

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



УТВЕРЖДАЮ  
Проректор  
по учебно-методической работе

А.А.Панфилов

« 12 » февраля 2015 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

«Термоупругость»

Направление подготовки 13.04.03 – энергетическое машиностроение

Профиль/программа подготовки – двигатели внутреннего сгорания

Уровень высшего образования – магистратура

Форма обучения очная

Се- местр	Трудоемкость зач. ед./ час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	СРС, час.	Форма проме- жуточного кон- троля (экз./зачет)
2	3/108	18	18	18	54	Зач., КП
Итого	3/108	18	18	18	54	Зач., КП

Владимир 2015

*Мед*

## **ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

**Целями освоения дисциплины «Термоупругость» является:**

- ознакомление студентов с применяемыми в инженерных расчетах и научных исследованиях расчетом теплонапряженных конструкций;
- формирование научно обоснованного подхода к выбору расчетных схем и методов проведения методов расчетов таких конструкций;
- обучение умениям обеспечить требуемые качественные результаты, полученные в результате численного расчета;
- научить правильно анализировать полученные результаты расчета и выбирать оптимальные варианты по выбранным критериям;
- воспитании ответственности за правильное и рациональное оформления результатов расчета.

### **Задачи дисциплины:**

- ознакомить студентов с методами расчета термочечности в области энергетического машиностроения;
- обучить студентов основополагающим закономерностям обработки результатов расчетных исследований в энергетическом машиностроении при расчете температурных напряжений;
- сформировать навыки наиболее оптимального метода расчета по выбранным критериям;
- сформировать у студентов навыки и умения по организации проведения расчетных исследований прочности, как в процессе обучения, так и в производственных условиях.

## **1. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО**

Дисциплина «Термоупругость» в структуре программы магистратуры относится к блоку 1 вариативной (профильной) части дисциплин (модулей), устанавливаемых вузом.

Вариативная (профильная) часть дает возможность расширения и углубления знаний, умений, навыков и компетенций, определяемых содержанием базовых (обязательных) дисциплин (модулей), позволяет студенту получить углубленные знания, навыки и компетенции для успешной профессиональной деятельности или обучения в аспирантуре.

Для успешного изучения курса студенты должны быть знакомы с основными положениями следующих дисциплин: «Теоретическая механика» (разделы: условия равновесия, динамика систем), «Механика материалов и конструкций» (разделы: напряженное и деформированное состояние, главные напряжения, расчеты на прочность при одноосном и сложном напряженных состояниях), «Математика» (разделы: дифференцирование и интегрирование, дифференциальные уравнения, матрицы, ряды, алгебра), «Численные методы расчета в энергомашиностроении» (разделы: изгиб тонких пластинок, метод сеток, понятие о вариационных методах расчета, метод конечных элементов), информатики (использование стандартных программ Microsoft Office Excel и др.).

Дисциплина «Термоупругость» дает студентам представление о методах организации и проведения расчетных исследований. Для понимания появления погрешности при выборе расчетной модели студенты должны вспомнить сведения о разделах механики твердого деформируемого тела.

Материал дисциплин профессионального цикла позволяет студентам обоснованно назначить измеряемые параметры и показатели, а полученные знания по информатике – правильно обработать результаты экспериментальных исследований с помощью прикладных программ на ПЭВМ.

Дисциплина «Термоупругость» закладывает основы для выполнения научных исследований при подготовке магистерской диссертации.

## 2. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

- способностью формулировать цели и задачи исследования, выявлять приоритеты решения задач, выбирать и создавать критерии оценки (ОПК-1);
- способностью использовать современные технологии проектирования для разработки конкурентоспособных энергетических установок с прогрессивными показателями качества (ПК-3);
- способностью использовать знания теоретических и экспериментальных методов научных исследований, принципов организации научно-исследовательской деятельности (ПК-4).

В результате изучения дисциплины студент должен:

*знать:*

- основные методы постановки целей и задач исследования, приоритеты при решении задач;
- основные методы технологии проектирования в энергетическом машиностроении;
- теоретические и экспериментальные методы научных исследований, принципы организации научно-исследовательской деятельности

*уметь:*

- формулировать цели и задачи исследования, выявлять приоритеты решения задач, выбирать и создавать критерии оценки
- применять современные технологии проектирования для разработки конкурентоспособных энергетических установок;
- использовать знания теоретических и экспериментальных методов научных исследований, принципов организации научно-исследовательской деятельности

*владеть:*

- способностью формулировать цели и задачи исследования, выявлять приоритеты решения задач, выбирать и создавать критерии оценки;
- современными технологиями проектирования для разработки конкурентоспособных энергетических установок с прогрессивными показателями качества;
- знаниями теоретических и экспериментальных методов научных исследований, принципов организации научно-исследовательской деятельности.

