МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ДЕПАРТАМЕНТ НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОЛИТИКИ И ОБРАЗОВАНИЯ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

АЗОВО-ЧЕРНОМОРСКИЙ ИНЖЕНЕРНЫЙ ИНСТИТУТ – ФИЛИАЛ
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО
УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ» В Г. ЗЕРНОГРАДЕ

Бутенко Александр Федорович
Подписано цифровой подписью: Бутенко Александр Федорович
Дата: 2025.04.24 09:16:02 +03'00'

УТВЕРЖДАЮ
Директор
_____**А.Ф. Бутенко**

«__24__» ____апреля_____2025___ **г.**

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины Б1.В.02 «Оптимизация параметров теплоэнергетических установок»

Направление подготовки 13.04.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»

Направленность «Энергообеспечение предприятий»

Факультет Энергетический

Кафедра «Электроэнергетика и теплоэнергетика»

Форма обучения очная**,** заочная

Квалификация выпускника- магистр

Зерноград-2025

При разработке рабочей программы учебной дисциплины (модуля) в основу положены:

1. ФГОС ВО – магистратура по направлению подготовки 13.04.01 «Теплоэнергетика и теплотехника», утвержденный приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от «28» февраля 2018 года № 146.

2. Учебный план направленности «Энергообеспечение предприятий» (год начала подготовки 2025) одобрен Ученым советом Азово-Черноморского инженерного института ФГБОУ ВО Донской ГАУ
Протокол № 6 от «19» февраля 2025 г.

Рабочая программа учебной дисциплины «Оптимизация параметров теплоэнергетических установок» одобрена на заседании кафедры «Электроэнергетика и теплоэнергетика».
Протокол № 7 от «24» марта 2025 г.

Заведующий кафедрой
к.т.н., доцент М.М. Украинцев

Рабочая программа учебной дисциплины «Оптимизация параметров теплоэнергетических установок» рекомендована к использованию в учебном процессе на заседании методической комиссии по направлению подготовки 13.03.01 и 13.04.01 «Теплоэнергетика и теплотехника».
Протокол № 5 от «27» марта 2025 г.

Председатель методической комиссии
к.т.н. доцент М.С. Демченко

Разработчик:
к.т.н., доцент А.Н. Токарева

Содержание

		С.
1.	Вводная часть……	4
1.1.	Цели освоения дисциплины……	4
1.2.	Место дисциплины в структуре ОПОП…….	4
1.3	Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесённые с индикаторами достижения компетенций……..	5
2.	Основная часть…….	7
2.1.	Объем учебной дисциплины и виды учебной работы…….	7
2.2	Содержание учебной дисциплины……	9
2.2.1	Разделы учебной дисциплины виды учебной деятельности и формы контроля……	10
2.2.2.	Лабораторный практикум……..	11
2.2.3.	Практические занятия…….	12
2.3.	Самостоятельная работа студента…….	14
3.	Образовательные технологии…….	15
4.	Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и результатов освоения учебной дисциплины……..	17
4.1.	Виды контроля и аттестации, формы оценочных средств……..	17
4.2.	Примерные темы курсовых работ…….	18
4.3.	Примерные темы рефератов (эссе)……	21
4.4.	Тесты текущего контроля……..	21
4.5.	Тесты промежуточного контроля……..	21
4.6.	Варианты контрольных заданий……	21
4.7.	Вопросы к экзамену……	22
5.	Учебно-методическое и информационное обеспечение учебной дисциплины……..	25
5.1.	Основная литература……	25
5.2.	Дополнительная литература……	26
5.3.	Профессиональные базы данных, информационные справочные системы и Интернет-ресурсы……	28
5.4.	Программное обеспечение учебного процесса…….	28
5.5	Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся…….	29
6.	Материально-техническое обеспечение дисциплины…….	31
7.	Методические указания для обучающихся по освоению учебной дисциплины……..	33

1. **ВВОДНАЯ ЧАСТЬ**

1.1. Цели освоения учебной дисциплины

Целями освоения учебной дисциплины «Оптимизация параметров теплоэнергетических установок» является: формирование у магистров теоретических знаний и практических навыков по проведению анализа и теоретического обобщения научных исследований, проведению научно-исследовательских и проектно-конструкторских разработок в области теплоэнергетического оборудования

Задачами дисциплины являются**:**

– формирование навыков сбора, обработки, анализа и обобщения передового отечественного и международного опыта в области теплоэнергетического оборудования;

– формирование навыков проведения экспериментов в области теплоэнергетических установок;

– формирование навыков сбора, обработки анализа и обобщения результатов исследований в области теплоэнергетического оборудования;

– формирование навыков проведения работ по формированию элементов технической документации на основе результатов научно-исследовательских работ

1.2. Место учебной дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Оптимизация параметров теплоэнергетических установок» относится к дисциплинам части, формируемой участниками образовательных отношений.

Изучение данной дисциплины базируется на освоении студентами дисциплин: «Основы проектной деятельности» (курс бакалавриата); «Проблемы энерго- и ресурсосбережения в теплоэнергетике, теплотехнике и теплотехнологии»; «Экономика и управление производством»; «Методы и средства теплотехнических исследований».

Освоение данной дисциплины необходимо для качественного выполнении выпускной квалификационной работы.

1.3. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесённые с индикаторами достижения компетенций

Изучение дисциплины направлено на формирование профессиональных компетенций, необходимых для решения задач профессиональной деятельности и обеспечивающие достижение планируемых результатов освоения образовательной программы.

