

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Санкт-Петербургский государственный
морской технический университет»

УТВЕРЖДАЮ	
Декан факультета ФКиО	
	/
М. П.	20 <u>21</u> г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

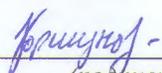
Вычислительная механика и компьютерный инжиниринг

Направление подготовки /специальность	26.04.02 «Кораблестроение, океанотехника и системотехника объектов морской инфраструктуры»
Наименование основной профессиональной образовательной программы	26.04.02.41 «Проектирование сварных судовых конструкций (СОП)»
Уровень образования	Высшее образование - магистратура
Форма обучения	очная

Лист согласования рабочей программы дисциплины

Рабочая программа дисциплины «Вычислительная механика и компьютерный инжиниринг» разработана в соответствии с образовательным стандартом высшего образования СПбГМТУ по направлению подготовки 26.04.02 «Кораблестроение, океанотехника и системотехника объектов морской инфраструктуры»

РАЗРАБОТЧИК:

 (подпись)	Коршунов В.А., доцент КСМК, к.т.н. ФИО, должность (ученая степень, ученое звание (при наличии))
--	--

РАССМОТРЕНА И ОДОБРЕНА

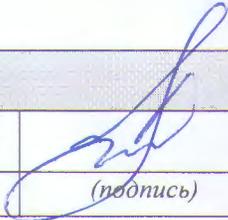
на заседании кафедры Строительной механики корабля

«31» 05 2021 г., протокол № 04/21 - 2020/2021

Заведующий кафедрой

 (подпись)	 (дата)	Родионов А.А., д.т.н., профессор (ФИО, ученая степень, ученое звание)
---	------------	--

СОГЛАСОВАНО:

Учебно-методическое управление	 (подпись)	С.Н. Постников (расшифровка подписи)
--------------------------------	--	---

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины «Вычислительная механика и компьютерный инжиниринг» являются:

- подготовка студентов к инновационной, научно-исследовательской, проектно-конструкторской и расчетно-экспериментальной деятельности с использованием средств вычислительной техники и современного ПО,
- овладение студентами методикой и техникой расчетов динамики и прочности корпусных конструкций в среде лидирующего программного комплекса
- усвоение знаний, необходимых для построения расчетной модели любой конструкции, включающей несколько этапов, каждый из которых вносит свои допущения и погрешности, и которые зависят от опыта расчетчика и слабо связаны с возможностями программного средства,
- формирование навыков использования вычислительной техники и современных процедур при выполнении проектных и исследовательских расчетов динамики и прочности несущих конструкций морских сооружений.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине

В основу подготовки магистра заложен компетентностный подход. Результаты реализации данного подхода отражены в таблице.

№ п/п	Индекс и содержание компетенции	Индекс и содержание индикатора(ов) достижения компетенций	Планируемые результаты обучения
1	ПК-3 Способен руководить разработкой проектов, проектной и рабочей конструкторской документации на создание машин и конструкций, в том числе судов, плавучих конструкций и их составных частей	ИДК-3.1 Анализирует исходные требования к разрабатываемому проекту, разрабатывает варианты реализации требований	Знания: Категории данных необходимых для разрабатываемого проекта Умения: Анализировать исходные требования к разрабатываемому проекту Навыки: Разрабатывать варианты реализации требуемой конструкции
		ИДК-3.2 Создает структурные и конструктивно-компоновочные схемы с использованием современных систем автоматизированного проектирования	Знания: Современные САЕ системы Умения: Пользоваться САЕ системой Навыки: Создание конструктивных схем в САЕ системах
		ИДК-3.3 Организует, контролирует создание и создает трехмерные модели с использованием систем автоматизированного проектирования	Знания: Методы создания трехмерных моделей судовых конструкций Умения: Создавать трехмерные модели судовых конструкций в САЕ системах Навыки: Организация и контроль качества трехмерных моделей судовых конструкций
		ИДК-3.4 Разрабатывает эскизные и технические проекты в соответствии с техническим заданием на разработку машин и конструкций, в том числе составных частей судов и плавучих конструкций	Знания: Основы эскизного и технического проектирования Умения: Определять требования технического задания на эскизное и техническое проектирование судовых конструкций Навыки: Разрабатывать эскизные и технические проекты судовых конструкций

3. Структура и содержание дисциплины

Вид учебной работы		Трудоемкость, час
Общая трудоемкость по учебному плану		72
Аудиторные занятия:		36
Практические занятия		36
Самостоятельная работа без учета промежуточного контроля		30
Подготовка к промежуточному контролю и промежуточный контроль	Зачет	6