## 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы, 108 часов (2 семестр).

### 4.1. Общеобразовательные модули дисциплины

№ п/п	Раздел (тема) 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 (по неделям семестра), форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Контрольные работы	СРС	КП / КР		
1	2	2	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Основные уравнения термоупругости в прямоугольных декартовых координатах.	2	1	1	-			6		-	
2	Основные уравнения термоупругости в цилиндрических и сферических координатах. Уравнения термоупругости в перемещениях	2	2-3	2	2			10		2/50	

	и напряжениях.										
3	Основные уравнения термопластичности (деформационная теория).	2	4-5	2	2			8		2/50	
4	Физические уравнения термопластичности (теория течения).	2	6-7	2	2			8		2/50	Рейтинг-контроль №1
5	Особенности деформации ползучести при одноосном напряженном состоянии. Краткие сведения об основных теориях ползучести.	2	8-9	2	2			8		2/50	
6	Знакопеременная термопластичность. Циклическая термопластичность.	2	10-11	2	2			8		2/50	Рейтинг-контроль №2
7	Ползучесть при произвольно меняющихся напряжениях и температурах.	2	12-13	2	2			8		1/25	
8	Циклическая ползучесть.	2	14-15	3	4			8		2/50	
9	Длительная прочность.	2	16-17	2	2			8		2/50	Рейтинг-контроль №3
<b>Всего за семестр</b>				<b>18</b>	<b>18</b>	<b>18</b>	<b>–</b>	<b>54</b>	<b>КП</b>	<b>15/41,6</b>	<b>Зач., КП</b>

#### **4. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ДИСЦИПЛИНЫ**

С целью формирования и развития профессиональных навыков у студентов при проведении лекций и практических занятий, а также при руководстве самостоятельной работой применяются следующие образовательные технологии.

При проведении лекционных занятий используются электронные средства обучения (ЭСО), разработанного кафедрой. Вид ЭСО – комплект компьютерных слайдов в формате ppt. в количестве 148 единиц. Перед началом каждой лекции лектор напоминает студентам о тех вопросах, которые были рассмотрены на предыдущих занятиях (лекциях и практических занятиях), а после этого ставим перед аудиторией задачи, которые следует решить.

При проведении практических занятий используются модульное обучение, при котором каждый модуль начинается: а) с входного контроля знаний и умений (для определения уровня готовности обучаемых к предстоящей самостоятельной работе); б) с выдачи индивидуального задания, основанного на таком анализе. Заданием являются: расчетно-графические задания, контрольная работа и письменные опросы. Модуль всегда должен заканчиваться контрольной проверкой знаний. Контролем промежуточным и выходным проверяется уровень усвоения знаний и выработки умений в рамках одного модуля или нескольких модулей. Затем – соответствующая доработка, корректировка, установка на следующий «виток», т.е. последующий модуль.

Часто на практических занятиях используются методы проблемного обучения. Схема проблемного обучения, представляется как последовательность процедур, включающих: постановку преподавателем учебно-проблемной задачи, создание для студентов проблемной ситуации; осознание, принятие и разрешение возникшей проблемы, в процессе которого они овладевают обобщенными способами приобретения новых знаний; применение данных способов для решения конкретных задач.

При использовании модульного обучения повышается качество обучения за счет того, что все обучение направлено на отработку практических навыков; компетенция определяет необходимые личностные качества; сокращение сроков обучения; реально осуществляется индивидуализация обучения при реальной возможности создания индивидуальных программ обучения; быстрая адаптация учебно-методического материала к изменяющимся условиям, гибкое реагирование.

При этом соблюдается постоянная обратная связь преподавателя и студента. Например, выборочно задается студентам вопрос по некоторым изучаемым в модуле вопросам и

студенты дают свои варианты ответов. В этом случае обеспечивается активная роль студентов на занятиях, так как отвечать на вопросы может каждый.