Код компетенции	Содержание компетенции	Планируемые результаты обучения	
		Код и наименование индикатора достижения компетенции	Формируемые знания, умения и навыки
1	2	3	4
ПК-2	Способностью проводить научно-исследовательские и проектно-конструкторские разработки	ПК-2.1. Применяет методы проведения экспериментов	Знать: методы планирования исследований, проведения экспериментов, обобщения и обработки информации Уметь: применять методы проведения экспериментов по теплоэнергетическим установкам Владеть: навыками проведения экспериментов в области теплоэнергетических установок
		ПК-2.2. Проводит работы по формированию элементов технической документации на основе внедрения результатов научно-исследовательских работ	Знать: методы разработки технической документации Уметь: применять нормативную документацию по теплоэнергетическому оборудованию Владеть: навыками проведения работ по формированию элементов технической документации на основе результатов научно-исследовательских работ
ПК-5	Способностью к организации сбора, проведению анализа и осуществлению теоретического обобщения научных данных, результатов эксперимента и наблюдений	ПК-5.1. Осуществляет сбор, обработку, анализ и обобщение передового отечественного и международного опыта в соответствующей области исследования	Знать: методы анализа и обобщения отечественного и международного опыта в области теплоэнергетического оборудования Уметь: применять методы анализа научно-технической информации Владеть: сбора, обработки, анализа и обобщения передового отечественного и международного опыта в области теплоэнергетического оборудования

1	2	3	4
		ПК-5.2. Осуществляет сбор, обработку, анализ и обобщение результатов экспериментов и исследований в соответствующей области знаний	Знать: методы обобщения и обработки информации Уметь: оформлять результаты научно-исследовательских работ Владеть: навыками сбора, обработки анализа и обобщения результатов исследований в области теплоэнергетического оборудования

2. ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

2.1. Объем учебной дисциплины и виды учебной работы

Очная форма обучения

Вид работы		Всего часов	Семестр
			3
1		2	3
Аудиторные занятия (всего)		**50**	**50**
В том числе:			
Лекции (Л)		16	16
Практические занятия (ПЗ)		34	34
Семинары (С)		–	–
Лабораторные работы		–	–
Самостоятельная работа студента (СРС) (всего)		**67**	**67**
В том числе:			
Выполнение курсового проекта		40	40
Самоподготовка: проработка конспектов лекций, материала учебных пособий и учебников, подготовка к практическим занятиям, текущему контролю		27	27
СРС в период промежуточной аттестации		**27**	**27**
Вид промежуточной аттестации: Зачёт (З) Зачёт с оценкой (ЗО) Экзамен (Э)		Э	Э
ИТОГО:	часов	**144**	**144**
общая трудоемкость	зач. единиц	4	4

Заочная форма обучения

Вид работы		Всего часов	Семестр	
			2	3
Аудиторные занятия (всего)		**22**	**4**	**18**
В том числе:				
Лекции (Л)		10	4	6
Практические занятия (ПЗ)		12	-	12
Семинары (С)		–	-	
Лабораторные работы		–	-	
Самостоятельная работа студента (СРС) (всего)		**113**	**32**	**81**
В том числе				
Выполнение курсового проекта		40		40
Самоподготовка: проработка конспектов лекций, материала учебных пособий и учебников, подготовка к лабораторным и практическим занятиям, текущему контролю		73	32	41
СРС в период промежуточной аттестации (подготовка к экзамену)		**9**		**9**
Вид промежуточной аттестации: Зачёт (З) Зачёт с оценкой (ЗО) Экзамен (Э)		Э		Э
ИТОГО:	часов	**144**	**36**	**108**
общая трудоемкость	зач. единиц	4	1	3

2.2. Содержание учебной дисциплины

Содержание разделов учебной дисциплины:

Семестр очн. (заочн.)	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Содержание раздела в дидактических единицах	Коды индикаторов достижения компетенций
3(2,3)	Модуль №1. Методы исследований по оптимизации.	1.1. Основные понятия, цели и задачи оптимизации. Критерии оптимизации	ПК-5.1
		1.2. Критерии и задачи оптимизации теплоэнергетических систем	ПК-5.1; ПК-5.2
		1.3. Классификация методов исследований по определению оптимальных параметров	ПК-2.1; ПК-5.1; ПК-5.2.
		1.4.Сущность физического и математического моделирования. Достоинство и недостатки математического моделирования	ПК-5.1; ПК-5.2.
		1.5. Методы исследований нелинейных уравнений	ПК-2.1
		1.6. Методы одномерной оптимизации	ПК-5.1; ПК-5.2
		1.7. Методы многомерной оптимизации. Планирование и проведение многофакторного эксперимента. Анализ результатов многофакторного эксперимента	ПК-2.1; ПК-5.1; ПК-5.2.
3(3)	Модуль №2 Использование методов оптимизации для проведения научно-исследовательских и проектно-конструкторских разработок в области теплоэнергетического оборудования	2.1. Выбор критериев и методов исследований по оптимизации теплоэнергетического оборудования	ПК-2.1; ПК-5.2.
		2.2. Анализ результатов экспериментов по выбору оптимальных параметров теплоэнергетического оборудования	ПК-2.2; ПК-5.2
		2.3. Формирование элементов технической документации на разработку оборудования теплоэнергетических систем на основе результатов проведенных исследований	ПК-2.2.