3.1. Структура и содержание аудиторных занятий

Раздел 1. Особенности моделирования оболочечно-балочных конструкций

№ п/п	Наименование подраздела дисциплины	Вид занятий	Содержание
1	Введение. Обзор современных программных средств решения задач статики и динамики сплошных сред	Практическое занятие	Универсальные программы, реализующие МКЭ для решения задач механики сплошных сред. Особенности расчетного сеанса.
2	Построение фрагментов моделей судового корпуса	Практическое занятие	Работа с рабочей плоскостью и местными системами координат. Особенности внутренней гауссовой сетки. Приемы местного уточнения расчетной сетки. Модальный анализ как способ контроля сплошности сложной модели.
		Практическое занятие	Моделирование балочных конструкций стандартного и нестандартного профиля с использованием пользовательских сечений. Моделирование подкрепленных панелей.
3	Прикладываемые нагрузки и получение решений	Практическое занятие	Задание линейно изменяющихся нагрузок на балочные конструкции. Гидростатическое нагружение произвольной оболочки с использованием градиентной технологии. Особенности задания граничных условий.
4	Просмотр результатов	Практическое занятие	Снятие величин напряжений с крайних и срединных фибр оболочечных элементов. Особенности осреднения поля напряжений по узлам. ETABLE – особая структура данных, осредненных по элементам. Получение эпюр изгибающих моментов и перерезывающих сил. Оценка достоверности результатов. Применение элементов низкой и повышенной точности.

Раздел 2. Применение МКЭ для анализа прочности судовых конструкций.

№ п/п	Наименование подраздела дисциплины	Вид занятий	Содержание
1	Автоматизация при построении модели	Практическое занятие	Основы построения макроса. Элементы языка программного дизайна APDL. Программирование ветвления и цикла.

2	Расчет на прочность балочных конструкций	Практическое занятие	Расчет однопролетных балок при произвольных граничных условиях. Расчет неразрезных балок, опертых на упругие и жесткие опоры. Рассматриваются различные виды внешних нагрузок. Требования к размеру элемента.
		Практическое занятие	Расчет рамных конструкций при произвольных граничных условиях и различных видах внешней нагрузки.
3	Расчет на прочность оболочечных конструкций.	Практическое занятие	Расчет прямоугольных пластин при различных граничных условиях на действие внешнего давления – равномерного и изменяющегося по градиенту. Сопоставление с аналитическими решениями.
		Практическое занятие	Решение задачи Кирша. Определение коэффициента концентрации напряжений и сопоставление с аналитическим решением.
4	Расчет на прочность составных балочно-оболочечных конструкций.	Практическое занятие	Решение задачи о изгибе перекрытия, в котором настил моделируется оболочечными конечными элементами, а подкрепляющий набор балочными.

Раздел 3. Решение тепловых задач методом конечных элементов

№ п/п	Наименование подраздела дисциплины	Вид занятий	Содержание
1	Виды теплового анализа	Практическое занятие	Стационарный тепловой анализ. Определение распределение температуры и других тепловых параметров при неизменных граничных условиях.
		Практическое занятие	Нестационарный тепловой анализ. Определение распределения температуры и других тепловых параметров при меняющихся во времени условиях.
2	Термоупругий анализ	Практическое занятие	Определение температурных полей в тепловом анализе и их передача в конструкционный анализ для расчета тепловых деформаций и напряжений.

3.2. Примерная тематика курсовых проектов (работ)

Курсовые проекты в рамках дисциплины не предусмотрены.

3.3. Примерная тематика рефератов

Рефераты в рамках дисциплины не предусмотрены.

4. Практическая подготовка

В рамках практической подготовки обучающиеся выполняют следующие виды работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью:

№ п/п	Виды работ	Приобретаемые практические навыки
1	Домашнее задание	Способность создавать параметрические модели судовых конструкций
2	Домашнее задание	Навыки расчета тепловых деформаций и напряжений при действии на конструкцию температурных полей.

5. Учебно-методическое обеспечение дисциплины

Литература

1. Басов, К. А. ANSYS: справочник пользователя : справочник / К. А. Басов. — Москва : ДМК Пресс, 2008. — 640 с. — ISBN 5-94074-108-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/1335>. — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Басов, К. А. Графический интерфейс комплекса ANSYS : руководство / К. А. Басов. — Москва : ДМК Пресс, 2008. — 248 с. — ISBN 5-94074-074-X. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/1290> (дата обращения: 24.01.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

3. Коршунов В. А. Введение в метод конечных элементов [Текст]: учебное пособие / В. А. Коршунов, А. А. Родионов, СПбГМТУ, 2016. - 90 с. (166 экз.)