Усвоение студентами знаний, добытых в ходе активного поиска и самостоятельного решения проблем более прочные, чем при традиционном обучении. Кроме того, при таком обучении происходит воспитание активной, творческой личности студента, умеющего видеть и решать нестандартные профессиональные проблемы.

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

Для подготовки студентов к самостоятельной работе каждому студенту выдается индивидуальное задание, которое он должен выполнить самостоятельно. Одна из типовых задач решается совместно с преподавателем.

### **6.1. Темы практических занятий**

1. Решение общих уравнений термоупругости.
2. Физические уравнения термоупругости.
3. Решение задач термоупругости при переменных упругих характеристиках.
4. Деформационная теория термопластичности.
5. Расчеты при укрупненных этапах нагружения.
6. Решение с использованием обобщенной теории неизотермического пластического течения.
7. Использование аппроксимирующих формул и упрощенный расчет неустановившейся стадии ползучести.
8. Решение связанной теории термоупругости.

### **6.2. Темы лабораторных работ**

1. Введение в современные программные комплексы – 2 ч.
2. Подготовка конечно-элементной модели поршня – 2 ч.
3. Команды построения геометрии – 4 ч.
4. Команды задания типа конечных элементов и физико-механических свойств материала – 4 ч.
5. Анализ конечно-элементной модели и ее оптимизация – 2 ч.
6. Задание граничных условий – 2 ч.
7. Анализ результатов расчетов – 2 ч.

### **6.3. Содержание курсового проекта**

**Выполнение курсового проекта включает:**

Исследование теплового и напряженного состояния (ТНДС) поршня дизеля по данным расчета цикла на двух режимах: максимального крутящего момента и номинальном. При этом учитываются следующие виды нагружения:

- ✓ температурное поле на режиме номинальной мощности и холостого хода;
- ✓ газовые силы;
- ✓ силы инерции;
- ✓ контакт поршневого пальца с шатуном и поршнем;
- ✓ физическая нелинейность материалов деталей поршневой группы.

### **6.4. Самостоятельная работа студентов**

Самостоятельная работа студентов по изучению дисциплины «Термоупругость» включает следующие виды работ:

- изучение материала, вынесенного на лекции;
- изучение материала, вынесенного на практические занятия;
- изучение материала, вынесенного на самостоятельное изучение;
- подготовка и выполнение под руководством преподавателя курсового проекта или индивидуальных работ;
- подготовка к экзаменам.

Студенты дневной формы обучения изучают дисциплину «Термоупругость» на лекциях и практических занятиях, а также самостоятельно. Одним из видов самостоятельной практической работы, на которой происходит углубление и закрепление теоретических знаний студентов в интересах их профессиональной подготовки, являются краткий опрос на лекции по пройденной теме, практические занятия и самостоятельная работа, подготовка к экзаменам.

Все эти работы имеют цели:

- углубить и закрепить знание теоретического курса;
- приобрести навыки в анализе результата расчетов и составлении отчетов по ним;
- приобрести первичные навыки организации, планирования и проведения научных исследовательских работ.

Таким образом, самостоятельная работа предназначена не только для овладения каждой дисциплиной, но и для формирования навыков самостоятельной работы вообще, в учебной, научной, профессиональной деятельности, способности принимать на себя ответственность, самостоятельно решить проблему, находить конструктивные решения, выход из кризисной ситуации и т.д.

#### **Вопросы для самостоятельного изучения**

1. Какие допущения используются в теории термоупругости?
2. Зависит ли температурное поле в упругом теле от его напряженно-деформированного состояния?
3. Что такое принцип суперпозиции?
4. Какие инварианты напряжений и деформаций используются в теории термоупругости?
5. Принцип решения термоупругости при переменных упругих характеристиках.
6. Что такое деформационная теория термопластичности?
7. Что такое метод переменных параметров упругости?
8. Что такое поверхности неизотермического пластического деформирования?
9. Метод переменных параметров упругости.
10. Изменение теории неизотермического течения.

### **6.5. Задание на рейтинг-контроль**

#### **1-й рейтинг-контроль**

1. Зависит ли температурное поле тела от его напряженно-деформированного состояния?
2. Можно ли считать температурное поле заданным на основании экспериментальных измерений или расчетов по уравнениям теплопроводности?
3. Какие физические уравнения термоупругости используются при решении задач?
4. Решение задач термоупругости при переменных упругих характеристиках.
5. Для чего при решении задач термоупругости используют переменные упругие характеристики?
6. Приведите основные уравнения теории пластического течения.
7. Что такое поверхность неизотермического пластического деформирования.
8. В условиях сложного напряженного состояния какие предположения используются в деформационной теории пластичности.
9. Превышает ли пластическая деформация упругую?