2.2.1. Разделы учебной дисциплины, виды учебной деятельности и формы контроля

Очная форма обучения

Семестр	Наименование раздела учебной дисциплины (модуля)	Виды учебной деятельности, включая самостоятельную работу студентов (в часах)					Формы текущего контроля успеваемости (*по неделям семестра)*
		Л	ЛР	ПЗ	СРС	всего	
3	Модуль №1. Методы исследований по оптимизации.	10	–	6	12	28	Контрольная работа (4 неделя семестра)
	Модуль №2 Использование методов оптимизации для проведения научно-исследовательских и проектно-конструкторских разработок в области теплоэнергетического оборудования	6	–	28	15	49	Контрольная работа (16 неделя семестра)
	Курсовой проект				40	40	Собеседование (17 неделя семестра)
	Контроль				27	27	Экзамен
	Всего:	**16**	**–**	**34**	**94**	**144**	-

Заочная форма обучения

Семестр	Наименование раздела учебной дисциплины (модуля)	Виды учебной деятельности, включая самостоятельную работу студентов (в часах)					Формы текущего контроля успеваемости (*по неделям семестра)*
		Л	ЛР	ПЗ	СРС	всего	
2,3	Модуль №1. Методы исследований по оптимизации.	6	–	4	32	42	-
3	Модуль №2 Использование методов оптимизации для проведения научно-исследовательских и проектно-конструкторских разработок в области теплоэнергетического оборудования	4	–	8	41	53	-
3	Курсовой проект				40	40	Собеседование
3	Контроль				9	9	Экзамен
	Всего:	**10**	**–**	**12**	**122**	**144**	-

2.2.2. Лабораторный практикум

Не предусмотрен

2.2.3. Практические занятия

Очная форма обучения

Семестр	Наименование раздела учебной дисциплины (модуля)	Наименование практического занятия	Всего часов
3	Модуль №1.Методы исследований по оптимизации	1.1. Изучение основ теории погрешностей	2
		1.2. Графические решения нелинейных уравнений	4
	Модуль №2 Использование методов оптимизации для проведения научно-исследовательских и проектно-конструкторских разработок в области теплоэнергетического оборудования	2.1. Определение оптимальной толщины теплоизоляционного слоя трубопроводов графо-аналитическим методом. Контрольная работа	2
		2.2. Обоснование конструкции и схемы расстановки воздухораспределителей системы воздушного отопления методом одномерной оптимизации	4
		2.3 Составление матрицы многофакторного эксперимента на примере теплонасосной установки	4
		2.4 Построение контурных поверхностей отклика целевых функций теплонасосной установки. Анализ поверхностей отклика.	4
		2.5 Формирование элементов технической документации на разработку теплонасосной установки на основе проведенных исследований	2
		2.6 Обоснование выбора типа котельного агрегата на основе машинного эксперимента	4
		2.7 Обоснование выбора геометрических параметров системы отопления «теплый пол» с использованием метода многофакторной оптимизации	4
		2.8 Формирование элементов технической документации на разработку системы отопления «теплый пол» по результатам исследований. Контрольная работа	4
ИТОГО:			**34**

Заочная форма обучения

Семестр	Наименование раздела учебной дисциплины (модуля)	Наименование практического занятия	Всего часов
3	Модуль №1.Методы исследований по оптимизации	1.1. Графические решения нелинейных уравнений	4
	Модуль №2 Использование методов оптимизации для проведения научно-исследовательских и проектно-конструкторских разработок в области теплоэнергетического оборудования	2.1. Обоснование выбора геометрических параметров системы отопления «теплый пол» с использованием метода многофакторной оптимизации	4
		2.2. Формирование элементов технической документации на разработку системы отопления «теплый пол» по результатам исследований. Контрольная работа	4
ИТОГО:			**12**

2.3. Самостоятельная работа студента

Очная форма обучения

Виды СРС:

Семестр	Наименование раздела учебной дисциплины (модуля)	Виды СРС	Всего часов
3	Модуль №1.Методы исследований по оптимизации	Изучение материала по учебникам и учебным пособиям, проработка конспекта лекций	12
3	Модуль №2 Использование методов оптимизации для проведения научно-исследовательских и проектно-конструкторских разработок в области теплоэнергетического оборудования	Изучение материала по учебникам и учебным пособиям, проработка конспекта лекций	15
		Выполнение курсового проекта	40
ИТОГО:			**67**

Заочная форма обучения

Виды СРС:

Семестр	Наименование раздела учебной дисциплины (модуля)	Виды СРС	Всего часов
2	Модуль №1.Методы исследований по оптимизации	Изучение материала по учебникам и учебным пособиям, проработка конспекта лекций	32
3	Модуль №2 Использование методов оптимизации для проведения научно-исследовательских и проектно-конструкторских разработок в области теплоэнергетического оборудования	Изучение материала по учебникам и учебным пособиям, проработка конспекта лекций	41
		Выполнение курсового проекта	40
ИТОГО:			**113**

3. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Очная форма обучения

Семестр	Виды учебной работы	Образовательные технологии	Особенности проведения занятий (индивидуальные/ групповые)
3	Лекция №1.1, 1.2, 1.5	Проблемное изложение	Групповые
	Лекция 2.1.	Проблемное изложение	Групповые
	Практические занятия 2.1.,2.2.,2.6,2.7	Решение практико-ориентированных задач.	Групповые
	Практические занятия 2.5.,2.8	Решение практико-ориентированных задач. Тренинг	Групповые

Занятия в интерактивной форме в объеме:

Лекции -8 часов
Практические занятия – 20часов

Заочная форма обучения

Семестр	Виды учебной работы	Образовательные технологии	Особенности проведения занятий (индивидуальные/ групповые)
2	Лекция №1.1, 1.2	Проблемное изложение	Групповые
3	Лекция 2.1.	Проблемное изложение	Групповые
	Практические занятия 2.1	Решение практико-ориентированных задач.	Групповые
	Практические занятия 2.2.	Решение практико-ориентированных задач. Тренинг	Групповые