4. Кульцеп А.В. Автоматизированные системы расчетов прочности, устойчивости и колебаний в строительной механике корабля [Текст] : учеб.пособие / Кульцеп А.В.; А.В.Кульцеп, В.А.Манухин, А.И.Фрумен; СПбГМТУ, 2000. - 124 с (46 экз.)

5. Россихин, Н. А. Моделирование теплонапряженного состояния деталей энергетических установок с использованием программного комплекса ANSYS : учебное пособие / Н. А. Россихин. — Москва : МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2010. — 13 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/52158> (дата обращения: 24.01.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

Лицензионное программное обеспечение, обновляемое ежегодно

- Microsoft Windows 10 Pro;
- Abbyy FineReader 11.0;
- Adobe Acrobat Professional 11.0.
- Ansys Academic Multiphysics Campus Solution

Свободно распространяемое программное обеспечение:

- Офисные пакеты OpenOffice.org, Scribus
- Браузер Firefox
- Пакеты для работы с графикой: GIMP, Inkscape
- Программирование: FreeBASIC, Lazarus
- Математические пакеты: Maxima
- Мультимедиа: Audacity, VLC
- Архиватор: 7zip

6. Материально-техническое обеспечение дисциплины

При реализации дисциплины необходимо использовать следующие компоненты материально-технической базы университета:

1. Практические занятия:

- 1) учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа,
- 2) презентационная техника,
- 3) рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет,
- 4) рабочие места студентов, оснащенные компьютерами с доступом в Интернет, предназначенные для работы в электронной образовательной среде
- 5) комплект лицензионного программного обеспечения

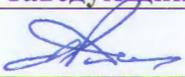
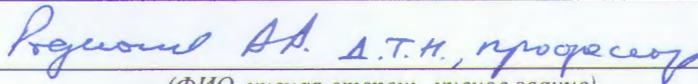
2. Самостоятельная работа студентов:

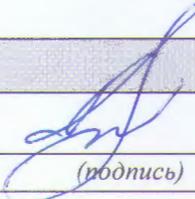
- 1) учебная аудитория для проведения самостоятельной работы обучающихся,
- 2) рабочие места студентов, оснащенные компьютерами с доступом в Интернет, предназначенные для работы в электронной образовательной среде
- 3) комплект лицензионного программного обеспечения

Дополнения и изменения рабочей программы дисциплины

В рабочую программу дисциплины «Вычислительная механика и компьютерный инжиниринг» ОПОП ВО по направлению подготовки 26.04.02 «Кораблестроение, океанотехника и системотехника объектов морской инфраструктуры» вносятся следующие дополнения и изменения:

- 1). Откорректирован список литературы
- 2).

РАССМОТРЕНА И ОДОБРЕНА		
на заседании кафедры Строительной механики корабля		
« 30 » 08 2022 г., протокол № 10/2021-2022		
Заведующий кафедрой		
		
(подпись)	(дата)	(ФИО, ученая степень, ученое звание)

СОГЛАСОВАНО:		
Учебно-методическое управление		С.Н. Постников
	(подпись)	(расшифровка подписи)
		Дата _____

**Приложение к рабочей программе
дисциплины
«Вычислительная механика и компьютерный инжиниринг»**

Фонды оценочных средств для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

1. Паспорт фонда оценочных средств по дисциплине

№ п/п	Индекс контролируемой компетенции	Контролируемые модули/разделы/темы дисциплины	Оценочные средства текущего контроля успеваемости
1	ПК-3	<i>Раздел 1. Особенности моделирования оболочечно-балочных конструкций. Раздел 2. Применение МКЭ для анализа прочности судовых конструкций. Раздел 3. Решение тепловых задач методом конечных элементов.</i>	<i>ИДК-3.1. Домашнее задание: формирование набора требований к конструкции, определение необходимых упрощений ИДК 3.2. Домашнее задание: наложение расчетной сетки метода конечных элементов на геометрическую модель конструкции и управление сеткой с позиций точности и экономичности ИДК 3.3. Домашнее задание: создание геометрической модели объекта с использованием CAD-препроцессора ИДК 3.4. Домашнее задание: демонстрация на цифровой модели влияния проектных параметров на термомеханический отклик конструкции</i>
Форма промежуточной аттестации		Оценочные средства промежуточной аттестации	
<i>Зачет</i>		<i>Вопросы к зачету</i>	