#### **2-й рейтинг-контроль**

1. Что такое метод переменных параметров упругости?
2. Что такое метод дополнительных деформаций?
3. Что такое метод дополнительных объемных деформаций?
4. Как различаются кривые деформирования при растяжении с постоянной температурой и постоянным напряжением?
5. Как ведутся расчеты при укрупненных этапах нагружения?
6. Как меняется мгновенный предел текучести в зависимости от пути нагружения.
7. Что такое ползучесть? Когда она проявляется?

### 3-й рейтинг-контроль

1. Установившаяся ползучесть.
2. Теория старения и течения.
3. Теория изотропного упрочнения.
4. Использование аппроксимирующих формул и упрощенный расчет неустановившейся стадии ползучести.
5. Уравнения связанной задачи термоупругости.
6. Энергетические соотношения термоупругости.
7. Знакопеременное нагружение при меняющейся температуре.
8. Теория неизотропного пластического течения с линейным анизотропным упрочнением.
9. Теория неизотропного пластического течения с нелинейным анизотропным упрочнением.
10. Изотермические циклы при одноосном напряженном состоянии.

#### 6.6. Контрольные вопросы к зачету

1. Температурное поле тела при произвольном напряженно-деформированном состоянии.
2. Определение температурного поля на основании экспериментальных измерений или расчетов по уравнениям теплопроводности.
3. Физические уравнения термоупругости.
4. Решение задач термоупругости при переменных упругих характеристиках.
5. Основные уравнения теории пластического течения.
6. Поверхность изотермического пластического деформирования.
7. Метод переменных параметров упругости.
2. Метод дополнительных деформаций.
3. Метод дополнительных объемных деформаций.
4. Кривые деформирования при растяжении с постоянной температурой и постоянным напряжением.
5. Расчеты при укрупненных этапах нагружения.
6. Мгновенный предел текучести в зависимости от пути нагружения.
7. Установившаяся ползучесть.
8. Теория старения и течения.
9. Теория изотропного упрочнения.
10. Использование аппроксимирующих формул и упрощенный расчет неустановившейся стадии ползучести.
11. Уравнения связанной задачи термоупругости.
12. Энергетические соотношения термоупругости.
13. Знакопеременное нагружение при меняющейся температуре.
14. Теория неизотропного пластического течения с линейным анизотропным упрочнением.
15. Теория неизотропного пластического течения с нелинейным анизотропным упрочнением.
16. Изотермические циклы при одноосном напряженном состоянии.

### 7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

а) основная литература:

1. Гоц А.Н. Численные методы расчета в энергомашиностроении; учеб. пособие. В 2 частях. Изд. второе, исп. и доп. Ч.1, 151 с. 2012 г., Владим. гос. ун-т имени А.Г. и Н.Г. Столетовых. – Владимир: Изд-во ВлГУ. (**грифом УМО**).

2. Гоц А.Н. Численные методы расчета в энергомашиностроении; учеб. пособие. В 2 частях. Изд. второе, исп. и доп. Ч.2, 2013 г., 180 с; Владим. гос. ун-т имени А.Г. и Н.Г. Столетовых. – Владимир: Изд-во ВлГУ. (**с грифом УМО**).

3. Гоц А.Н. Численные методы расчета в энергомашиностроении: учебное пособие. – 3-е изд., испр. и доп. – М.:ФОРУМ; инфра-м, 2015. – 350 с. (с грифом УМО).
4. Гоц А.Н. Расчеты на прочность деталей ДВС при напряжениях, переменных во времени: учебное пособие. – 3-е изд., испр. и доп. – М.:ФОРУМ; инфра-м, 2013. – 208 с. (с грифом УМО).
5. Гоц А.Н. Расчеты на прочность деталей ДВС при напряжениях, переменных во времени: учебн. пособие. – 2-е изд., испр. и доп. Владим. гос. ун-т имени А.Г. и Н.Г. Столетовых. – Владимир: Изд-во ВлГУ, .2011 – 140 с. (с грифом УМО).