Занятия в интерактивной форме в объеме:

Лекции -6 часов

практические занятия -8 часов

В исключительных случаях применяется электронное обучение и дистанционные образовательные технологии (ЭО и ДОТ), включая проведение текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации. Реализация программы дисциплины с использованием ЭО и ДОТ осуществляется по усмотрению ведущего преподавателя с учетом технических возможностей обучающихся с использованием программных средств, обеспечивающих применение элементов ЭО и ДОТ в Институте, путем синхронного и асинхронного взаимодействия, к которым могут относиться:

- электронная информационно-образовательная среда Института;
- групповая голосовая конференция в мессенджерах (Яндекс.Мессенджер, VK Teams);
- групповой чат в мессенджерах Яндекс.Мессенджер, социальной сети ВКонтакте;
- онлайн видеоконференция в Яндекс.Телемост;
- видеозаписи лекций педагогических работников Института, размещённые на различных видеохостингах (например, на каналах преподавателей) и/или облачных хранилищах (например, Яндекс.Диск).

4. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ И РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Виды контроля и аттестации, формы оценочных средств

Очная форма обучения

Семестр	Виды контроля и аттестации (ВК, ТАт, ПрАт)	Коды индикаторов достижения компетенций	Наименование раздела учебной дисциплины (модуля)	Оценочные средства		
				Форма	Кол-во вопросов и заданий	Кол-во независимых вариантов
3	ТАт	ПК-2.1. ПК-5.2	Модуль №1.Методы исследований по оптимизации	Контрольная работа	2	10
	ТАт	ПК-2.1 ПК-2.2. ПК-5.2	Модуль №2 Использование методов оптимизации для проведения научно-исследовательских и проектно-конструкторских разработок в области теплоэнергетического оборудования	Контрольная работа	2	10
		ПК-2.1 ПК-2.2. ПК-5.1 ПК-5.5	Курсовой проект			10
	ПрАт			Экзамен	3	10

Заочная форма обучения

Семестр	Виды контроля и аттестации (ВК, ТАт, ПрАт*)	Коды индикаторов достижения компетенций	Наименование раздела учебной дисциплины (модуля)	Оценочные средства		
				Форма	Кол-во вопросов и заданий	Кол-во независимых вариантов
2,3	ТАт	–	Модуль №1.Методы исследований по оптимизации	–	–	–
3	ТАт	–	Модуль №2 Использование методов оптимизации для проведения научно-исследовательских и проектно-конструкторских разработок в области теплоэнергетического оборудования	–	–	–
		ПК-2.1 ПК-2.2. ПК-5.1 ПК-5.5	Курсовой проект			10
3	ПрАт			Экзамен	3	10

* ВК-входной контроль; ТАт–текущая аттестация, ПрАт–промежуточная аттестация

4.2. Примерные темы курсовых проектов

1. Оптимизация параметров теплообменных аппаратов
2. Оптимизация схемы газораспределительной сети
3. Обоснование выбора и оптимальной схемы расстановки воздухораспределителей системы воздушного отопления
4. Оптимизация параметров и режимов работы теплонасосной установки
5. Обоснование выбора оптимального материала и толщины теплоизоляционного слоя для трубопроводов
6. Выбор оптимальной схемы расположения ГИИ для отопления помещения павильонного типа
7. Обоснование схемы тепловых сетей с учетом надежности теплоснабжения
8. Обоснование выбора типа котельного агрегата для теплоснабжения школьного комплекса.

Пример задания

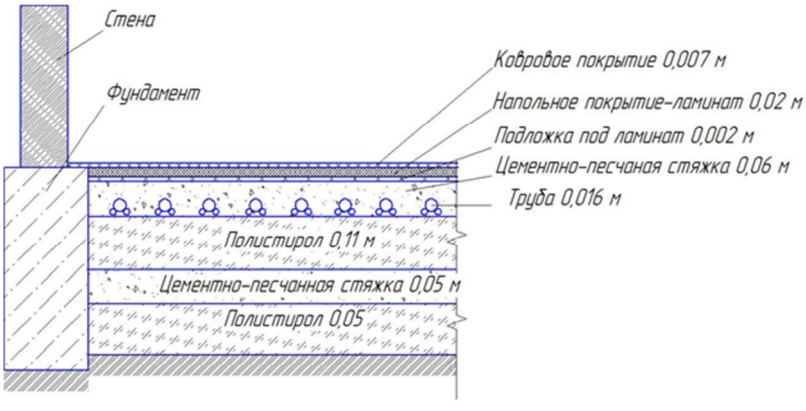
Задание на курсовой проект по дисциплине

«Оптимизация параметров теплоэнергетических установок»

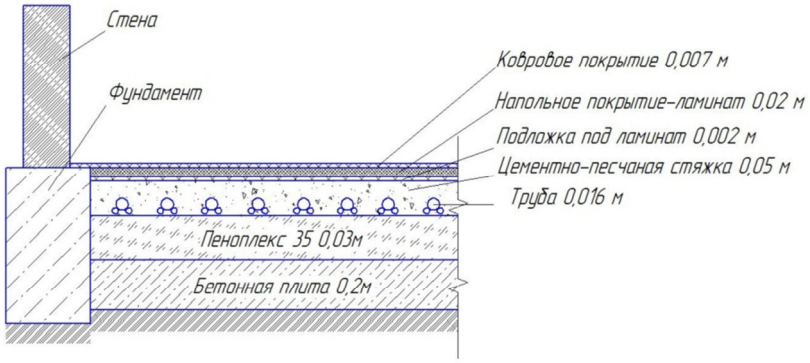
Определить на основе многофакторного машинного эксперимента оптимальный вариант на конструктивного исполнения системы отопления «теплый пол» для помещения детского сада расположенном на территории Ростовской области.