2. Оценочные средства для текущей и промежуточной аттестации

2.1. Текущий контроль успеваемости

Контроль успеваемости по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств:

ДОМАШНЕЕ ЗАДАНИЕ

Описание технологии применения домашнего задания:

Тема домашнего задания «Исследование напряженно-деформируемого состояния цилиндрической оболочки»

Структура задания

- Титульный лист с пометками преподавателя.
- Лист с исходными данными к заданию.
- Описание целей и задач, решаемых в работе.
- Последовательное изложение содержания работы.
- Выводы (заключение) по работе.
- Список использованной литературы.
- Приложения (Таблицы, графики, чертежи, программы и т.п.)

Источники информации:

1. Басов, К. А. ANSYS: справочник пользователя : справочник / К. А. Басов. — Москва : ДМК Пресс, 2008. — 640 с. — ISBN 5-94074-108-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/1335>. — Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Россихин, Н. А. Моделирование теплонапряженного состояния деталей энергетических установок с использованием программного комплекса ANSYS : учебное пособие / Н. А. Россихин. — Москва : МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2010. — 13 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/52158> (дата обращения: 24.01.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

Нормы времени: 16 часов

Задачи обучающегося при выполнении домашнего задания:

В соответствии с вариантом исходных данных выполнить расчет напряженно-деформируемого состояния цилиндрической оболочки при в варке в нее плоской крышки (см. рис.1). Сварку учесть путем задания поля температур в соответствии с рисунком 2.

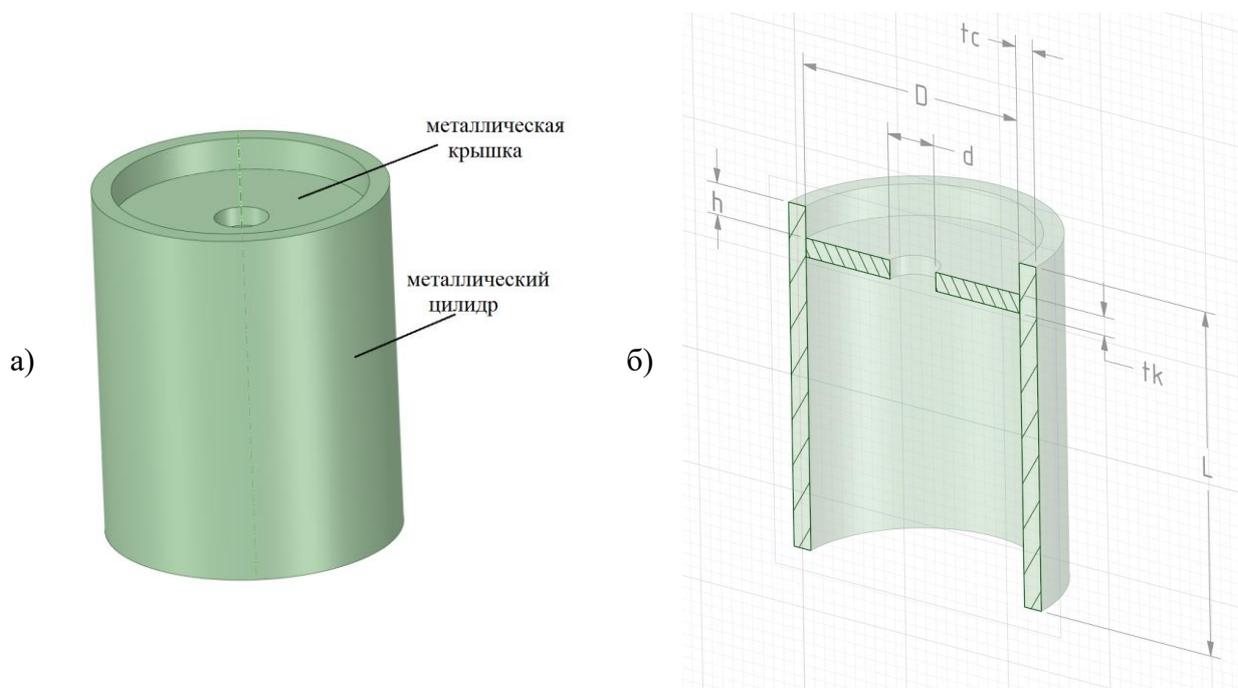


Рисунок 1 – а) общий вид модели цилиндра с крышкой;
б) сечение цилиндра с указанием размеров

