (базовой кафедры) созданной при базовой организации (компьютеры – 15 шт, МФУ А0))

10. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

По дисциплине «Оптимизационная стратегия проектирования энергетического оборудования газонефтепроводов» читаются лекции, проводятся лабораторные работы, выполняется курсовой проект.

Основой изучения дисциплины являются лекции, на которых излагаются наиболее существенные и трудные вопросы, а также вопросы, не нашедшие отражения в учебной литературе.

Лабораторные работы выполняются на лабораторном оборудовании в соответствии с методиками, приведенными в указаниях к выполнению работ.

Методика выполнения курсового проекта изложена в учебно-методическом пособии. Выполнять этапы курсового проекта должны своевременно и в установленные сроки.

Контроль усвоения материала дисциплины производится проверкой

курсового проекта, защитой курсового проекта.

Вид учебных занятий	Деятельность студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; пометать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначение вопросов, терминов, материала, которые вызывают трудности, поиск ответов в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на лекции или на практическом занятии.
Лабораторная работа	Лабораторные работы позволяют научиться применять теоретические знания, полученные на лекции при решении конкретных задач. Чтобы наиболее рационально и полно использовать все возможности лабораторных для подготовки к ним необходимо: следует разобрать лекцию по соответствующей теме, ознакомиться с соответствующим разделом учебника, проработать дополнительную литературу и источники, решить задачи и выполнить другие письменные задания.
Самостоятельная работа	Самостоятельная работа студентов способствует глубокому усвоения учебного материала и развитию навыков самообразования. Самостоятельная работа предполагает следующие составляющие: - работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной литературой, а также проработка конспектов лекций; - выполнение домашних заданий и расчетов; - работа над темами для самостоятельного изучения; - участие в работе студенческих научных конференций, олимпиад; - подготовка к промежуточной аттестации.
Подготовка к промежуточной аттестации	Готовиться к промежуточной аттестации следует систематически, в течение всего семестра. Интенсивная подготовка должна начаться не позднее, чем за месяц-полтора до промежуточной аттестации. Данные перед экзаменом, экзаменом три дня эффективнее всего использовать для повторения и систематизации материала.