За критерий оптимизации принять наименьшие энергетические затраты на перемещение теплоносителя при обеспечении требуемой величины теплового потока. По результатам проведенных исследований представить исходные данные для составления технического задания на разработку системы отопления «теплый пол»

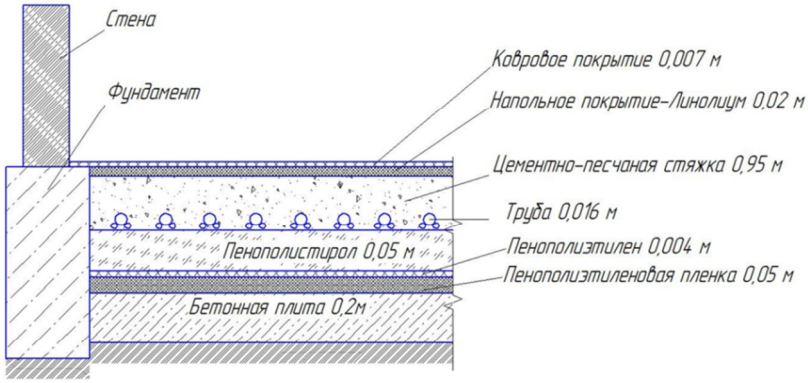
Рассмотреть следующие варианты конструктивного исполнения системы отопления «теплый пол»



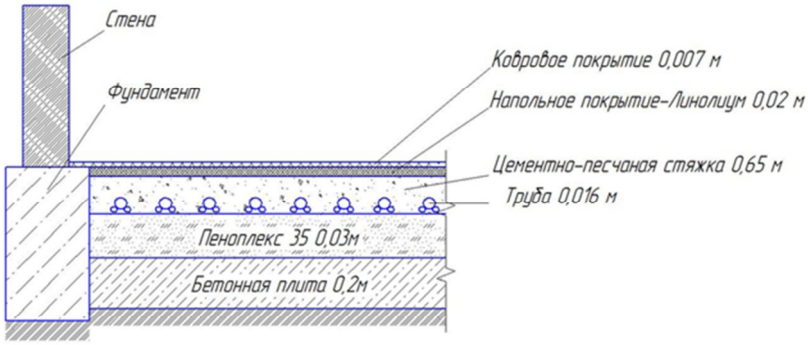
Конструкция 1



Конструкция 2



Конструкция 3



Конструкция 4

Исходные данные

Размеры помещения детского сада	10х6х3,6м
Тепловая мощность системы отопления помещения	4050Вт
Способ укладки	«Улитка»
Диапазон диаметров полипропиленовых труб, м	0,1-0,5
Шаг укладки полипропиленовых труб,м	0,1-0,5м

В пояснительной записке также должны быть рассмотрены следующие вопросы:

1. Сравнительный анализ систем традиционного отопления и системы отопления «теплый пол»;
2. Конструктивные особенности систем отопления «теплый пол»;
3. Анализ конструкций теплых полов;
4. Оптимизация обвязки

Графическая часть

Формат А1	1.	Конструктивное исполнение теплых полов
Формат А1	2.	Поверхность отклика зависимости теплового потока от термического сопротивления и шага укладки при постоянном диаметре трубопровода Поверхность отклика зависимости теплового потока от термического сопротивления и диаметра трубопровода при постоянном шаге
Формат А1	3.	Поверхность отклика зависимости средней температуры от диаметра трубопровода и шага укладки при постоянном термическом сопротивлении Поверхность отклика зависимости средней температуры от термического сопротивления пола и шага укладки при постоянном диаметре трубопровода

Задание выдал _____

4.3. Примерные темы рефератов

Не предусмотрены.

4.4. Тесты промежуточного контроля

Не предусмотрены.

4.4.1. Ключи к тестам

Не предусмотрены.

4.5 Тесты текущего контроля

Не предусмотрены.

4.5.1. Ключи к тестам

Не предусмотрены.

4.6. Варианты контрольных заданий

Вариант контрольного задания по модулю «Методы исследований по оптимизации»

1.Определить абсолютную и относительную погрешности приближенного числа а=98,135, если оно содержит только верные цифры в узком смысле.

2. Построить матрицу планирования двухфакторного эксперимента для определения оптимального типа котельной установки, если уровни варьирования факторов находятся в пределах Фгвс =50…150кВт, Фот=700…900кВт

Вариант контрольного задания по модулю «Использование методов оптимизации для проведения научно-исследовательских и проектно-конструкторских разработок в области теплоэнергетического оборудования»

1.Определить при каком диаметре кожуха теплообменника получается наименьшая площадь теплопередающей поверхности. Внутри латунных трубок с наружным диаметром 25мм происходит переход хладоагента из жидкого в парообразное состояние. Тепловая мощность испарителя составляет Ф=31кВт

Таблица 1. Данные к расчету коэффициента теплопередачи

$Pr_ж$	4,5875	Давление кипения P_0, бар	3,58
$Pr_{ст}$	6,22	A	0,5
$\lambda_ж$, $\frac{Вт}{м \cdot ^0 C}$	0,63	m	0,5
$\lambda_{ст}$ $\frac{Вт}{м \cdot ^0 C}$	384	n	0,38
$\Delta tср, ^0C$	12,5	r	0,3

Таблица 2. Характеристика кожухотрубных испарителей

Диаметр кожуха, $D_{кож}$, м	0,8	1,0	1,2	1,6	1,4
Количество трубок, n, шт	134	220	310	572	134
Скорость движения воды в межтрубном пространстве	0,0398	0,0259	0,179	0,0102	0,00345

2. Укажите критерии оптимизации для системы отопления «теплый пол» и необходимые исходные данные для формирования технической документации на разработку данной системы отопления.