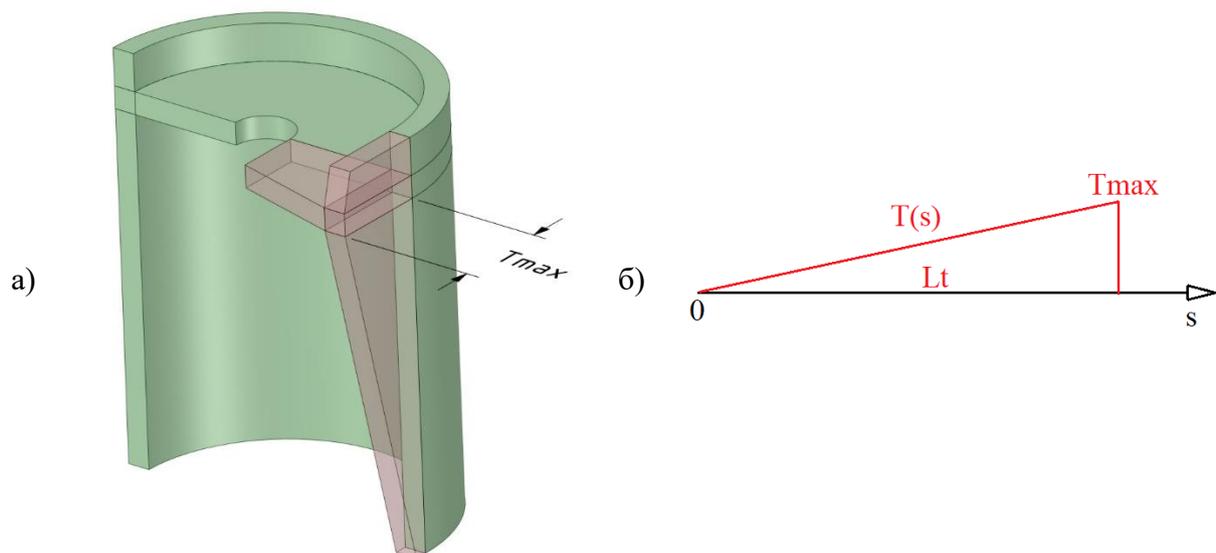


Рисунок 2 – а) схема распределения температуры;
б) закон изменения температуры

Представить следующие результаты:

- поле приложенных температур
- поля перемещений U_X и U_Y при полном нагреве
- поля перемещений U_X и U_Y при полном остывании
- графическую зависимость горизонтального перемещения верхней, нижней и средней кромки цилиндра по мере нагревания и остывания.

Указания к выполнению работы:

Расчет выполнить в осесимметричной постановке.

При расчете использовать следующие характеристики материала:

- модуль упругости $E=2 \cdot 10^{11}$ Па;
- коэффициент Пуассона 0.3;
- предел текучести 235 МПа;
- модуль упрочнений $E_t=1 \cdot 10^9$ Па;
- коэффициент термического расширения $\alpha=15 \cdot 10^{-6}$ 1/град

Количество конечных элементов по толщине крышки и цилиндра должно быть не менее 5 шт.

Принять следующие начальные геометрические параметры:

$L_0=0.5$ м;

$D_0=0.5$ м;

$t_{c0}=0.02$ м;

$L_t=L$.

Таблица 1 – Исходные данные

№ варианта	L/L0	D/D0	d/D	h/L	tc/tc0	tk/tc0	Tmax
1	1	1	0	0	1	1	1000
2	1.1	0.8	0.05	0	1.6	0.9	1000
3	1.2	1.5	0.1	0.1	1.5	0.8	1000
4	1.3	1.1	0.15	0.2	1.4	0.7	1000
5	1.4	1.6	0.2	0.3	1.3	0.9	1000
6	1.5	1.7	0.2	0.4	1.2	1.6	1000
7	1.6	1.2	0.15	0.5	1.1	1.4	1000
8	1.5	0.7	0.1	0.5	1	1.2	1000
9	1.4	1.4	0.05	0.4	0.9	1.6	1000
10	1.3	1.8	0	0.3	0.8	1.4	1000
11	1.5	0.9	0.1	0.2	0.7	1.2	1000
12	1.6	1.5	0	0.1	1.6	1.1	1000
13	1.7	1.4	0.15	0.1	1.3	0.9	1000
14	1.3	0.6	0.2	0	1.2	0.9	1000
15	1.1	1.3	0.05	0	0.7	0.7	1000
16	1.2	1.5	0.1	0.25	0.8	1.5	1000
17	1.3	1.6	0	0.35	1.4	1.4	1000
18	1.7	1.7	0.1	0.15	1.2	1.1	1000
19	1.8	1.8	0.15	0	1.1	0.7	1000
20	1.5	1.2	0.2	0.3	0.8	1	1000