б) дополнительная литература:

1. Гоц А.Н. Численные методы расчета в энергомашиностроении; учеб. пособие. В 2 частях. Ч.1, Владим. гос. ун-т. – Владимир: Изд-во ВлГУ. – 2009 г. – 151 с.
  2. Гоц А.Н. Численные методы расчета в энергомашиностроении; учеб. пособие. В 2 частях. Ч.2, 200 с., Владим. гос. ун-т. – Владимир: Изд-во ВлГУ. – 2010 г. – 200 с.
  3. Гоц А.Н. Расчеты на прочность деталей ДВС при напряжениях, переменных во времени: учебн. пособие. –Владим. гос. ун-т – Владимир: Изд-во ВлГУ, .2005 – 118 с.
- в) периодические издания: Отраслевые журналы «Известие вузов. Машиностроение», «Двигателестроение», «Двигатель», «Фундаментальные исследования».
- в) интернет-ресурсы:

1. Программный комплекс «Diesel RK». Бесплатный удаленный доступ к системе ДИЗЕЛЬ-РК <http://www.diesel-rk.bmstu.ru/Rus/index.php?page=Vozmojnosti>.
2. Онлайн-калькулятор. Решение систем линейных уравнений методом Гаусса.  
<http://ru.onlinemschool.com/math/assistance/equation/gaus/>  
<http://math.semestr.ru/gauss/gauss.php>  
[http://www.webmath.ru/web/prog13\\_1.php](http://www.webmath.ru/web/prog13_1.php)  
<http://matematikam.ru/solve-equations/sistema-gaus.php>  
[http://www.math-pr.com/equations\\_1.php](http://www.math-pr.com/equations_1.php);  
<http://ru.onlinemschool.com/math/assistance/equation/matr/>;  
<http://ru.numberempire.com/equationsolver.php>.

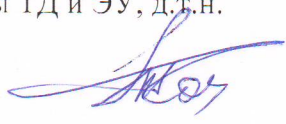
## **8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) «ЧИСЛЕННЫЕ РАСЧЕТЫ ПРОЧНОСТИ»**

Для выполнения самостоятельных работ и при проведении практических занятий используются ПК в компьютерной классе кафедры. Используются программы Mathcad 12, MATLAB, а также программы, разработанные на кафедре.



Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями Федерального Государственного образовательного стандарта ВО по направлению 13.04.03 «Энергетическое машиностроение», утвержденному приказом Министерства образования и науки Российской Федерации № 1501 от 21. 11. 2014 года, применительно к учебному плану направления 13.04.03 «Энергетическое машиностроение» (уровень высшего образования – магистратура), утвержденному ректором ВлГУ 04.02.2015 г.

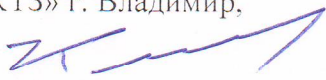
Рабочую программу составил профессор кафедры ТД и ЭУ, д.т.н.



А.Н. Гоц

Рецензент

главный специалист ООО «ЗИП «КТЗ» г. Владимир,  
д.т.н.

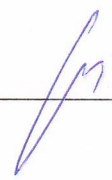


А.Р. Кульчицкий

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ТД и ЭУ

Протокол № 19 от 10.02.2015 года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

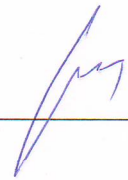


В.Ф. Гуськов

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании учебно-методической комиссии направления 13.04.03 «Энергетическое машиностроение»

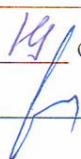
Протокол № 1 от 12.02.2015 года

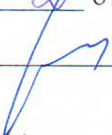
Председатель комиссии \_\_\_\_\_

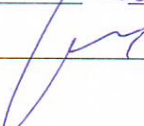


В.Ф. Гуськов

**ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ  
РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)  
«ТЕРМОУПРУГОСТЬ»**

Рабочая программа одобрена на 15/16 учебный год  
Протокол заседания кафедры № 191 от 10.02.2016 года  
Заведующий кафедрой  В. Ф. Туськов

Рабочая программа одобрена на 16/17 учебный год  
Протокол заседания кафедры № 20 от 06.09.2016 года  
Заведующий кафедрой  В. Ф. Туськов

Рабочая программа одобрена на 2017/2018 учебный год  
Протокол заседания кафедры № 1 от 05.09.17 года  
Заведующий кафедрой  В. Ф. Туськов