.

4.7. Вопросы к экзамену

№ вопроса	Вопросы	Коды индикаторов достижения компетенций
1	2	3
1	Основные понятия и определения теории оптимизации	ПК-5.1
2	Схемы решения оптимизационных задач	ПК-5.1
3	Задачи оптимизации теплоэнергетической системы	ПК-5.1 ПК-5.2.
4	Построение целевой функции и выбор критериев эффективности теплоэнергетических установок	ПК-5.1. ПК-5.2.
5	Классификация методов исследований по определению оптимальных параметров	ПК-2.1. ПК-5.1 ПК-5.2.

1	2	3
6	Сущность физического и математического моделирования. Достоинство и недостатки математического моделирования	ПК-5.1 ПК-5.2.
7	Основы теории погрешностей	ПК-5.2.
8	Методы исследования нелинейных уравнений. Графическое решение нелинейных уравнений. Метод половинного деления и метод хорд	ПК-2.1.
9	Методы исследования нелинейных уравнений. Численное решение нелинейных уравнений. Метод итерации и метод Ньютона	ПК-2.1.
10	Методы одномерной оптимизации. Метод матанализа и метод перебора	ПК-5.1 ПК-5.2.
11	Методы одномерной оптимизации .Метод дитохомии и метод золотого» сечения	ПК-5.1 ПК-5.2.
12	Методы одномерной оптимизации. Метод средней точки и метод парабол	ПК-5.1 ПК-5.2.
13	Метод многомерной оптимизации. Построение матрицы планирования эксперимента	ПК-2.1.
14	Метод многомерной оптимизации. Выбор данных для проведения машинного эксперимента	ПК-2.1. ПК-5.1 ПК-5.2.
15	Теоретическое обобщение контурных поверхностей целевой функции	ПК-5.2.
16	Выбор критериев и методов исследований для определения оптимальных параметров трубопроводов тепловых сетей	ПК-2.1. ПК-5.2.
17	Выбор критериев оптимизации для теплообменных аппаратов	ПК-2.1. ПК-5.2.
18	Анализ результатов экспериментов по выбору оптимальных температурных напоров теплообменных аппаратов	ПК-2.2. ПК-5.2.
19	Формирование элементов технической документации на разработку теплообменных аппаратов на основе проведенных исследований по температурным напорам	ПК-2.2.
20	Выбор критериев и методов исследований по оптимизации систем водяного отопления.	ПК-2.1. ПК-5.2
21	Использование метода многомерной оптимизации для определения геометрических параметров систем водяного отопления	ПК-2.1. ПК-5.2
22	Формирование элементов технической документации на разработку системы водяного отопления на основе результатов проведенных исследований	ПК-2.2.
23	Выбор критериев и методов исследований по оптимизации параметров систем воздушного отопления	ПК-2.1. ПК-5.2
24	Формирование элементов технической документации на разработку системы воздухораспределения на основе результатов проведенных исследований	ПК-2.2.
25	Выбор критериев и методов исследований по оптимизации параметров систем лучистого отопления	ПК-2.1. ПК-5.2

1	2	3
26	Выбор критериев и методов исследований по оптимизации параметров теплонасосных установок	ПК-2.1. ПК-5.2
27	Анализ результатов экспериментов по определению оптимальных параметров теплонасосных установок.	ПК-5.2.
28	Формирование элементов технической документации на разработку теплонасосных установок на основе проведенных исследований	ПК-2.2.
29	Выбор критериев и методов исследований по оптимизации параметров систем удаления дымовых газов	ПК-2.1. ПК-5.2
30	Моделирование тепловой схемы котельной и ее анализ	ПК-2.1. ПК-5.2.

Примерные варианты экзаменационных задач

1.Выбрать оптимальную толщину теплоизоляционного слоя трубопровода для следующих условий

Параметр	Значение
Способ прокладки теплотрассы	Надземный
Расчетная температура теплоносителя при работе сетей в отопительный период, t_1, ^oC	65
Температура окружающей среды при круглогодичной работе теплотрассы, ^oC	0,2
Диаметр трубопровода тепловых сетей, $d_{в.и}$,м	0,108
Коэффициент теплопроводности изоляционного слоя, λ, $\frac{Вт}{м\cdot^0 C}$	0,033
Коэффициент теплопередачи поверхности изоляции, α, $\frac{Вт}{м^2\cdot^0 C}$	15
Допустимые потери теплоты, q, $\frac{Вт}{м}$	60

2. Построить матрицу двухфакторного эксперимента для определения оптимальных параметров теплонасосной установки, работающей на альтернативном холодильном агенте, если уровни варьирования факторов находятся в пределах температура кипения t_0= =-15…-35^{0}C, а температура конденсации $t_к$=40…60^{0}C