Критерий оценки:

Образцовый, примерный, достойный подражания ответ - «Отлично»

Законченный, полный ответ – «Хорошо»

Изложенный, раскрытый ответ – «Удовлетворительно»

Минимальный ответ - «Неудовлетворительно»

Защита домашнего задания по дисциплине является условием допуска к промежуточному контролю – зачет.

2.2. Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств:

ЗАЧЕТ

Описание технологии применения оценочного средства

Контроль производится **устно** по приведенным ниже вопросам, которые оформлены в виде отдельных билетов. Получив вопрос (задание), студент после подготовки развернуто отвечает на него. При необходимости преподаватель может устно задать дополнительные (уточняющие) вопросы, ответы на которые должны последовать без подготовки.

Примерный перечень вопросов/заданий к зачету с оценкой:

1. Общая характеристика и состав универсальных программ, реализующие МКЭ для решения задач механики сплошных сред.
2. Особенности расчетного сеанса в программном комплексе ANSYS Mechanical.
3. Понятие рабочей плоскости и местных систем координат.
4. Особенности моделирования балочных конструкций стандартного и нестандартного профиля.
5. Особенности моделирования подкрепленных панелей.
6. Задание линейно изменяющихся нагрузок на балочные конструкции. Гидростатическое нагружение произвольной оболочки с использованием градиентной технологии. Особенности задания граничных условий.
7. Снятие величин напряжений с крайних и срединных фибр оболочечных элементов. Особенности осреднения поля напряжений по узлам.
8. Получение эпюр изгибающих моментов и перерезывающих сил.
9. Элементы языка программного дизайна APDL. Программирование ветвления и цикла.
10. Расчет однопролетных балок при произвольных граничных условиях и видах внешней нагрузки.
11. Расчет неразрезных балок, опертых на упругие и жесткие опоры.
12. Расчет рамных конструкций при произвольных граничных условиях и различных видах внешней нагрузки.
13. Приложение градиентной нагрузки на оболочечные модели.
14. Решение задачи Кирша. Определение коэффициента концентрации напряжений.
15. Особенности расчета составных балочно-оболочечных конструкций
16. Стационарный тепловой анализ. Определение распределение температуры и других тепловых параметров при неизменных граничных условиях.
17. Нестационарный тепловой анализ. Определение распределения температуры и других тепловых параметров при меняющихся во времени условиях.
18. Особенности выполнения термоупругого анализа.

Порядок формирования билета,

Билет формируется из 2 теоретических вопросов и 1 краткого практико-ориентированного задания. Все составляющие билета должны относиться к разным разделам дисциплины.

Пример билета к зачету с оценкой № 2

1. Вопрос:

Особенности моделирования балочных конструкций стандартного и нестандартного профиля.

2. Вопрос:

Стационарный тепловой анализ. Определение распределение температуры и других тепловых параметров при неизменных граничных условиях.

3. Практико-ориентированное задание:

Написать макрос для расчета прочности простой рамной конструкции с параметризацией размеров связей

Шкала оценивания и критерии оценки:

Критерии оценки
Уровень усвоения материала, предусмотренного программой
Умение выполнять задания, предусмотренные программой
Уровень знакомства с основной литературой, предусмотренной программой
Уровень знакомства с дополнительной литературой
Уровень раскрытия причинно-следственных связей
Уровень раскрытия междисциплинарных связей
Качество ответа (его общая композиция, логичность, убежденность, общая эрудиция)
Ответы на вопросы: полнота, аргументированность, убежденность, умение использовать ответы на вопросы для более полного раскрытия содержания вопроса
Деловые и волевые качества докладчика: ответственное отношение к работе, стремление к достижению высоких результатов, готовность к дискуссии, контактность

Знания, умения и навыки обучающихся при промежуточной аттестации **в форме зачета** определяются «зачтено», «не зачтено».

«Зачтено» – обучающийся знает курс на уровне лекционного материала, базового учебника, дополнительной учебной, научной и методологической литературы, умеет привести разные точки зрения по излагаемому вопросу.

«Не зачтено» – обучающийся имеет пробелы в знаниях основного учебного материала, допускает принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой заданий.