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1. Основная литература

№ п\п	Наименование	Авторы	Год и место издания	Используется при изучении разделов (модулей)	Количество экземпляров	
					В библиотеке	На кафедре
1	Теплотехническое оборудование	Боровков В.М.	М.;Академия, 2011	2	10	-
2.	Моделирование и оптимизация промышленных теплоэнергетических установок: учебник [Электронный ресурс]. – URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=564841	Авдюнин Е. Г.	Москва, Вологда: Инфра-Инженерия, 2019-185с.	1,2	+	+
3	Методы оптимизации. Ч. 1. Конечномерные задачи оптимизации. Принцип максимума. Динамическое программирование. - [Электронный ресурс]. - URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=63313	Васильев Ф.П.	М : МЦНМО, 2011. 620 с.	1	+	+
4	Методы оптимизации [Электронный ресурс]. - URL: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=239827	Кремлёв А.Г.	Екатеринбург Издательство Уральского университета, 2012. -	1	+	+

5.2. Дополнительная литература

№ п\п	Наименование	Авторы	Год и место издания	Используется при изучении разделов (модулей)	Количество экземпляров	
					В библиотеке	На кафедре
1	3	4	5	6	7	8
1	Методика полевого опыта	Доспехов Б.А.	М:Книга по требованию, 2012.-352с.	1,2	8	-
2	Таблицы теплофизических свойств воды и водяного пара	Александров А.А., Григорьев Б.А.	М.;Из-во МЭИ,2006	2	25	15
3	Моделирование и оптимизация объектов и процессов : учебное пособие для магистрантов / [Электронный ресурс]. - URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=480963	Смирнов Г.В.	Томск : ТУСУР, 2016. - 216 с.	1	+	+
4	Оптимизация режимов электростанций и энергосистем : [Электронный ресурс]. - URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=438316	Филиппова Т.А., Сидоркин Ю.М., Русина А.Г.;	Новосибирск : НГТУ, 2016. - 359 с.	2	+	+
5	Оптимизация систем автоматизации теплоэнергетических процессов : Ч. 1. Автоматические системы регулирования теплоэнергетических процессов с аналоговыми регуляторами. -: [Электронный ресурс]. - URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=436022	Новиков, С.И.	НГТУ, 2011. - 284 с.	2	+	+
6	Модели и методы оптимизации: Практикум ISBN 978-5-7782-1983-0 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=228848	Казанская О.В., Юн С.Г., Альсова О.К.;	Новосибирск : НГТУ, 2012. - 204 с. -	1	+	+

1	3	4	5	6	7	8
7.	Методы оптимизации : учебное пособие// [Электронный ресурс].: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=720347	В. М. Поляков, З. С. Агаларов	Москва : Дашков и К°, 2024. – 86 с.	1	+	+
8.	Планирование и постановка научного эксперимента : учебно-методическое пособие http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=274057	Мусина О.Н.	Москва ; Берлин : Директ-Медиа, 2015. - 88 с	1	+	+
9.	ГОСТ 15.016-2016 Система разработки и постановки продукции на производство (СРПП). Техническое задание. Требования к содержанию и оформлению [Электронный ресурс]. - URL: http://docs.cntd.ru/document/1200144624			2	+	+
10.	ГОСТ 7.32-2017 СИБИД. Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления (с Поправками) [Электронный ресурс]. - URL: http://docs.cntd.ru/document/1200157208			2	+	+

5.3. Профессиональные базы данных, информационные справочные системы и Интернет-ресурсы

1. Университетская библиотека онлайн. Электронно-библиотечная система – https://biblioclub.ru
2. Издательство Лань. Электронно-библиотечная система – https//e.lanbook.com
3. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU – http://elibrary.ru
4. База данных издательства Springer Nature «Российский фонд фундаментальных исследований» – http://www.rfbr.ru
5. Журнал «Отопление, вентиляция, кондиционирование» –https://www.abok.ru
6. Электронный фонд правовой и нормативно-технической докумениации -http://docs.cntd.ru/
7. Журнал «Теплоэнергетика» http://tepen.ru
8. Журнал «Энергетик» http://www.energetik.energy-journals.ru/index.php/EN
9. Информационная система по теплоснабжению РосТепло.RU - https://www.rosteplo.ru

Информационные технологии

Электронная информационная образовательная среда института обеспечивает доступ к учебным планам, рабочим программам дисциплин (модулей), программам практик, электронным учебным изданиям и электронным образовательным ресурсам, указанным в рабочих программах дисциплин (модулей), программах практик; формирование электронного портфолио обучающегося, в том числе сохранение его работ и оценок за эти работы. Предусмотрена возможность взаимодействия студентов и преподавателей посредством технологий по пересылке и получению электронных сообщений.

5.4. Программное обеспечение учебного процесса

LibreOffice;
Аскон Компас 14.

5.5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся

№ п\п	Вид самостоятельной работы	Авторы	Наименование	Год и место издания
1	2	3	4	5
1	Подготовка к лекционным и практическим занятиям	Авдюнин Е. Г.	Моделирование и оптимизация промышленных теплоэнергетических установок: учебник [Электронный ресурс]. URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=564841-	Москва, Вологда: Инфра-Инженерия, 2019-185с.-.
2	Подготовка к лекционным занятиям	Кремлёв А.Г.	Методы оптимизации [Электронный ресурс]. - URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=239827	Екатеринбург Издательство Уральского университета, 2012. -
3	Подготовка к практическим занятиям	Доспехов Б.А.	Методика полевого опыта	М:Книга по требованию, 2012
4	Подготовка к практическим занятиям	Казанская О.В., Юн С.Г., Альсова О.К.;	Модели и методы оптимизации: Практикум ISBN 978-5-7782-1983-0 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=228848	Новосибирск : НГТУ, 2012. -
5	Подготовка к практическим занятиям		ГОСТ 15.016-2016 Система разработки и постановки продукции на производство (СРПП). Техническое задание. Требования к содержанию и оформлению [Электронный ресурс]. - URL: http://docs.cntd.ru/document/1200144624	

1	2	3	4	5
6	Подготовка к практическим занятиям		ГОСТ 7.32-2017 СИБИД. Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления (с Поправками) [Электронный ресурс]. - URL: http://docs.cntd.ru/document/1200157208	
7	Подготовка к практическим занятиям	Мусина О.Н.	Планирование и постановка научного эксперимента : учебно-методическое пособие / [Электронный ресурс]. - URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=274057	Москва ; Берлин : Директ-Медиа, 2015. - 88 с
8	Подготовка к практическим занятиям Выполнение курсового проекта	Токарева А.Н. Грачева Н.Н. Панченко С.В. Демченко М.С.	Использование метода многофакторной оптимизации для определения рациональных параметров теплоэнергетических установок [Электронный ресурс]: методические указания/ А.Н. Токарева, Н.Н. Грачева, С.В. Панченко, М.С. Демченко. –Зерноград: Азово-Черноморский инженерный институт ФГБОУ ВО Донской ГАУ, 2021. – 28 с. – Режим доступа: Локальная сеть Библиотеки Азово-Черноморского инженерного института ФГБОУ ВО Донской ГАУ. http://ачии.рф/files/8481e4f6-bdf9-4663-89fc-ed6495f2c500.pdf	Зерноград: Азово-Черноморский инженерный институт ФГБОУ ВО Донской ГАУ, 2021

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы
5-205 Аудитория для лекционных, семинарских, практических занятий и консультаций. Аудитория для текущего контроля и промежуточной аттестации. 347740, Ростовская обл., Зерноградский район, г. Зерноград, ул. Советская, дом №15/4.	Комплект учебной мебели Экран для проектора, доска меловая. Посадочных мест 24.
6-222 Аудитория для лекционных, семинарских, практических занятий и консультаций. Аудитория для текущего контроля и промежуточной аттестации. 347740, Ростовская обл., Зерноградский район, г. Зерноград, ул. Советская, дом №15/4.	Комплект учебной мебели . Переносной комплект мультимедийного оборудования: проектор мультимедийный, экран на треноге (или настенный), ноутбук . Доска меловая. Посадочных мест 30.
6-224 Аудитория для лекционных, семинарских, практических занятий и консультаций. Аудитория для текущего контроля и промежуточной аттестации. 347740, Ростовская обл., Зерноградский район, г. Зерноград, ул. Советская, дом №15/4.	Комплект учебной мебели Переносной комплект мультимедийного оборудования: проектор мультимедийный, экран на треноге (или настенный), ноутбук. Доска меловая. Посадочных мест 30.
2-252 Читальный зал для самостоятельной работы 347740, Ростовская обл., Зерноградский район, г. Зерноград, ул. Советская, дом №28/30.	15 рабочих мест для самостоятельной работы, объединенные в локальную сеть с выходом в сеть Internet. Системный блок Core i3 3,06 Ггц , 2Gb, 250Gb HDD – 5 шт. Системный блок Celeron J3060 1,6 Ггц, 4 Gb, 128 Gb SSD - 10 шт. монитор Phillips 2205– 5 шт, монитор Samsung SyncMaster 923m - 10шт принтер Epson LX-1170 Посадочных мест 114
2-170б Электронный читальный зал для самостоятельной работы 347740, Ростовская обл., Зерноградский район, г.	Посадочных мест 10 для самостоятельной работы, объединенных в локальную сеть с выходом в сеть Internet, с доступом к

Зерноград, ул. Советская, дом №28/30.	электронно-библиотечной системе «Лань» и ЭБС «Университетская библиотека онлайн», СПС «КонсультантПлюс: ВерсияПроф». Ведётся медиатека – имеется 1458 электронных текстов изданий. Системный блок С2,8Ггц, 1 GB, 80 GB HDD – 1 шт. Системный блок С2,8Ггц, 512 МБ, 80 GB HDD – 9 шт. Монитор Samsung 920NW – 10 шт. Коммутатор Dlink – 1 шт. Сканер EPSON – 1 шт.
2-170а Отдел научно-технической и социально-гуманитарной литературы, МБА для самостоятельной работы. 347740, Ростовская обл., Зерноградский район, г. Зерноград, ул. Советская, дом №28/30.	Посадочных мест 2 для самостоятельной работы, объединенных в локальную сеть с выходом в сеть Internet. Системный блок Core i3 540 3,06 Ггц , 2Gb, 250Gb HDD – 1шт. Системный блок С2,8Ггц , 512 Mb, 160Gb HDD – 1 шт., монитор Samsung 920NW– 1 шт, монитор Phillips 2205– 1 шт, принтер HP LJ 1150 МФУ Kyocera Taskalfa 180
5-217 Помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования. 347740, Ростовская обл., Зерноградский район, г. Зерноград, ул. Советская, дом №15/4.	Специализированная мебель и оборудование для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования

7. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Вид учебных занятий	Организация деятельности студента
Лекции	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; помечать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, справочников. Обозначить вопросы, термины, материал, который вызывает трудности, пометить и попытаться найти ответ в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удается разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на консультации.
Практические занятия	Проработка рабочей программы, уделяя особое внимание целям и задачам, структуре и содержанию дисциплины. Конспектирование источников. Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы и др. Решение задач по алгоритму.
Курсовой проект	Курсовой проект: изучение научной, учебной, нормативной и другой литературы. Отбор необходимого материала; формирование выводов и разработка конкретных рекомендаций по решению поставленной цели и задачи; проведение практических расчетов.
Подготовка к экзамену	При подготовке к экзамену необходимо ориентироваться на конспекты лекций, рекомендуемую литературу